



(19) 中華民國智慧財產局

(12) 發明說明書公告本

(11) 證書號數：TW I724141 B

(45) 公告日：中華民國 110 (2021) 年 04 月 11 日

(21) 申請案號：106109549

(22) 申請日：中華民國 106 (2017) 年 03 月 22 日

(51) Int. Cl. : C08G77/60 (2006.01)

C09D183/16 (2006.01)

(30) 優先權：2016/03/23 美國

62/312,352

(71) 申請人：法商液態空氣喬治斯克勞帝方法研究開發股份有限公司 (法國) L'AIR LIQUIDE, SOCIETE ANONYME POUR L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCEDES GEORGES CLAUDE (FR)

法國

(72) 發明人：坎德維爾 曼尼席 KHANDELWAL, MANISH (IN)；凱瑞根 尚恩 KERRIGAN, SEAN (US)；吉拉德 珍 馬克 GIRARD, JEAN-MARC (FR)；桑切斯 安東尼奧 SANCHEZ, ANTONIO (ES)；張 鵬 ZHANG, PENG (US)；王洋 WANG, YANG (CN)

(74) 代理人：閻啓泰；林景郁

(56) 參考文獻：

TW 201609765A

CN 104672265A

審查人員：湯有春

申請專利範圍項數：17 項 圖式數：7 共 143 頁

(54) 名稱

形成含矽膜之組成物及其製法與用途

(57) 摘要

所揭示的形成含矽膜之組成物包含前驅物，其具有下式 $[-NR-R^4R^5Si-(CH_2)_t-SiR^2R^3-]_n$  其中  $n=2$  至 400； $R$ 、 $R^2$ 、 $R^3$ 、 $R^4$ 、以及  $R^5$  獨立地為 H、烴基或烷胺基，且其限制條件為  $R^2$ 、 $R^3$ 、 $R^4$ 、以及  $R^5$  中至少一者為 H；以及  $R$  獨立地為 H、烴基、或矽基。示範性前驅物包括，但不限於 $[-NH-SiH_2-CH_2-SiH_2-]_n$ 、以及 $[-N(SiH_2-CH_2-SiH_3)-SiH_2-CH_2-SiH_2-]_n$ 。

Si-containing film forming compositions are disclosed comprising a precursor having the formula  $[-NR - R^4R^5Si - (CH_2)_t - SiR^2R^3 - ]_n$  wherein  $n = 2$  to 400;  $R$ ,  $R^2$ ,  $R^3$ ,  $R^4$ , and  $R^5$  are independently H, a hydrocarbon group, or an alkylamino group, and provided that at least one of  $R^2$ ,  $R^3$ ,  $R^4$ , and  $R^5$  is H; and  $R$  is independently H, a hydrocarbon group, or a silyl group. Exemplary precursors include, but are not limited to,  $[-NH - SiH_2 - CH_2 - SiH_2 - ]_n$ , and  $[-N(SiH_2-CH_2-SiH_3) - SiH_2 - CH_2 - SiH_2 - ]_n$ .

指定代表圖：

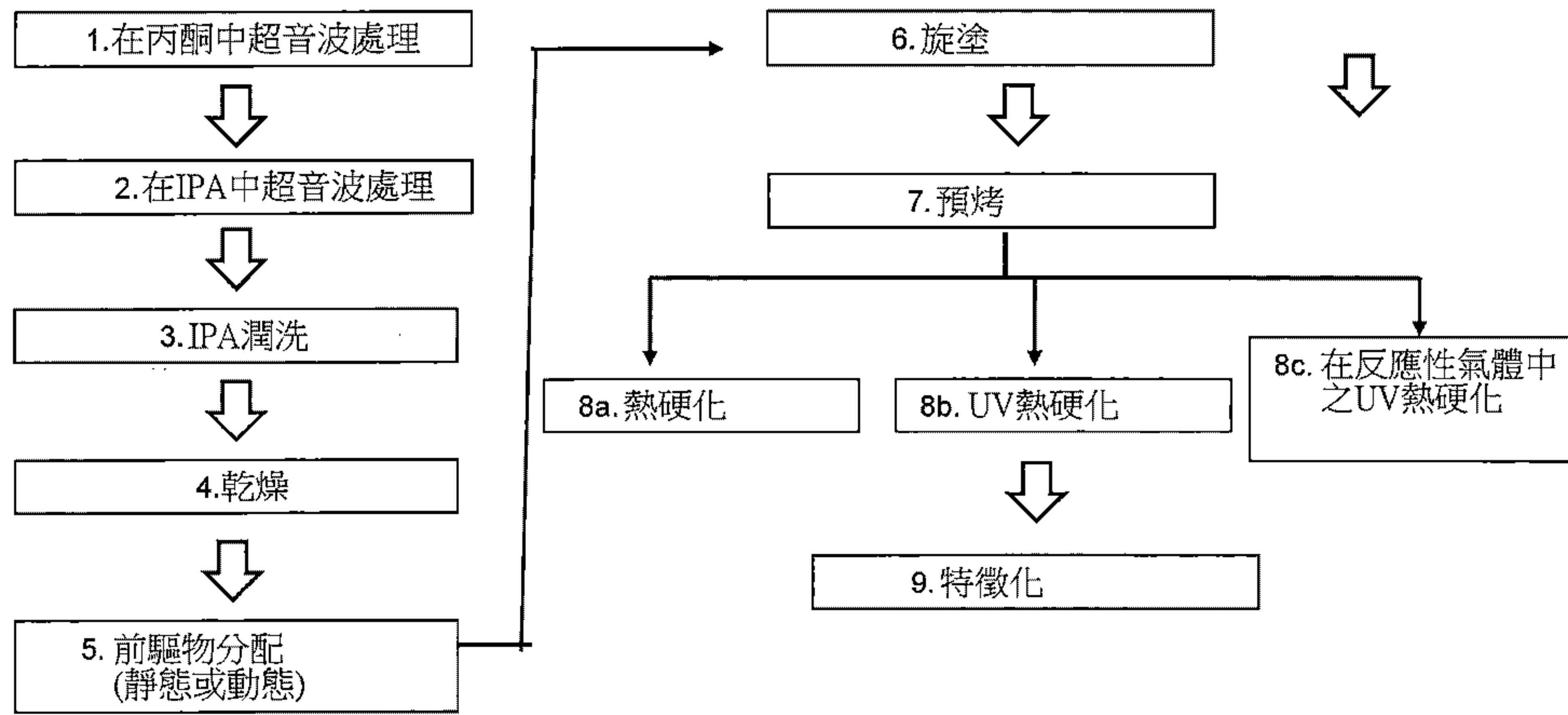
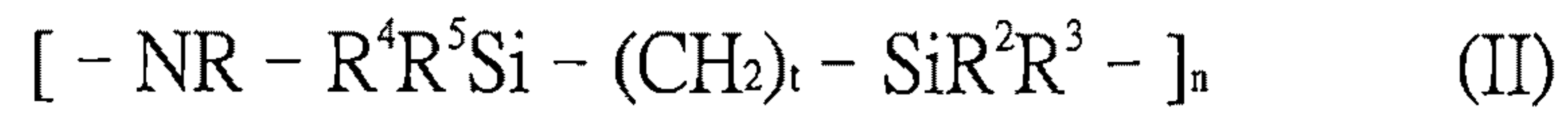


圖1

特徵化學式：



# 公告本

I724141

## 發明摘要

※ 申請案號：106109549

※ 申請日：106/03/22

※IPC 分類：C08G 77/60 (2006.01)  
C09D 183/16 (2006.01)

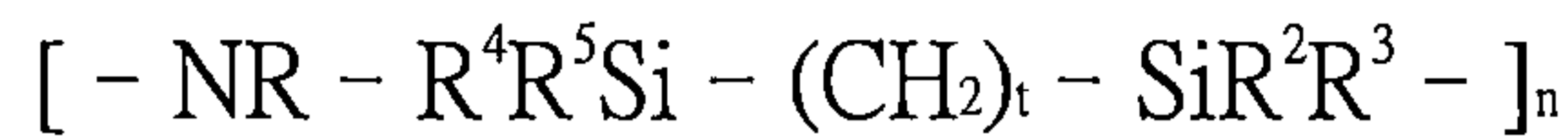
### 【發明名稱】(中文/英文)

形成含矽膜之組成物及其製法與用途

SI-CONTAINING FILM FORMING COMPOSITIONS AND METHODS OF  
MAKING AND USING THE SAME

### 【中文】

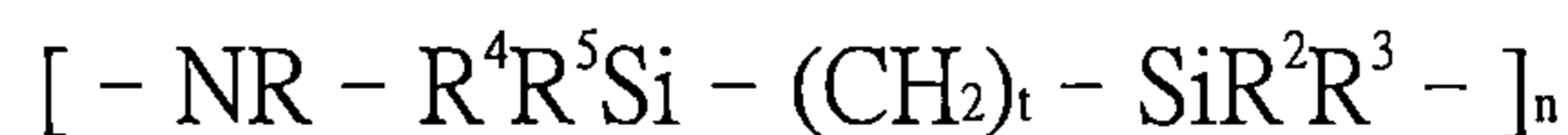
所揭示的形成含矽膜之組成物包含前驅物，其具有下式



其中  $n = 2$  至  $400$ ； $R$ 、 $R^2$ 、 $R^3$ 、 $R^4$ 、以及  $R^5$  獨立地為 H、烴基或烷胺基，且其限制條件為  $R^2$ 、 $R^3$ 、 $R^4$ 、以及  $R^5$  中至少一者為 H；以及  $R$  獨立地為 H、烴基、或矽基。示範性前驅物包括，但不限於  $[-NH - SiH_2 - CH_2 - SiH_2 - ]_n$ 、以及  $[-N(SiH_2-CH_2-SiH_3) - SiH_2 - CH_2 - SiH_2 - ]_n$ 。

### 【英文】

Si-containing film forming compositions are disclosed comprising a precursor having the formula



wherein  $n = 2$  to  $400$ ;  $R$ ,  $R^2$ ,  $R^3$ ,  $R^4$ , and  $R^5$  are independently H, a hydrocarbon group, or an alkylamino group, and provided that at least one of  $R^2$ ,  $R^3$ ,  $R^4$ , and  $R^5$  is H; and  $R$  is independently H, a hydrocarbon group, or a silyl group. Exemplary precursors

include, but are not limited to,  $[-\text{NH}-\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_2-]_n$ , and  $[-\text{N}(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_3)-\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_2-]_n$ .

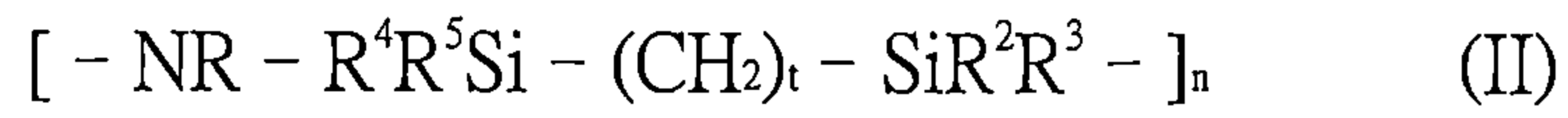
**【代表圖】**

**【本案指定代表圖】**：第（ 1 ）圖。

**【本代表圖之符號簡單說明】**：

無

**【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】**：



## 發明專利說明書

110年2月3日修正本

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

## 【發明名稱】(中文/英文)

形成含矽膜之組成物及其製法與用途

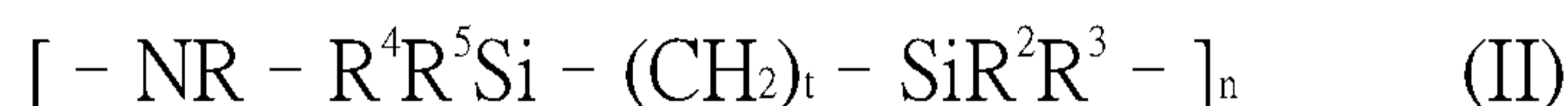
SI-CONTAINING FILM FORMING COMPOSITIONS AND METHODS OF  
MAKING AND USING THE SAME

## 相關申請案之交互參照

【0001】 本案主張 2016 年 3 月 23 日申請的 U.S.臨時專利申請案第 62/312,352 的權益，其全部內容以引用方式納入本文。

## 【技術領域】

【0002】 所揭示形成含矽膜之組成物包含前驅物，該前驅物含有具有下式的單元：



其中  $m = 1$  至  $4$ ； $t = 1$  至  $4$ ； $n = 2$  至  $400$ ； $R^2$ 、 $R^3$ 、 $R^4$ 、以及  $R^5$  獨立地為 H、 $C_1$  至  $C_6$  烴、或具有式  $NR''_2$  的烷胺基且每一個  $R''$  獨立地為 H、 $C_1$ - $C_6$  烴、 $C_6$ - $C_{12}$  芳基，或  $NR''_2$  形成環胺基，且其限制條件為  $R^2$ 、 $R^3$ 、 $R^4$ 、以及  $R^5$  中至少一者為 H；以及 R 為 H； $C_1$ - $C_6$  烴；具有式  $Si_x R'^{2x+1}$  的矽基，其中  $x = 1$  至  $4$  以及每一個  $R'$  獨立地 = H、 $C_1$ - $C_6$  烴基、或具有式  $NR''_2$  的烷胺基以及每一個  $R''$  獨立地為 H、 $C_1$ - $C_6$  基、 $C_6$ - $C_{12}$  芳基、或  $NR''_2$  形成環胺基；或  $R^1 R^2 R^3 Si(CH_2)_b SiR^4 R^5$  基，其中  $b = 1$  至  $2$  以及  $R^1$ 、 $R^2$ 、 $R^3$ 、 $R^4$ 、以及  $R^5$  獨立地為 H、 $C_1$ - $C_6$  烴、 $C_6$ - $C_{12}$  芳基、或具有式  $NR''_2$  的烷胺基以及每一個  $R''$  獨立地為 H、 $C_1$ - $C_6$  基、 $C_6$ - $C_{12}$  芳基、或  $NR''_2$  形成環胺基；且其限制條件為  $R^1$ 、 $R^2$ 、 $R^3$ 、 $R^4$ 、以及  $R^5$  中至少一者為 H。

**【先前技術】**

**【0003】** 含矽膜廣泛用於半導體、光伏打、LCD-TFT、平板型裝置、耐火材料或航空工業中。含矽膜可用作例如具有電學性質、可絕緣之介電材料 ( $\text{SiO}_2$ 、 $\text{SiN}$ 、 $\text{SiC}$ 、 $\text{SiCN}$ 、 $\text{SiCOH}$ 、 $\text{MSiO}_x$ ，其中 M 為 Hf、Zr、Ti、Nb、Ta 或 Ge 且 x 為 0-4)。含矽膜也可用作導電膜，諸如金屬矽化物或金屬氮化矽。由於向奈米級（尤其低於 28 nm 節點）電學裝置架構微縮之嚴格要求，需要滿足除高沉積速率、覆蓋的一致性及其所產生膜之一致性以外的揮發性（對於氣相沉積法）、低製程溫度、與各種氧化劑之反應性及低膜污染之要求的日益精細調諧之分子前驅物。

**【0004】** Hizawa 以及 Nojimoto (Kogyo Kagaku Zasshi, 1956, 59,1359-63) 描述從  $\text{Me}_3\text{SiCH}_2\text{SiMe}_2\text{Cl}$  以及  $\text{NH}_3$  的反應合成  $(\text{Me}_3\text{SiCH}_2\text{SiMe}_2)_2\text{NH}$ 。

**【0005】** O' Neill 等人 (U.S. Pat. App. Pub. No. 2015/0087139) 揭示 5 類有機胺基矽烷前驅物，其包括  $\text{H}_3\text{Si}-\text{R}^3-\text{SiH}_2-\text{NR}^1-\text{SiH}_2-\text{R}^3-\text{SiH}_3$ ，其中  $\text{R}^1$  為直鏈或分支鏈  $\text{C}_1$  至  $\text{C}_{12}$  烴、直鏈或分支鏈  $\text{C}_3$  至  $\text{C}_{12}$  烯基、直鏈或分支鏈  $\text{C}_3$  至  $\text{C}_{12}$  炔基、 $\text{C}_3$  至  $\text{C}_{12}$  環烷基、或  $\text{C}_5$  至  $\text{C}_{12}$  芳基以及  $\text{R}^3$  為直鏈或分支鏈  $\text{C}_1$  至  $\text{C}_{12}$  伸烷基、直鏈或分支鏈  $\text{C}_3$  至  $\text{C}_6$  伸炔基、 $\text{C}_3$  至  $\text{C}_{12}$  環伸烷基、 $\text{C}_3$  至  $\text{C}_{12}$  雜環伸烷基、 $\text{C}_5$  至  $\text{C}_{12}$  伸芳基、或  $\text{C}_5$  至  $\text{C}_{12}$  雜伸芳基。

**【0006】** WO2016/049154 (Fafard 等人) 揭示用於含矽膜沉積的經碳矽烷取代的胺前驅物。該經碳矽烷取代的胺前驅物具有式  $(\text{R}^1)_a\text{N}(-\text{SiHR}^2-\text{CH}_2-\text{SiH}_2\text{R}^3)_{3-a}$ ，其中  $a=0$  或  $1$ ； $\text{R}^1$  為 H、 $\text{C}_1$  至  $\text{C}_6$  烷基、或鹵素； $\text{R}^2$  以及  $\text{R}^3$  個自獨立地為 H、鹵素、烷氧基、或烷胺基。

**【0007】** WO2016/160991 (Kerrigan 等人) 揭示以氨、胺、以及脒使碳

矽烷催化脫氫偶合。

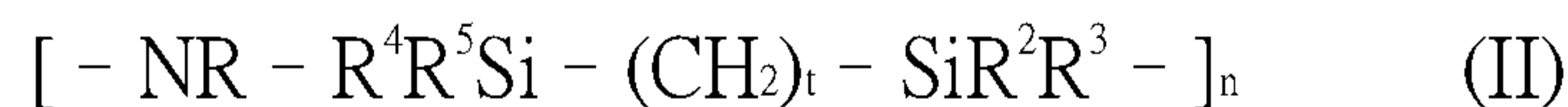
【0008】 仍有需要設計以及製造 Si-沉積前驅物，特別是設計以及使用無鹵素及/或更具選擇性路徑製造前驅物，以提供裝置工程師調整製備方法需求以及實現具有所欲電子以及物理性質的膜的能力。

### 【發明內容】

【0009】 所揭示為形成含矽膜之組成物，其包含具有下式的前驅物：



或含有具有下式的單元：



其中

$a = 0$  至  $1$ ；

$m = 1$  至  $4$ ；

$t = 1$  至  $4$ ；

$n = 2$  至  $400$ ；

$R^1$ 、 $R^2$ 、 $R^3$ 、 $R^4$ 、以及  $R^5$  獨立地為 H、烴基( $C_1$  至  $C_6$ )、或具有式  $NR''_2$  的烷胺基且每一個  $R''$  獨立地為 H、 $C_1$ - $C_6$  烴基、 $C_6$ - $C_{12}$  芳基，或  $NR''_2$  形成環胺基、且其限制條件為  $R^1$ 、 $R^2$ 、 $R^3$ 、 $R^4$ 、以及  $R^5$  中至少一者為 H；以及

$R$  為 H； $C_1$ - $C_6$  烴基；具有式  $Si_x R'^{2x+1}$  的矽基( $x=1$  至  $4$ )且每一個  $R'$  獨立地為 H、 $C_1$ - $C_6$  烴基、或具有式  $NR''_2$  的烷胺基且每一個  $R''$  獨立地為 H、 $C_1$ - $C_6$  基、 $C_6$ - $C_{12}$  芳基、或  $NR''_2$  形成環胺基；或  $R^1 R^2 R^3 Si(CH_2)_b SiR^4 R^5$  基，其中  $b=1$  至  $2$  且  $R^1$ 、 $R^2$ 、 $R^3$ 、 $R^4$ 、以及  $R^5$  獨立地為 H、 $C_1$ - $C_6$  烴基、 $C_6$ - $C_{12}$  芳基、或具有式  $NR''_2$  的烷胺基且每一個  $R''$  獨立地為 H、 $C_1$ - $C_6$  基、 $C_6$ - $C_{12}$



芳基、或 NR''<sub>2</sub> 形成環胺基；以及其限制條件為 R<sup>1</sup>、R<sup>2</sup>、R<sup>3</sup>、R<sup>4</sup>、以及 R<sup>5</sup> 中至少一者為 H。所揭示形成含矽膜之組成物可包括一或多種以下態樣：

- m=1 至 2；
- t=1 至 2；
- a=0 以及 m=1；
- 前驅物為 N(SiR<sup>4</sup>R<sup>5</sup>(CH<sub>2</sub>)SiR<sup>1</sup>R<sup>2</sup>R<sup>3</sup>)<sub>3</sub>；
- R<sup>1</sup>=R<sup>2</sup>=R<sup>3</sup>=R<sup>4</sup>=R<sup>5</sup>=H；
- 前驅物為 N(-SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>；
- R<sup>1</sup>、R<sup>2</sup>、或 R<sup>3</sup> 中至少一者=H；
- R<sup>4</sup> 或 R<sup>5</sup> 中至少一者=H；
- R<sup>1</sup>、R<sup>2</sup>、或 R<sup>3</sup> 中至少一者且 R<sup>4</sup> 或 R<sup>5</sup> 中至少一者=H；
- R<sup>1</sup>、R<sup>2</sup>、R<sup>3</sup> 以及 R<sup>4</sup>=H；
- R<sup>1</sup>、R<sup>2</sup>、R<sup>3</sup>、R<sup>4</sup>、或 R<sup>5</sup> 中至少一者為乙烯基；
- R<sup>1</sup>、R<sup>2</sup>、R<sup>3</sup>、R<sup>4</sup>、或 R<sup>5</sup> 中至少一者為烯丙基；
- R<sup>1</sup>、R<sup>2</sup>、R<sup>3</sup>、R<sup>4</sup>、或 R<sup>5</sup> 中至少一者為苯基；
- R<sup>2</sup>、R<sup>3</sup>、R<sup>4</sup> 以及 R<sup>5</sup>=H；
- 前驅物為 N(SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>2</sub>(CH<sub>2</sub>=CH))<sub>3</sub>；
- 前驅物為 N(SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>2</sub>(CH<sub>2</sub>=CH-CH<sub>2</sub>))<sub>3</sub>；
- 前驅物為 N(SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>2</sub>(NH<sub>2</sub>))<sub>3</sub>；
- 前驅物為 N(SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>2</sub>(NMe<sub>2</sub>))<sub>3</sub>；
- 前驅物為 N(SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>2</sub>(NMeEt))<sub>3</sub>；
- 前驅物為 N(SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>2</sub>(NEt<sub>2</sub>))<sub>3</sub>；

- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NnPr}_2))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NiPr}_2))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NBu}_2))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NiBu}_2))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NtBu}_2))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NAm}_2))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NCy 戊基}_2))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{N 己基}_2))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NCyHex}_2))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NMeH}))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NEtH}))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NnPrH}))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NiPrH}))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NBuH}))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NiBuH}))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NtBuH}))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NAmH}))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{吡啶}))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{吡咯}))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{吡咯啶}))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{咪唑}))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{嘧啶}))_3$  ；

- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{吡啶}))_3$  ；
- $R^1$ 、 $R^2$  以及  $R^3 = \text{H}$  ；
- $R^2$ 、 $R^3$  以及  $R^4 = \text{H}$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}(\text{CH}_2=\text{CH})\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{CH}_2=\text{CH}))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}(\text{CH}_2=\text{CH-CH}_2)\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{CH}_2=\text{CH-CH}_2))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}(\text{NH}_2)\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NH}_2))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}(\text{NMe}_2)\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NMe}_2))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}(\text{NMeEt})\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NMeEt}))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}(\text{NEt}_2)\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NEt}_2))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}(\text{NnPr}_2)\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NnPr}_2))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}(\text{NiPr}_2)\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NiPr}_2))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}(\text{NBu}_2)\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NBu}_2))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}(\text{NiBu}_2)\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NiBu}_2))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}(\text{NtBu}_2)\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NtBu}_2))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}(\text{NAm}_2)\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NAm}_2))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}(\text{NCy 戊基}_2)\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NCy 戊基}_2))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}(\text{N 己基}_2)\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{N 己基}_2))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}(\text{NCyHex}_2)\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NCyHex}_2))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}(\text{NMeH})\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NMeH}))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}(\text{NEtH})\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NEtH}))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}(\text{NnPrH})\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NnPrH}))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}(\text{NiPrH})\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NiPrH}))_3$  ；

- 前驅物為  $N(\text{SiH}(\text{NBuH})\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NBuH}))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}(\text{NiBuH})\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NiBuH}))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}(\text{NtBuH})\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NtBuH}))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}(\text{NAmH})\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NAmH}))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}(\text{吡啶})\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{吡啶}))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}(\text{吡咯})\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{吡咯}))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}(\text{吡咯啟})\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{吡咯啟}))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}(\text{咪唑})\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{咪唑}))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}(\text{哌啶})\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{咪唑}))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}(\text{嘧啶})\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{咪唑}))_3$  ；
- $R^3$ 、 $R^4$  以及  $R^5 = \text{H}$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{CH}_2=\text{CH})_2)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{CH}_2=\text{CH-CH}_2)_2)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NH}_2)_2)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NMe}_2)_2)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NMeEt})_2)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NEt}_2)_2)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NnPr}_2)_2)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NiPr}_2)_2)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NBu}_2)_2)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NiBu}_2)_2)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NtBu}_2)_2)_3$  ；

- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NAm}_2)_2)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NCy 戊基}_2)_2)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{N 己基}_2)_2)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NCyHex}_2)_2)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NMeH})_2)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NEtH})_2)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NnPrH})_2)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NiPrH})_2)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NBuH})_2)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NiBuH})_2)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NtBuH})_2)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NAmH})_2)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{吡啶})_2)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{吡咯})_2)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{吡咯啟})_2)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{咪唑})_2)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{哌啶})_2)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{嘧啶})_2)_3$  ；
- $R^4$  以及  $R^5 = \text{H}$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{CH}_2=\text{CH})_3)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{CH}_2=\text{CH-CH}_2)_3)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NH}_2)_3)_3$  ；

- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NMe}_2)_3)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NMeEt})_3)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NEt}_2)_3)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NnPr}_2)_3)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NiPr}_2)_3)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NBu}_2)_3)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NiBu}_2)_3)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NtBu}_2)_3)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NAm}_2)_3)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NCy 戊基}_2)_3)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{N 己基}_2)_3)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NCyHex}_2)_3)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NMeH})_3)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NEtH})_3)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NnPrH})_3)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NiPrH})_3)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NBuH})_3)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NiBuH})_3)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NtBuH})_3)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NAmH})_3)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{吡啶})_3)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{吡咯})_3)_3$  ；

- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{吡咯啉})_3)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{咪唑})_3)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{哌啶})_3)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{嘧啶})_3)_3$  ；
- $a = 0$  以及  $m = 2$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiR}^4\text{R}^5(\text{CH}_2\text{CH}_2)\text{SiR}^1\text{R}^2\text{R}^3)_3$  ；
- $\text{R}^1$ 、 $\text{R}^2$ 、 $\text{R}^3$ 、 $\text{R}^4$  以及  $\text{R}^5 = \text{H}$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_3$  ；
- $\text{R}^1$ 、 $\text{R}^2$ 、 $\text{R}^3$  以及  $\text{R}^4 = \text{H}$  ；
- $\text{R}^2$ 、 $\text{R}^3$ 、 $\text{R}^4$  以及  $\text{R}^5 = \text{H}$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{CH}_2=\text{CH}))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{CH}_2=\text{CH-CH}_2))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NH}_2))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NMe}_2))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NMeEt}))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NEt}_2))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NnPr}_2))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NiPr}_2))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NBu}_2))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NiBu}_2))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NtBu}_2))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NAm}_2))_3$  ；

- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NCy 戊基}_2))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{N 己基}_2))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NCyHex}_2))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NMeH}))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NEtH}))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NnPrH}))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NiPrH}))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NBuH}))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NiBuH}))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NtBuH}))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NAmH}))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{吡啶}))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{吡咯}))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{吡咯啶}))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{咪唑}))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{哌啶}))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{嘧啶}))_3$  ；
- $R^1$ 、 $R^2$  以及  $R^3 = \text{H}$  ；
- $R^2$ 、 $R^3$  以及  $R^4 = \text{H}$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}(\text{CH}_2=\text{CH})\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{CH}_2=\text{CH}))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}(\text{CH}_2=\text{CH-CH}_2)\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{CH}_2=\text{CH-CH}_2))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}(\text{NH}_2)\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NH}_2))_3$  ；



- 前驅物為  $N(\text{SiH}(\text{NMe}_2)\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NMe}_2))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}(\text{NMeEt})\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NMeEt}))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}(\text{NEt}_2)\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NEt}_2))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}(\text{NnPr}_2)\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NnPr}_2))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}(\text{NiPr}_2)\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NiPr}_2))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}(\text{NBu}_2)\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NBu}_2))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}(\text{NiBu}_2)\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NiBu}_2))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}(\text{NtBu}_2)\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NtBu}_2))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}(\text{NAm}_2)\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NAm}_2))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}(\text{NCy 戊基}_2)\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NCy 戊基}_2))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}(\text{N 己基}_2)\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{N 己基}_2))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}(\text{NCyHex}_2)\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NCyHex}_2))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}(\text{NMeH})\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NMeH}))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}(\text{NEtH})\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NEtH}))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}(\text{NnPrH})\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NnPrH}))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}(\text{NiPrH})\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NiPrH}))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}(\text{NBuH})\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NBuH}))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}(\text{NiBuH})\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NiBuH}))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}(\text{NtBuH})\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NtBuH}))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}(\text{NAmH})\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NAmH}))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}(\text{吡啶})\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{吡啶}))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}(\text{吡咯})\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{吡咯}))_3$  ；

- 前驅物為  $N(\text{SiH}(\text{吡咯啉})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{吡咯啉}))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}(\text{咪唑})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{咪唑}))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}(\text{哌啶})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{哌啶}))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}(\text{嘍啶})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{嘍啶}))_3$  ；
- $R^3$ 、 $R^4$  以及  $R^5 = \text{H}$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{CH}_2=\text{CH}))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2))_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NH}_2)_2)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NMe}_2)_2)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NMeEt})_2)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NEt}_2)_2)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NnPr}_2)_2)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NiPr}_2)_2)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NBu}_2)_2)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NiBu}_2)_2)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NtBu}_2)_2)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NAm}_2)_2)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NCy 戊基}_2)_2)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{N 己基}_2)_2)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NCyHex}_2)_2)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NMeH})_2)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NEtH})_2)_3$  ；

- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NnPrH})_2)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NiPrH})_2)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NBuH})_2)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NiBuH})_2)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NtBuH})_2)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NAmH})_2)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{吡啶})_2)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{吡咯})_2)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{吡咯啟})_2)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{咪唑})_2)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{哌啶})_2)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{嘧啶})_2)_3$  ；
- $R^4$  以及  $R^5 = \text{H}$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{CH}_2=\text{CH})_3)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{CH}_2=\text{CH-CH}_2)_3)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NH}_2)_3)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NMe}_2)_3)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NMeEt})_3)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NEt}_2)_3)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NnPr}_2)_3)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NiPr}_2)_3)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NBu}_2)_3)_3$  ；

- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NiBu}_2)_3)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NtBu}_2)_3)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NAm}_2)_3)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NCy 戊基}_2)_3)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{N 己基}_2)_3)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NCyHex}_2)_3)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NMeH})_3)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NEtH})_3)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NnPrH})_3)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NiPrH})_3)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NBuH})_3)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NiBuH})_3)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NtBuH})_3)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NAmH})_3)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{吡啶})_3)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{吡咯})_3)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{吡咯啶})_3)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{咪唑})_3)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{哌啶})_3)_3$  ；
- 前驅物為  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{嘧啶})_3)_3$  ；
- $a = 1$  且  $m = 1$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiR}^4\text{R}^5(\text{CH}_2)\text{SiR}^1\text{R}^2\text{R}^3)_2$  ；

- R、R<sup>1</sup>、R<sup>2</sup>、R<sup>3</sup>、R<sup>4</sup>以及R<sup>5</sup> = H；
- 前驅物為HN(SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>；
- R、R<sup>1</sup>、R<sup>2</sup>、R<sup>3</sup>、R<sup>4</sup>、或R<sup>5</sup>中至少一者為乙烯基；
- R、R<sup>1</sup>、R<sup>2</sup>、R<sup>3</sup>、R<sup>4</sup>、或R<sup>5</sup>中至少一者為烯丙基；
- R、R<sup>1</sup>、R<sup>2</sup>、R<sup>3</sup>、R<sup>4</sup>、或R<sup>5</sup>中至少一者為苯基；
- R<sup>1</sup>、R<sup>2</sup>、R<sup>3</sup>、R<sup>4</sup>以及R<sup>5</sup> = H以及R = Si<sub>x</sub>H<sub>2x+1</sub> (x = 1 至 4)；
- 前驅物為SiH<sub>3</sub>N(SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>；
- 前驅物為Si<sub>2</sub>H<sub>5</sub>N(SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>；
- 前驅物為Si<sub>3</sub>H<sub>7</sub>N(SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>；
- 前驅物為Si<sub>4</sub>H<sub>9</sub>N(SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>；
- R<sup>1</sup>、R<sup>2</sup>、R<sup>3</sup>、R<sup>4</sup>以及R<sup>5</sup> = H以及R = C<sub>y</sub>H<sub>2y+1</sub> (y = 1 至 6)；
- 前驅物為(Me)N(SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>；
- 前驅物為(Et)N(SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>；
- 前驅物為(nPr)N(SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>；
- 前驅物為(iPr)N(SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>；
- 前驅物為(Bu)N(SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>；
- 前驅物為(iBu)N(SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>；
- 前驅物為(tBu)N(SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>；
- 前驅物為(戊基)N(SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>；
- 前驅物為(己基)N(SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>；
- 前驅物為(SiMe<sub>3</sub>)N(SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>；
- 前驅物為(SiEt<sub>3</sub>)N(SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>；

- 前驅物為  $\text{Si}(\text{iPr})_3\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{Si}(\text{nPr})_3\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{Si}(\text{Bu})_3\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{Si}(\text{iBu})_3\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{Si}(\text{tBu})_3\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{Si}(\text{戊基})_3\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{Si}(\text{己基})_3\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{SiHMe}_2\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{SiHEt}_2\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{SiH}(\text{iPr})_2\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{SiH}(\text{nPr})_2\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{SiH}(\text{Bu})_2\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{SiH}(\text{iBu})_2\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{SiH}(\text{tBu})_2\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{SiH}(\text{戊基})_2\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{SiH}(\text{己基})_2\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{SiH}_2\text{MeN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{SiH}_2\text{EtN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{SiH}_2(\text{iPr})\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{SiH}_2(\text{nPr})\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{SiH}_2(\text{Bu})\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{SiH}_2(\text{iBu})\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$  ；

- 前驅物為  $\text{SiH}_2(\text{tBu})\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{SiH}_2(\text{戊基})\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{SiH}_2(\text{己基})\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$  ；
- 前驅物為  $(\text{SiH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2)\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$  ；
- 前驅物為  $(\text{SiMe}_3\text{-CH}_2\text{-SiMe}_2)\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$  ；
- 前驅物為  $(\text{SiMe}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiMe}_2)\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$  ；
- 前驅物為  $(\text{SiEt}_3\text{-CH}_2\text{-SiEt}_2)\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$  ；
- 前驅物為  $(\text{SiEt}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiEt}_2)\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$  ；
- 前驅物為  $(\text{SiH}_2\text{NMe}_2)\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$  ；
- 前驅物為  $(\text{SiH}_2\text{NEt}_2)\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$  ；
- 前驅物為  $(\text{SiH}_2\text{NMeEt})\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$  ；
- 前驅物為  $(\text{SiH}(\text{NMe}_2)_2)\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$  ；
- 前驅物為  $(\text{SiH}(\text{NEt}_2)_2)\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$  ；
- $\text{R}^1$ 、 $\text{R}^2$ 、 $\text{R}^3$  以及  $\text{R}^4 = \text{H}$  以及  $\text{R} = \text{H}$ 、 $\text{C}_u\text{H}_{2u+1}$ 、或  $\text{Si}_v\text{H}_{2v-1}$ ，其中  $u = 1-6$   
以及  $v = 1-4$  ；
- $\text{R}^2$ 、 $\text{R}^3$ 、 $\text{R}^4$  以及  $\text{R}^5 = \text{H}$  以及  $\text{R} = \text{H}$ 、 $\text{C}_u\text{H}_{2u+1}$ 、或  $\text{Si}_v\text{H}_{2v-1}$ ，其中  $u = 1-6$   
以及  $v = 1-4$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{CH}_2=\text{CH}))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{CH}_2=\text{CH-CH}_2))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NH}_2))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NMe}_2))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NMeEt}))_2$  ；

- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NEt}_2))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NnPr}_2))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NiPr}_2))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NBu}_2))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NiBu}_2))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NtBu}_2))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NAm}_2))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NCy 戊基}_2))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{N 己基}_2))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NCyHex}_2))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NMeH}))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NEtH}))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NnPrH}))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NiPrH}))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NBuH}))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NiBuH}))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NtBuH}))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NAmH}))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{吡啶}))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{吡咯}))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{吡咯啶}))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{咪唑}))_2$  ；



- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{哌啶}))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{嘧啶}))_2$  ；
- $\text{R}^1$ 、 $\text{R}^2$  以及  $\text{R}^3 = \text{H}$  以及  $\text{R} = \text{H}$ 、 $\text{C}_u\text{H}_{2u+1}$ 、 $\text{Si}_v\text{H}_{2v-1}$ ，其中  $u = 1-6$  以及  $v = 1-4$  ；
- $\text{R}^2$ 、 $\text{R}^3$  以及  $\text{R}^4 = \text{H}$  以及  $\text{R} = \text{H}$ 、 $\text{C}_u\text{H}_{2u+1}$ 、或  $\text{Si}_v\text{H}_{2v-1}$ ，其中  $u = 1-6$  以及  $v = 1-4$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}(\text{CH}_2=\text{CH})\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{CH}_2=\text{CH}))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}(\text{CH}_2=\text{CH-CH}_2)\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{CH}_2=\text{CH-CH}_2))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NH}_2)\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NH}_2))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NMe}_2)\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NMe}_2))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NMeEt})\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NMeEt}))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NEt}_2)\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NEt}_2))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NnPr}_2)\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NnPr}_2))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NiPr}_2)\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NiPr}_2))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NBu}_2)\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NBu}_2))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NiBu}_2)\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NiBu}_2))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NtBu}_2)\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NtBu}_2))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NAm}_2)\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NAm}_2))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NCy 戊基}_2)\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NCy 戊基}_2))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}(\text{N 己基}_2)\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{N 己基}_2))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NCyHex}_2)\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NCyHex}_2))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NMeH})\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NMeH}))_2$  ；

- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NEtH})-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{NEtH}))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NnPrH})-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{NnPrH}))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NiPrH})-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{NiPrH}))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NBuH})-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{NBuH}))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NiBuH})-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{NiBuH}))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NtBuH})-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{NtBuH}))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NAmH})-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{NAmH}))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}(\text{吡啶})-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{吡啶}))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}(\text{吡咯})-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{吡咯}))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}(\text{pyrrolidiHNe})-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{pyrrolidiHNe}))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}(\text{咪唑})-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{咪唑}))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}(\text{哌啶})-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{哌啶}))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}(\text{嘧啶})-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{嘧啶}))_2$  ；
- $\text{R}^3$ 、 $\text{R}^4$  以及  $\text{R}^5 = \text{H}$  以及  $\text{R} = \text{H}$ 、 $\text{C}_u\text{H}_{2u+1}$ 、或  $\text{Si}_v\text{H}_{2v-1}$ ，其中  $u = 1-6$  以及  $v = 1-4$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{CH}_2=\text{CH}))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NH}_2)_2)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NMe}_2)_2)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NMeEt})_2)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NEt}_2)_2)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NnPr}_2)_2)_2$  ；

- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NiPr}_2)_2)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NBu}_2)_2)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NiBu}_2)_2)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NtBu}_2)_2)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NAm}_2)_2)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NCy 戊基}_2)_2)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{N 己基}_2)_2)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NCyHex}_2)_2)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NMeH})_2)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NEtH})_2)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NnPrH})_2)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NiPrH})_2)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NBuH})_2)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NiBuH})_2)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NtBuH})_2)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NAmH})_2)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{吡啶})_2)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{吡咯})_2)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{吡咯啶})_2)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{咪唑})_2)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{哌啶})_2)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{嘓啶})_2)_2$  ；

- $R^4$  以及  $R^5=H$  以及  $R = H$ 、 $C_uH_{2u+1}$ 、或  $Si_vH_{2v-1}$ ，其中  $u = 1-6$  以及  $v = 1-4$ ；
- 前驅物為  $RN(SiH_2-CH_2-Si(CH_2=CH)_3)_2$ ；
- 前驅物為  $RN(SiH_2-CH_2-Si(CH_2=CH-CH_2)_3)_2$ ；
- 前驅物為  $RN(SiH_2-CH_2-Si(NH_2)_3)_2$ ；
- 前驅物為  $RN(SiH_2-CH_2-Si(NMe_2)_3)_2$ ；
- 前驅物為  $RN(SiH_2-CH_2-Si(NMeEt)_3)_2$ ；
- 前驅物為  $RN(SiH_2-CH_2-Si(NEt_2)_3)_2$ ；
- 前驅物為  $RN(SiH_2-CH_2-Si(NnPr_2)_3)_2$ ；
- 前驅物為  $RN(SiH_2-CH_2-Si(NiPr_2)_3)_2$ ；
- 前驅物為  $RN(SiH_2-CH_2-Si(NBu_2)_3)_2$ ；
- 前驅物為  $RN(SiH_2-CH_2-Si(NiBu_2)_3)_2$ ；
- 前驅物為  $RN(SiH_2-CH_2-Si(NtBu_2)_3)_2$ ；
- 前驅物為  $RN(SiH_2-CH_2-Si(NAm_2)_3)_2$ ；
- 前驅物為  $RN(SiH_2-CH_2-Si(NCy \text{ 戊基 }_2)_3)_2$ ；
- 前驅物為  $RN(SiH_2-CH_2-Si(N \text{ 己基 }_2)_3)_2$ ；
- 前驅物為  $RN(SiH_2-CH_2-Si(NCyHex_2)_3)_2$ ；
- 前驅物為  $RN(SiH_2-CH_2-Si(NMeH)_3)_2$ ；
- 前驅物為  $RN(SiH_2-CH_2-Si(NEtH)_3)_2$ ；
- 前驅物為  $RN(SiH_2-CH_2-Si(NnPrH)_3)_2$ ；
- 前驅物為  $RN(SiH_2-CH_2-Si(NiPrH)_3)_2$ ；
- 前驅物為  $RN(SiH_2-CH_2-Si(NBuH)_3)_2$ ；

- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NiBuH})_3)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NtBuH})_3)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NAmH})_3)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{吡啶})_3)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{吡咯})_3)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{吡咯啶})_3)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{咪唑})_3)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{哌啶})_3)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{嘧啶})_3)_2$  ；
- $a = 1$  以及  $m = 2$  ；
- 式(I)為  $\text{RN}(\text{SiR}^4\text{R}^5(\text{CH}_2)_2\text{SiR}^1\text{R}^2\text{R}^3)_2$  ；
- $\text{R}$ 、 $\text{R}^1$ 、 $\text{R}^2$ 、 $\text{R}^3$ 、 $\text{R}^4$  以及  $\text{R}^5 = \text{H}$  ；
- 前驅物為  $\text{HN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$  ；
- $\text{R}^1$ 、 $\text{R}^2$ 、 $\text{R}^3$ 、 $\text{R}^4$  以及  $\text{R}^5 = \text{H}$  以及  $\text{R} = \text{Si}_x\text{H}_{2x+1}$  ( $x = 1$  至  $4$ ) ；
- 前驅物為  $\text{SiH}_3\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{Si}_2\text{H}_5\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{Si}_3\text{H}_7\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{Si}_4\text{H}_9\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$  ；
- $\text{R}^1$ 、 $\text{R}^2$ 、 $\text{R}^3$ 、 $\text{R}^4$  以及  $\text{R}^5 = \text{H}$  以及  $\text{R} = \text{C}_y\text{H}_{2y+1}$  ( $y = 1$  至  $6$ ) ；
- 前驅物為  $(\text{Me})\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$  ；
- 前驅物為  $(\text{Et})\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$  ；
- 前驅物為  $(\text{nPr})\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$  ；

- 前驅物為  $(iPr)N(SiH_2-CH_2-CH_2-SiH_3)_2$  ；
- 前驅物為  $(Bu)N(SiH_2-CH_2-CH_2-SiH_3)_2$  ；
- 前驅物為  $(iBu)N(SiH_2-CH_2-CH_2-SiH_3)_2$  ；
- 前驅物為  $(tBu)N(SiH_2-CH_2-CH_2-SiH_3)_2$  ；
- 前驅物為  $(\text{戊基})N(SiH_2-CH_2-CH_2-SiH_3)_2$  ；
- 前驅物為  $(\text{己基})N(SiH_2-CH_2-CH_2-SiH_3)_2$  ；
- 前驅物為  $(SiMe_3)N(SiH_2-CH_2-CH_2-SiH_3)_2$  ；
- 前驅物為  $(SiEt_3)N(SiH_2-CH_2-CH_2-SiH_3)_2$  ；
- 前驅物為  $Si(iPr)_3N(SiH_2-CH_2-CH_2-SiH_3)_2$  ；
- 前驅物為  $Si(nPr)_3N(SiH_2-CH_2-CH_2-SiH_3)_2$  ；
- 前驅物為  $Si(Bu)_3N(SiH_2-CH_2-CH_2-SiH_3)_2$  ；
- 前驅物為  $Si(iBu)_3N(SiH_2-CH_2-CH_2-SiH_3)_2$  ；
- 前驅物為  $Si(tBu)_3N(SiH_2-CH_2-CH_2-SiH_3)_2$  ；
- 前驅物為  $Si(\text{戊基})_3N(SiH_2-CH_2-CH_2-SiH_3)_2$  ；
- 前驅物為  $Si(\text{己基})_3N(SiH_2-CH_2-CH_2-SiH_3)_2$  ；
- 前驅物為  $(SiHMe_2)N(SiH_2-CH_2-CH_2-SiH_3)_2$  ；
- 前驅物為  $(SiHEt_2)N(SiH_2-CH_2-CH_2-SiH_3)_2$  ；
- 前驅物為  $SiH(iPr)_2N(SiH_2-CH_2-CH_2-SiH_3)_2$  ；
- 前驅物為  $SiH(nPr)_2N(SiH_2-CH_2-CH_2-SiH_3)_2$  ；
- 前驅物為  $SiH(Bu)_2N(SiH_2-CH_2-CH_2-SiH_3)_2$  ；
- 前驅物為  $SiH(iBu)_2N(SiH_2-CH_2-CH_2-SiH_3)_2$  ；
- 前驅物為  $SiH(tBu)_2N(SiH_2-CH_2-CH_2-SiH_3)_2$  ；

- 前驅物為  $\text{SiH}(\text{戊基})_2\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{SiH}(\text{己基})_2\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$  ；
- 前驅物為  $(\text{SiH}_2\text{Me}_2)\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$  ；
- 前驅物為  $(\text{SiH}_2\text{Et}_2)\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{SiH}_2(\text{iPr})\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{SiH}_2(\text{nPr})\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{SiH}_2(\text{Bu})\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{SiH}_2(\text{iBu})\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{SiH}_2(\text{tBu})\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{SiH}_2(\text{戊基})\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{SiH}_2(\text{己基})\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$  ；
- 前驅物為  $(\text{SiH}_3\text{-CH}_2\text{-SiH}_2)\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$  ；
- 前驅物為  $(\text{SiMe}_3\text{-CH}_2\text{-SiMe}_2)\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$  ；
- 前驅物為  $(\text{SiMe}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiMe}_2)\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$  ；
- 前驅物為  $(\text{SiEt}_3\text{-CH}_2\text{-SiEt}_2)\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$  ；
- 前驅物為  $(\text{SiEt}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiEt}_2)\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$  ；
- 前驅物為  $(\text{SiH}_2\text{NMe}_2)\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$  ；
- 前驅物為  $(\text{SiH}_2\text{NEt}_2)\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$  ；
- 前驅物為  $(\text{SiH}_2\text{NiPr}_2)\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$  ；
- 前驅物為  $(\text{SiH}_2\text{NnPr}_2)\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$  ；
- 前驅物為  $(\text{SiH}_2\text{NMeEt})\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$  ；
- 前驅物為  $(\text{SiH}_2\text{吡啶})\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$  ；

- 前驅物為  $(\text{SiH}_2\text{Pyrolidine})\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$  ；
- 前驅物為  $(\text{SiH}_2\text{Pyrolle})\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$  ；
- 前驅物為  $(\text{SiH}_2\text{咪唑})\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$  ；
- 前驅物為  $(\text{SiH}_2\text{嘓啖})\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$  ；
- 前驅物為  $(\text{SiH}(\text{NMe}_2)_2)\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{SiH}(\text{NEt}_2)_2\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$  ；
- $\text{R}^1$ 、 $\text{R}^2$ 、 $\text{R}^3$  以及  $\text{R}^4 = \text{H}$  以及  $\text{R} = \text{H}$ 、 $\text{C}_u\text{H}_{2u+1}$ 、或  $\text{Si}_v\text{H}_{2v-1}$ ，其中  $u = 1-6$   
以及  $v = -4$  ；
- $\text{R}^2$ 、 $\text{R}^3$ 、 $\text{R}^4$  以及  $\text{R}^5 = \text{H}$  以及  $\text{R} = \text{H}$ 、 $\text{C}_u\text{H}_{2u+1}$ 、或  $\text{Si}_v\text{H}_{2v-1}$ ，其中  $u = 1-6$   
以及  $v = 1-4$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{CH}_2=\text{CH}))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{CH}_2=\text{CH-CH}_2))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NH}_2))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NMe}_2))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NMeEt}))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NEt}_2))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NnPr}_2))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NiPr}_2))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NBu}_2))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NiBu}_2))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NtBu}_2))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NAm}_2))_2$  ；



- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NCy 戊基}_2))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{N 己基}_2))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NCyHex}_2))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NMeH}))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NEtH}))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NnPrH}))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NiPrH}))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NBuH}))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NiBuH}))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NtBuH}))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NAmH}))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{吡啶}))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{吡咯}))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{吡咯啶}))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{咪唑}))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{哌啶}))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{嘧啶}))_2$  ；
- $\text{R}^1$ 、 $\text{R}^2$  以及  $\text{R}^3 = \text{H}$  以及  $\text{R} = \text{H}$ 、 $\text{C}_u\text{H}_{2u+1}$ 、或  $\text{Si}_v\text{H}_{2v-1}$ ，其中  $u=1-6$  以及  $v = 1-4$  ；
- $\text{R}^2$ 、 $\text{R}^3$  以及  $\text{R}^4 = \text{H}$  以及  $\text{R} = \text{H}$ 、 $\text{C}_u\text{H}_{2u+1}$ 、或  $\text{Si}_v\text{H}_{2v-1}$ ，其中  $u=1-6$  以及  $v=1-4$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}(\text{CH}_2=\text{CH})\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{CH}_2=\text{CH}))_2$  ；

- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}(\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2)-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NH}_2)-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{NH}_2))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NMe}_2)-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{NMe}_2))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NMeEt})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{NMeEt}))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NEt}_2)-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{NEt}_2))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NnPr}_2)-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{NnPr}_2))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NiPr}_2)-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{NiPr}_2))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NBu}_2)-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{NBu}_2))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NiBu}_2)-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{NiBu}_2))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NtBu}_2)-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{NtBu}_2))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NAm}_2)-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{NAm}_2))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NCy 戊基}_2)-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{NCy 戊基}_2))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}(\text{N 己基}_2)-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{N 己基}_2))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NCyHex}_2)-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{NCyHex}_2))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NMeH})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{NMeH}))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NEtH})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{NEtH}))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NnPrH})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{NnPrH}))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NiPrH})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{NiPrH}))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NBuH})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{NBuH}))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NiBuH})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{NiBuH}))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NtBuH})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{NtBuH}))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NAmH})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{NAmH}))_2$  ；

- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}(\text{吡啶})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{吡啶}))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}(\text{吡咯})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{吡咯}))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}(\text{吡咯啶})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{吡咯啶}))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}(\text{咪唑})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{咪唑}))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}(\text{哌啶})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{哌啶}))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}(\text{嘧啶})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{嘧啶}))_2$  ；
- $\text{R}^3$ 、 $\text{R}^4$  以及  $\text{R}^5=\text{H}$  以及  $\text{R}=\text{H}$ 、 $\text{C}_u\text{H}_{2u+1}$ 、或  $\text{Si}_v\text{H}_{2v-1}$ ，其中  $u=1-6$  以及  $v=1-4$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{CH}_2=\text{CH}))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NH}_2))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NMe}_2))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NMeEt}))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NEt}_2))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NnPr}_2))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NiPr}_2))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NBu}_2))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NiBu}_2))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NtBu}_2))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NAm}_2))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NCy 戊基}_2))_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{N 己基}_2))_2$  ；

- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NCyHex}_2)_2)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NMeH})_2)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NEtH})_2)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NnPrH})_2)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NiPrH})_2)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NBuH})_2)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NiBuH})_2)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NtBuH})_2)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NAmH})_2)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{吡啶})_2)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{吡咯})_2)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{吡咯啶})_2)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{咪唑})_2)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{哌啶})_2)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{嘧啶})_2)_2$  ；
- $\text{R}^4$  以及  $\text{R}^5=\text{H}$  以及  $\text{R}=\text{H}$ 、 $\text{C}_u\text{H}_{2u+1}$ 、或  $\text{Si}^v\text{H}_{2v-1}$ ，其中  $u=1-6$  以及  $v=1-4$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{CH}_2=\text{CH})_3)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{CH}_2=\text{CH-CH}_2)_3)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NH}_2)_3)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NMe}_2)_3)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NMeEt})_3)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NEt}_2)_3)_2$  ；

- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NnPr}_2)_3)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NiPr}_2)_3)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NBu}_2)_3)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NiBu}_2)_3)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NtBu}_2)_3)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NAm}_2)_3)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NCy 戊基}_2)_3)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{N 己基}_2)_3)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NCyHex}_2)_3)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NMeH})_3)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NEtH})_3)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NnPrH})_3)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NiPrH})_3)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NBuH})_3)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NiBuH})_3)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NtBuH})_3)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NAmH})_3)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{吡啶})_3)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{吡咯})_3)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{吡咯啶})_3)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{咪唑})_3)_2$  ；
- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{哌啶})_3)_2$  ；

- 前驅物為  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{嘔啖})_3)_2$  ；
- $\text{R}^2$ 、 $\text{R}^3$ 、 $\text{R}^4$ 、以及  $\text{R}^5$  中至少一者為 H ；
- $\text{R}^2$ 、 $\text{R}^3$ 、 $\text{R}^4$ 、以及  $\text{R}^5$  皆為 H ；
- $\text{R}^2$ 、 $\text{R}^3$ 、 $\text{R}^4$ 、以及  $\text{R}^5$  中至少一者為乙烯基 ；
- R 為 H ；
- $t=1$  ；
- 前驅物為  $[-\text{NR}-\text{R}^4\text{R}^5\text{Si}-\text{CH}_2-\text{SiR}^2\text{R}^3-]_n$  ；
- R、 $\text{R}^2$ 、 $\text{R}^3$ 、 $\text{R}^4$ 、或  $\text{R}^5$  中至少一者為乙烯基 ；
- R、 $\text{R}^2$ 、 $\text{R}^3$ 、 $\text{R}^4$ 、或  $\text{R}^5$  中至少一者為烯丙基 ；
- R、 $\text{R}^2$ 、 $\text{R}^3$ 、 $\text{R}^4$ 、或  $\text{R}^5$  中至少一者為苯基 ；
- 前驅物包含  $[-\text{NR}-\text{R}^4\text{R}^5\text{Si}-(\text{CH}_2)-\text{SiR}^2\text{R}^3-]_n$  單元以及  $[-\text{NR}-\text{R}^4\text{R}^5\text{Si}-(\text{CH}_2)-\text{SiR}^1\text{R}^2\text{R}^3]$ 封端 ；
- 前驅物包含  $[-\text{NR}-\text{R}^4\text{R}^5\text{Si}-(\text{CH}_2)-\text{SiR}^2\text{R}^3-]_n$  單元以及  $[-\text{NR}-\text{R}^4\text{R}^5\text{Si}-(\text{CH}_2)-\text{SiR}^2\text{R}^3-\text{NR}^1\text{R}^2]$ 封端 ；
- R、 $\text{R}^2$ 、 $\text{R}^3$ 、 $\text{R}^4$ 以及  $\text{R}^5=\text{H}$  ；
- 前驅物為  $[-\text{NH}-\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_2-]_n$  ；
- $\text{R}=\text{Si}_x\text{H}_{2x+1}$  ( $x=1$  至  $4$ )以及  $\text{R}^2$ 、 $\text{R}^3$ 、 $\text{R}^4$ 以及  $\text{R}^5=\text{H}$  ；
- 前驅物為  $[-\text{N}(\text{SiH}_3)-\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_2-]_n$  ；
- 前驅物為  $[-\text{N}(\text{Si}_2\text{H}_5)-\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_2-]_n$  ；
- 前驅物為  $[-\text{N}(\text{Si}_3\text{H}_7)-\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_2-]_n$  ；
- 前驅物為  $[-\text{N}(\text{Si}_4\text{H}_9)-\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_2-]_n$  ；
- $\text{R}=\text{C}_y\text{H}_{2y+1}$  ( $y=1$  至  $6$ )以及  $\text{R}^2$ 、 $\text{R}^3$ 、 $\text{R}^4$ 以及  $\text{R}^5=\text{H}$  ；

- 前驅物為 $[-N(CH_3)-SiH_2-CH_2-SiH_2-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-N(C_2H_5)-SiH_2-CH_2-SiH_2-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-N(C_3H_7)-SiH_2-CH_2-SiH_2-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-N(C_4H_9)-SiH_2-CH_2-SiH_2-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-N(C_5H_{11})-SiH_2-CH_2-SiH_2-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-N(C_6H_{13})-SiH_2-CH_2-SiH_2-]_n$ ；
- $R^2$ 、 $R^3$ 、 $R^4$ 以及 $R^5 = H$ 以及 $R = R^{1'} R^{2'} R^{3'} Si(CH_2)_b SiR^{4'} R^{5'}$ ，其中 $b = 1$ 至 $2$ 以及 $R^{1'}$ 、 $R^{2'}$ 、 $R^{3'}$ 、 $R^{4'}$ 以及 $R^{5'} = H$ 或 $C_1$ - $C_6$ 烴；
- 前驅物為 $[-N(SiH_3-CH_2-SiH_2)-SiH_2-CH_2-SiH_2-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-N(SiH_3-CH_2-CH_2-SiH_2)-SiH_2-CH_2-SiH_2-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-N(SiMe_3-CH_2-SiMe_2)-SiH_2-CH_2-SiH_2-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-N(SiMe_3-CH_2-CH_2-SiMe_2)-SiH_2-CH_2-SiH_2-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-N(SiEt_3-CH_2-SiEt_2)-SiH_2-CH_2-SiH_2-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-N(SiEt_3-CH_2-CH_2-SiEt_2)-SiH_2-CH_2-SiH_2-]_n$ ；
- $R^2$ 、 $R^3$ 、 $R^4$ 以及 $R^5 = H$ ；
- 前驅物為 $[-N(SiMe_3)-H_2Si-CH_2-SiH_2-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-N(SiEt_3)-H_2Si-CH_2-SiH_2-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-N(Si(iPr)_3)-SiH_2-CH_2-SiH_2-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-N(Si(nPr)_3)-SiH_2-CH_2-SiH_2-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-N(Si(Bu)_3)-SiH_2-CH_2-SiH_2-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-N(Si(iBu)_3)-SiH_2-CH_2-SiH_2-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-N(Si(tBu)_3)-SiH_2-CH_2-SiH_2-]_n$ ；

- 前驅物為 $[-N(\text{Si}(\text{戊基})_3) - \text{SiH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}_2 - ]_n$ ；
- 前驅物為 $[-N(\text{Si}(\text{己基})_3) - \text{SiH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}_2 - ]_n$ ；
- 前驅物為 $[-N(\text{SiH}(\text{Me})_2) - \text{SiH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}_2 - ]_n$ ；
- 前驅物為 $[-N(\text{SiH}(\text{Et})_2) - \text{SiH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}_2 - ]_n$ ；
- 前驅物為 $[-N(\text{SiH}(\text{iPr})_2) - \text{SiH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}_2 - ]_n$ ；
- 前驅物為 $[-N(\text{SiH}(\text{nPr})_2) - \text{SiH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}_2 - ]_n$ ；
- 前驅物為 $[-N(\text{SiH}(\text{Bu})_2) - \text{SiH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}_2 - ]_n$ ；
- 前驅物為 $[-N(\text{SiH}(\text{iBu})_2) - \text{SiH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}_2 - ]_n$ ；
- 前驅物為 $[-N(\text{SiH}(\text{tBu})_2) - \text{SiH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}_2 - ]_n$ ；
- 前驅物為 $[-N(\text{SiH}(\text{戊基})_2) - \text{SiH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}_2 - ]_n$ ；
- 前驅物為 $[-N(\text{SiH}(\text{己基})_2) - \text{SiH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}_2 - ]_n$ ；
- 前驅物為 $[-N(\text{SiH}_2(\text{Me})) - \text{SiH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}_2 - ]_n$ ；
- 前驅物為 $[-N(\text{SiH}_2(\text{Et})) - \text{SiH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}_2 - ]_n$ ；
- 前驅物為 $[-N(\text{SiH}_2(\text{iPr})) - \text{SiH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}_2 - ]_n$ ；
- 前驅物為 $[-N(\text{SiH}_2(\text{nPr})) - \text{SiH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}_2 - ]_n$ ；
- 前驅物為 $[-N(\text{SiH}_2(\text{Bu})) - \text{SiH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}_2 - ]_n$ ；
- 前驅物為 $[-N(\text{SiH}_2(\text{iBu})) - \text{SiH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}_2 - ]_n$ ；
- 前驅物為 $[-N(\text{SiH}_2(\text{tBu})) - \text{SiH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}_2 - ]_n$ ；
- 前驅物為 $[-N(\text{SiH}_2(\text{戊基})) - \text{SiH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}_2 - ]_n$ ；
- 前驅物為 $[-N(\text{SiH}_2(\text{己基})) - \text{SiH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}_2 - ]_n$ ；
- 前驅物為 $[-N(\text{SiH}_2\text{NMe}_2) - \text{H}_2\text{Si} - \text{CH}_2 - \text{SiH}_2 - ]_n$ ；
- 前驅物為 $[-N(\text{SiH}_2\text{NEt}_2) - \text{H}_2\text{Si} - \text{CH}_2 - \text{SiH}_2 - ]_n$ ；



- 前驅物為 $[-N(\text{SiH}_2\text{NiPr}_2)\text{-SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2\text{-}]_n$ ；
- 前驅物為 $[-N(\text{SiH}_2\text{NnPr}_2)\text{-SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2\text{-}]_n$ ；
- 前驅物為 $[-N(\text{SiH}_2\text{NMeEt})\text{-H}_2\text{Si}\text{-CH}_2\text{-SiH}_2\text{-}]_n$ ；
- 前驅物為 $[-N(\text{SiH}(\text{NMe}_2)_2)\text{-H}_2\text{Si}\text{-CH}_2\text{-SiH}_2\text{-}]_n$ ；
- 前驅物為 $[-N(\text{SiH}(\text{NEt}_2)_2)\text{-H}_2\text{Si}\text{-CH}_2\text{-SiH}_2\text{-}]_n$ ；
- $R$ 、 $R^3$ 、 $R^4$  以及  $R^5 = H$ ；
- 前驅物為 $[-NH\text{-H}_2\text{Si}\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{CH}_2=\text{CH}_2)\text{-}]_n$ ；
- 前驅物為 $[-NH\text{-H}_2\text{Si}\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{CH}_2\text{-CH}_2=\text{CH}_2)\text{-}]_n$ ；
- 前驅物為 $[-NH\text{-H}_2\text{Si}\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NH}_2)\text{-}]_n$ ；
- 前驅物為 $[-NH\text{-H}_2\text{Si}\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NMe}_2)\text{-}]_n$ ；
- 前驅物為 $[-NH\text{-H}_2\text{Si}\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NMeEt})\text{-}]_n$ ；
- 前驅物為 $[-NH\text{-H}_2\text{Si}\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NEt}_2)\text{-}]_n$ ；
- 前驅物為 $[-NH\text{-H}_2\text{Si}\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NnPr}_2)\text{-}]_n$ ；
- 前驅物為 $[-NH\text{-H}_2\text{Si}\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NiPr}_2)\text{-}]_n$ ；
- 前驅物為 $[-NH\text{-H}_2\text{Si}\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NBu}_2)\text{-}]_n$ ；
- 前驅物為 $[-NH\text{-H}_2\text{Si}\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NiBu}_2)\text{-}]_n$ ；
- 前驅物為 $[-NH\text{-H}_2\text{Si}\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NtBu}_2)\text{-}]_n$ ；
- 前驅物為 $[-NH\text{-H}_2\text{Si}\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NAm}_2)\text{-}]_n$ ；
- 前驅物為 $[-NH\text{-H}_2\text{Si}\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NCy 戊基}_2)\text{-}]_n$ ；
- 前驅物為 $[-NH\text{-H}_2\text{Si}\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{N 己基}_2)\text{-}]_n$ ；
- 前驅物為 $[-NH\text{-H}_2\text{Si}\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NCyHex}_2)\text{-}]_n$ ；
- 前驅物為 $[-NH\text{-H}_2\text{Si}\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NMeH})\text{-}]_n$ ；

- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NEtH})-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NnPrH})-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NiPrH})-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NBuH})-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NiBuH})-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NtBuH})-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NAmH})-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{吡啶})-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{吡咯})-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{吡咯啶})-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{咪唑})-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{哌啶})-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{嘧啶})-]_n$ ；
- R、R<sup>4</sup>以及R<sup>5</sup> = H；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{Si}(\text{CH}_2=\text{CH}_2)_2-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{Si}(\text{CH}_2-\text{CH}_2=\text{CH}_2)_2-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{Si}(\text{NH}_2)_2-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{Si}(\text{NMe}_2)_2-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{Si}(\text{NMeEt})_2-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{Si}(\text{NEt}_2)_2-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{Si}(\text{NnPr}_2)_2-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{Si}(\text{NiPr}_2)_2-]_n$ ；

- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{Si}(\text{NBu}_2)_2-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{Si}(\text{NiBu}_2)_2-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{Si}(\text{NtBu}_2)_2-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{Si}(\text{NAm}_2)_2-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{Si}(\text{NCy 戊基}_2)_2-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{Si}(\text{N 己基}_2)_2-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{Si}(\text{NCyHex}_2)_2-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{Si}(\text{NMeH})_2-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{Si}(\text{NEtH})_2-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{Si}(\text{NnPrH})_2-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{Si}(\text{NiPrH})_2-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{Si}(\text{NBuH})_2-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{Si}(\text{NiBuH})_2-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{Si}(\text{NtBuH})_2-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{Si}(\text{NAmH})_2-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{Si}(\text{吡啶})_2-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{Si}(\text{吡咯})_2-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{Si}(\text{吡咯啶})_2-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{Si}(\text{咪唑})_2-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{Si}(\text{哌啶})_2-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{Si}(\text{嘧啶})_2-]_n$ ；
- R、R<sup>3</sup> 以及 R<sup>5</sup> = H；

- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{CH}_2=\text{CH}_2)-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{CH}_2=\text{CH}_2)-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{CH}_2-\text{CH}_2=\text{CH}_2)-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{CH}_2-\text{CH}_2=\text{CH}_2)-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{NH}_2)-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NH}_2)-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{NMe}_2)-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NMe}_2)-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{NMeEt})-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NMeEt})-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{NEt}_2)-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NEt}_2)-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{NnPr}_2)-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NnPr}_2)-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{NiPr}_2)-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NiPr}_2)-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{NBu}_2)-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NBu}_2)-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{NiBu}_2)-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NiBu}_2)-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{NtBu}_2)-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NtBu}_2)-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{NAm}_2)-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NAm}_2)-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{NCy 戊基}_2)-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NCy 戊基}_2)-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{N 己基}_2)-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{N 己基}_2)-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{NCyHex}_2)-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NCyHex}_2)-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{NMeH})-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NMeH})-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{NEtH})-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NEtH})-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{NnPrH})-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NnPrH})-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{NiPrH})-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NiPrH})-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{NBuH})-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NBuH})-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{NiBuH})-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NiBuH})-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{NtBuH})-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NtBuH})-]_n$ ；

- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{NAmH})-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NAmH})-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{吡啶})-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{吡啶})-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{吡咯})-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{吡咯})-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{吡咯啟})-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{吡咯啟})-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{咪唑})-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{咪唑})-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{哌啶})-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{哌啶})-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{嘧啶})-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{嘧啶})-]_n$ ；
- $t = 2$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NR}-\text{R}^4\text{R}^5\text{Si}-(\text{CH}_2)_2-\text{SiR}^2\text{R}^3-]_n$ ；
- 前驅物包含 $[-\text{NR}-\text{R}^4\text{R}^5\text{Si}-(\text{CH}_2)_2-\text{SiR}^2\text{R}^3-]_n$ 單元以及 $[-\text{NR}-\text{R}^4\text{R}^5\text{Si}-(\text{CH}_2)_2-\text{SiR}^1\text{R}^2\text{R}^3-]$ 封端；
- 前驅物包含 $[-\text{NR}-\text{R}^4\text{R}^5\text{Si}-(\text{CH}_2)_2-\text{SiR}^2\text{R}^3-]_n$ 單元以及 $[-\text{NR}-\text{R}^4\text{R}^5\text{Si}-(\text{CH}_2)_2-\text{SiR}^2\text{R}^3-\text{NR}^1\text{R}^2]$ 封端；
- $\text{R}$ 、 $\text{R}^2$ 、 $\text{R}^3$ 、 $\text{R}^4$ 以及 $\text{R}^5 = \text{H}$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_2-]_n$ ；
- $\text{R} = \text{Si}_x\text{H}_{2x+1}$  ( $x = 1$  至  $4$ )以及 $\text{R}^2$ 、 $\text{R}^3$ 、 $\text{R}^4$ 以及 $\text{R}^5 = \text{H}$ ；
- 前驅物為 $[-\text{N}(\text{SiH}_3)-\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_2-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{N}(\text{Si}_2\text{H}_5)-\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_2-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{N}(\text{Si}_3\text{H}_7)-\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_2-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{N}(\text{Si}_4\text{H}_9)-\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_2-]_n$ ；
- $\text{R} = \text{C}_y\text{H}_{2y+1}$  ( $y = 1$  至  $6$ )以及 $\text{R}^2$ 、 $\text{R}^3$ 、 $\text{R}^4$ 以及 $\text{R}^5 = \text{H}$ ；
- 前驅物為 $[-\text{N}(\text{CH}_3)-\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_2-]_n$ ；

- 前驅物為 $[-N(C_2H_5) - SiH_2 - CH_2 - CH_2 - SiH_2 - ]_n$ ；
- 前驅物為 $[-N(C_3H_7) - SiH_2 - CH_2 - CH_2 - SiH_2 - ]_n$ ；
- 前驅物為 $[-N(C_4H_9) - SiH_2 - CH_2 - CH_2 - SiH_2 - ]_n$ ；
- 前驅物為 $[-N(C_5H_{11}) - SiH_2 - CH_2 - CH_2 - SiH_2 - ]_n$ ；
- 前驅物為 $[-N(C_6H_{13}) - SiH_2 - CH_2 - CH_2 - SiH_2 - ]_n$ ；
- $R^2$ 、 $R^3$ 、 $R^4$  以及  $R^5 = H$ ；
- 前驅物為 $[-N(SiMe_3) - H_2Si - CH_2 - CH_2 - SiH_2 - ]_n$ ；
- 前驅物為 $[-N(SiEt_3) - H_2Si - CH_2 - CH_2 - SiH_2 - ]_n$ ；
- 前驅物為 $[-N(Si(iPr)_3) - SiH_2 - CH_2 - CH_2 - SiH_2 - ]_n$ ；
- 前驅物為 $[-N(Si(nPr)_3) - SiH_2 - CH_2 - CH_2 - SiH_2 - ]_n$ ；
- 前驅物為 $[-N(Si(Bu)_3) - SiH_2 - CH_2 - CH_2 - SiH_2 - ]_n$ ；
- 前驅物為 $[-N(Si(iBu)_3) - SiH_2 - CH_2 - CH_2 - SiH_2 - ]_n$ ；
- 前驅物為 $[-N(Si(tBu)_3) - SiH_2 - CH_2 - CH_2 - SiH_2 - ]_n$ ；
- 前驅物為 $[-N(Si(戊基)_3) - SiH_2 - CH_2 - CH_2 - SiH_2 - ]_n$ ；
- 前驅物為 $[-N(Si(己基)_3) - SiH_2 - CH_2 - CH_2 - SiH_2 - ]_n$ ；
- 前驅物為 $[-N(SiH(Me)_2) - SiH_2 - CH_2 - CH_2 - SiH_2 - ]_n$ ；
- 前驅物為 $[-N(SiH(Et)_2) - SiH_2 - CH_2 - CH_2 - SiH_2 - ]_n$ ；
- 前驅物為 $[-N(SiH(iPr)_2) - SiH_2 - CH_2 - CH_2 - SiH_2 - ]_n$ ；
- 前驅物為 $[-N(SiH(nPr)_2) - SiH_2 - CH_2 - CH_2 - SiH_2 - ]_n$ ；
- 前驅物為 $[-N(SiH(Bu)_2) - SiH_2 - CH_2 - CH_2 - SiH_2 - ]_n$ ；
- 前驅物為 $[-N(SiH(iBu)_2) - SiH_2 - CH_2 - CH_2 - SiH_2 - ]_n$ ；
- 前驅物為 $[-N(SiH(tBu)_2) - SiH_2 - CH_2 - CH_2 - SiH_2 - ]_n$ ；

- 前驅物為 $[-N(\text{SiH}(\text{戊基})_2) - \text{SiH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}_2 - ]_n$ ；
- 前驅物為 $[-N(\text{SiH}(\text{己基})_2) - \text{SiH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}_2 - ]_n$ ；
- 前驅物為 $[-N(\text{SiH}_2(\text{Me})) - \text{SiH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}_2 - ]_n$ ；
- 前驅物為 $[-N(\text{SiH}_2(\text{Et})) - \text{SiH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}_2 - ]_n$ ；
- 前驅物為 $[-N(\text{SiH}_2(\text{iPr})) - \text{SiH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}_2 - ]_n$ ；
- 前驅物為 $[-N(\text{SiH}_2(\text{nPr})) - \text{SiH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}_2 - ]_n$ ；
- 前驅物為 $[-N(\text{SiH}_2(\text{Bu})) - \text{SiH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}_2 - ]_n$ ；
- 前驅物為 $[-N(\text{SiH}_2(\text{iBu})) - \text{SiH}_2 - \text{CH}_2\text{CH}_2 - \text{SiH}_2 - ]_n$ ；
- 前驅物為 $[-N(\text{SiH}_2(\text{tBu})) - \text{SiH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}_2 - ]_n$ ；
- 前驅物為 $[-N(\text{SiH}_2(\text{戊基})) - \text{SiH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}_2 - ]_n$ ；
- 前驅物為 $[-N(\text{SiH}_2(\text{己基})) - \text{SiH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}_2 - ]_n$ ；
- 前驅物為 $[-N(\text{SiH}_2\text{NMe}_2) - \text{SiH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}_2 - ]_n$ ；
- 前驅物為 $[-N(\text{SiH}_2\text{NEt}_2) - \text{SiH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}_2 - ]_n$ ；
- 前驅物為 $[-N(\text{SiH}_2\text{NiPr}_2) - \text{SiH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}_2 - ]_n$ ；
- 前驅物為 $[-N(\text{SiH}_2\text{NnPr}_2) - \text{SiH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}_2 - ]_n$ ；
- 前驅物為 $[-N(\text{SiH}_2\text{NMeEt}) - \text{SiH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}_2 - ]_n$ ；
- 前驅物為 $[-N(\text{SiH}(\text{NMe}_2)_2) - \text{SiH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}_2 - ]_n$ ；
- 前驅物為 $[-N(\text{SiH}(\text{NEt}_2)_2) - \text{SiH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}_2 - ]_n$ ；
- $\text{R}^2$ 、 $\text{R}^3$ 、 $\text{R}^4$  以及  $\text{R}^5 = \text{H}$  以及  $\text{R} = \text{R}^1 - \text{R}^2 - \text{R}^3 - \text{Si}(\text{CH}_2)_b\text{SiR}^4 - \text{R}^5$ ，其中  $b = 1$  至  $2$  以及  $\text{R}^1$ 、 $\text{R}^2$ 、 $\text{R}^3$ 、 $\text{R}^4$  以及  $\text{R}^5 = \text{H}$  或  $\text{C}_1\text{-C}_6$  烴；
- 前驅物為 $[-N(\text{SiH}_3\text{-CH}_2\text{-SiH}_2) - \text{SiH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}_2 - ]_n$ ；
- 前驅物為 $[-N(\text{SiH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2) - \text{SiH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}_2 - ]_n$ ；

- 前驅物為 $[-N(\text{SiMe}_3\text{-CH}_2\text{-SiMe}_2) - \text{SiH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}_2 - ]_n$ ；
- 前驅物為 $[-N(\text{SiMe}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiMe}_2) - \text{SiH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}_2 - ]_n$ ；
- 前驅物為 $[-N(\text{SiEt}_3\text{-CH}_2\text{-SiEt}_2) - \text{SiH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}_2 - ]_n$ ；
- 前驅物為 $[-N(\text{SiEt}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiEt}_2) - \text{SiH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}_2 - ]_n$ ；
- $R$ 、 $R^3$ 、 $R^4$  以及  $R^5 = H$ ；
- 前驅物為 $[-NH - \text{H}_2\text{Si} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}(\text{CH}_2=\text{CH}_2) - ]_n$ ；
- 前驅物為 $[-NH - \text{H}_2\text{Si} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}(\text{CH}_2\text{-CH}_2=\text{CH}_2) - ]_n$ ；
- 前驅物為 $[-NH - \text{H}_2\text{Si} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}(\text{NH}_2) - ]_n$ ；
- 前驅物為 $[-NH - \text{H}_2\text{Si} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}(\text{NMe}_2) - ]_n$ ；
- 前驅物為 $[-NH - \text{H}_2\text{Si} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}(\text{NMeEt}) - ]_n$ ；
- 前驅物為 $[-NH - \text{H}_2\text{Si} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}(\text{NEt}_2) - ]_n$ ；
- 前驅物為 $[-NH - \text{H}_2\text{Si} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}(\text{NnPr}_2) - ]_n$ ；
- 前驅物為 $[-NH - \text{H}_2\text{Si} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}(\text{NiPr}_2) - ]_n$ ；
- 前驅物為 $[-NH - \text{H}_2\text{Si} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}(\text{NBu}_2) - ]_n$ ；
- 前驅物為 $[-NH - \text{H}_2\text{Si} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}(\text{NiBu}_2) - ]_n$ ；
- 前驅物為 $[-NH - \text{H}_2\text{Si} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}(\text{NtBu}_2) - ]_n$ ；
- 前驅物為 $[-NH - \text{H}_2\text{Si} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}(\text{NAm}_2) - ]_n$ ；
- 前驅物為 $[-NH - \text{H}_2\text{Si} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}(\text{NCy 戊基}_2) - ]_n$ ；
- 前驅物為 $[-NH - \text{H}_2\text{Si} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}(\text{N 己基}_2) - ]_n$ ；
- 前驅物為 $[-NH - \text{H}_2\text{Si} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}(\text{NCyHex}_2) - ]_n$ ；
- 前驅物為 $[-NH - \text{H}_2\text{Si} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}(\text{NMeH}) - ]_n$ ；
- 前驅物為 $[-NH - \text{H}_2\text{Si} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}(\text{NEtH}) - ]_n$ ；



- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NnPrH})-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NiPrH})-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NBuH})-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NiBuH})-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NtBuH})-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NAmH})-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{吡啶})-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{吡咯})-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{吡咯啶})-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{咪唑})-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{哌啶})-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{嘧啶})-]_n$ ；
- $\text{R}$ 、 $\text{R}^4$  以及  $\text{R}^5 = \text{H}$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{Si}(\text{CH}_2=\text{CH}_2)_2-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{Si}(\text{CH}_2-\text{CH}_2=\text{CH}_2)_2-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{Si}(\text{NH}_2)_2-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{Si}(\text{NMe}_2)_2-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{Si}(\text{NMeEt})_2-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{Si}(\text{NEt}_2)_2-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{Si}(\text{NnPr}_2)_2-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{Si}(\text{NiPr}_2)_2-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{Si}(\text{NBu}_2)_2-]_n$ ；

- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{Si}(\text{NiBu}_2)_2-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{Si}(\text{NtBu}_2)_2-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{Si}(\text{NAm}_2)_2-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{Si}(\text{NCy 戊基}_2)_2-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{Si}(\text{N 己基}_2)_2-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{Si}(\text{NCyHex}_2)_2-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{Si}(\text{NMeH})_2-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{Si}(\text{NEtH})_2-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{Si}(\text{NnPrH})_2-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{Si}(\text{NiPrH})_2-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{Si}(\text{NBuH})_2-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{Si}(\text{NiBuH})_2-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{Si}(\text{NtBuH})_2-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{Si}(\text{NAmH})_2-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{Si}(\text{吡啶})_2-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{Si}(\text{吡咯})_2-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{Si}(\text{吡咯啶})_2-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{Si}(\text{咪唑})_2-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{Si}(\text{哌啶})_2-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{Si}(\text{嘧啶})_2-]_n$ ；
- R、R<sup>3</sup>以及R<sup>5</sup> = H；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{CH}_2=\text{CH}_2)-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{CH}_2=\text{CH}_2)-]_n$ ；

- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{CH}_2\text{-CH}_2\text{=CH}_2)-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{CH}_2\text{-CH}_2\text{=CH}_2)-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{NH}_2)-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NH}_2)-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{NMe}_2)-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NMe}_2)-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{NMeEt})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NMeEt})-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{NEt}_2)-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NEt}_2)-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{NnPr}_2)-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NnPr}_2)-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{NiPr}_2)-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NiPr}_2)-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{NBu}_2)-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NBu}_2)-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{NiBu}_2)-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NiBu}_2)-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{NtBu}_2)-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NtBu}_2)-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{NAm}_2)-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NAm}_2)-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{NCy 戊基}_2)-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NCy 戊基}_2)-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{N 己基}_2)-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{N 己基}_2)-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{NCyHex}_2)-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NCyHex}_2)-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{NMeH})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NMeH})-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{NEtH})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NEtH})-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{NnPrH})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NnPrH})-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{NiPrH})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NiPrH})-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{NBuH})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NBuH})-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{NiBuH})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NiBuH})-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{NtBuH})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NtBuH})-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{NAmH})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NAmH})-]_n$ ；

- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{吡啶})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{吡啶})-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{吡咯})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{吡咯})-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{吡咯啶})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{吡咯啶})-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{咪唑})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{咪唑})-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{哌啶})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{哌啶})-]_n$ ；
- 前驅物為 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{嘧啶})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{嘧啶})-]_n$ ；
- 形成含矽膜之組成物包含約略 0.1 莫耳%及約略 50 莫耳%之間的前驅物；
- 形成含矽膜之組成物包含約略 93%w/w 至約略 100%w/w 之間的前驅物；
- 形成含矽膜之組成物包含約略 99%w/w 至約略 100%w/w 之間的前驅物；
- 形成含矽膜之組成物包含約略 0 ppmw 及 200 ppmw 之間的 Cl；
- 形成含矽膜之組成物包含約略 0 ppmw 及 50 ppmw 之間的 Cl；
- 進一步包含溶劑；
- 溶劑係選自由 C<sub>1</sub>-C<sub>16</sub> 烴、THF、DMO、醚、吡啶、酮、酯、以及其組合組成之群；
- 溶劑為 C<sub>1</sub>-C<sub>16</sub> 飽和或不飽和烴；
- 溶劑為四氫呋喃(THF)；
- 溶劑為草酸二甲酯(DMO)；
- 溶劑為醚；
- 溶劑為吡啶；

- 溶劑為甲基異丁基酮；
- 溶劑為環己酮；
- 溶劑為乙醇；
- 溶劑為異丙醇；
- 進一步包含催化劑或自由基產生劑；
- 自由基產生劑為光起始劑，諸如苯酮、奎寧、或茂金屬；
- 進一步包含熱自由基起始劑，諸如過氧化物或包含 - N=N-單元的偶氮化合物；或
- 形成含矽膜之組成物包含約略 0 ppmw 及 100 ppb 之間的每一選自鹼金屬、鹼土金屬、Al、以及過渡金屬的金屬(如國際純化學和應用化學聯盟(IUPAC)定義)。

【0010】 也揭示將含矽層沉積在基材上的方法。將以上揭示任何形成含矽膜之組成物(但較佳為式(I))的蒸氣導入內部設置具有基材的反應器。使用氣相沉積方法將至少部分前驅物沉積至基材上以形成含矽層。所揭示方法可包括一或多種以下所述態樣：

- 將包含第二前驅物的蒸氣導入反應器；
- 第二前驅物，其包含選自由 2 族、13 族、14 族、過渡金屬、鑰系元素、以及其組合組成之群的元素；
- 該第二前驅物的元素係選自 B、Zr、Hf、Ti、Nb、V、Ta、Al、Si、Ge；
- 將共反應物導入反應器；
- 該共反應物係選自由 O<sub>2</sub>、O<sub>3</sub>、H<sub>2</sub>O、H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>、NO、NO<sub>2</sub>、羧酸、醇、

乙醇胺、其自由基、以及其組合組成之群；

- 該共反應物為經電漿處理的氧；
- 該共反應物為臭氧；
- 該含矽層為含有二氧化矽的層；
- 該共反應物為選自由以下組成之群：H<sub>2</sub>、NH<sub>3</sub>、(SiH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>N、氫化矽烷(諸如 SiH<sub>4</sub>、Si<sub>2</sub>H<sub>6</sub>、Si<sub>3</sub>H<sub>8</sub>、Si<sub>4</sub>H<sub>10</sub>、Si<sub>5</sub>H<sub>10</sub>、Si<sub>6</sub>H<sub>12</sub>)、氯矽烷以及氯聚矽烷(諸如 SiHCl<sub>3</sub>、SiH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>、SiH<sub>3</sub>Cl、Si<sub>2</sub>Cl<sub>6</sub>、Si<sub>2</sub>HCl<sub>5</sub>、Si<sub>3</sub>Cl<sub>8</sub>)、烷基矽烷(諸如 Me<sub>2</sub>SiH<sub>2</sub>、Et<sub>2</sub>SiH<sub>2</sub>、MeSiH<sub>3</sub>、EtSiH<sub>3</sub>)、聯胺(諸如 N<sub>2</sub>H<sub>4</sub>、MeHNNH<sub>2</sub>、MeHNNHMe)、有機胺(諸如 NMeH<sub>2</sub>、NEtH<sub>2</sub>、NMe<sub>2</sub>H、NEt<sub>2</sub>H、NMe<sub>3</sub>、NEt<sub>3</sub>、(SiMe<sub>3</sub>)<sub>2</sub>NH)、二胺(諸如乙二胺、二甲乙二胺、四甲乙二胺)、吡啶、吡啶、含 B 分子(諸如 B<sub>2</sub>H<sub>6</sub>、三甲基硼、三乙基硼、硼氮炔、經取代硼氮炔、二烷胺基硼烷)、烷基金屬(諸如三甲基鋁、三乙基鋁、二甲基鋅、二乙基鋅)、其自由基種類、以及其混合物。
- 該共反應物係選自由 H<sub>2</sub>、NH<sub>3</sub>、SiH<sub>4</sub>、Si<sub>2</sub>H<sub>6</sub>、Si<sub>3</sub>H<sub>8</sub>、SiH<sub>2</sub>Me<sub>2</sub>、SiH<sub>2</sub>Et<sub>2</sub>、N(SiH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>、其氫自由基、以及其混合物組成之群；
- 該共反應物為 HCDS 或 PCDS；
- 該共反應物為飽和或不飽和、直鏈、分支鏈或環烴；
- 該共反應物為乙烯；
- 該共反應物為乙炔；
- 該共反應物為丙烯；
- 該共反應物為異戊二烯；

- 該共反應物為環己烷；
- 該共反應物為環己烯；
- 該共反應物為環己二烯；
- 該共反應物為戊烯；
- 該共反應物為戊炔；
- 該共反應物為環戊烷；
- 該共反應物為丁二烯；
- 該共反應物為環丁烷；
- 該共反應物為萘品烯；
- 該共反應物為辛烷；
- 該共反應物為辛烯；
- 該氣相沉積方法為化學氣相沉積方法；
- 該氣相沉積方法為原子層沉積(ALD)方法；
- 該氣相沉積方法為空間隔離 ALD (spatial ALD)方法；
- 該氣相沉積方法為流動式化學氣相沉積方法(F-CVD)；
- 該含矽層為  $\text{SiO}_2$ ；
- 該含矽層為  $\text{SiC}$ ；
- 該含矽層為  $\text{SiN}$ ；
- 該含矽層為  $\text{SiON}$ ；
- 該含矽層為  $\text{SiOC}$ ；
- 該含矽層為  $\text{SiONC}$ ；
- 該含矽層為  $\text{SiBN}$ ；

- 該含矽層為 SiBCN；
- 該含矽層為 SiCN；
- 該含矽層為 SiMCO，其中 M 係選自 Zr、Hf、Ti、Nb、V、Ta、Al、Ge；或
- 進一步包含使該含矽層退火。

【0011】 也揭示使用所揭示前驅物在基材上形成含矽膜的方法。以上所揭示任何形成含矽膜之組成物(但較佳為式(II))與基材接觸，且含矽膜經由旋轉塗佈、噴霧塗佈、浸漬塗佈、或狹縫塗佈技術而形成含矽膜。所揭示方法可包括以下態樣：

- 形成含矽膜之組成物進一步包含溶劑，該溶劑係選自由 C<sub>5</sub>-C<sub>16</sub> 分支鏈、直鏈、飽和或不飽和烴；THF；DMO；醚；吡啶；酮；酯；以及其組合組成之群；
- 該溶劑為 C<sub>5</sub>-C<sub>16</sub> 飽和或不飽和烴；
- 該溶劑為醚；
- 該溶劑為甲基異丁基酮；
- 該溶劑為環己酮；
- 形成含矽膜之組成物進一步包含催化劑或自由基產生劑；
- 該自由基產生劑為光起始劑；
- 該自由基產生劑為苯酮；
- 該自由基產生劑為奎寧；
- 該自由基產生劑為茂金屬；
- 該自由基產生劑為熱自由基起始劑；



- 該自由基產生劑為過氧化物；
- 該自由基產生劑為包含 -N=N-單元的偶氮化合物；
- 該催化劑為路易士酸；
- 該催化劑為光酸產生劑；
- 該催化劑為矽氫化催化劑；
- 該路易士酸為三(五氟苯基)硼烷  $B(C_6F_5)_3$ ；
- 該路易士酸為衍生物；
- 該路易士酸為  $B(C_6F_5)_3$  與茂金屬化合物複合(complexation)形成的非配位性陰離子；
- 經由旋轉塗佈技術形成該含矽膜；
- 經由噴霧塗佈技術形成該含矽膜；
- 經由浸漬塗佈技術形成該含矽膜；
- 經由狹縫塗佈技術形成該含矽膜；
- 使含矽膜退火；
- 使該含矽膜 UV 硬化；
- 在反應環境下使含矽膜 UV 硬化以增進寡聚物的交聯；或
- 以雷射處理該含矽膜。

### 標號及命名

【0012】 以下詳細說明以及申請專利範圍使用一般為此技藝習知的數種縮寫、符號、以及用語。雖然一般而言定義係以每一個首字母縮略語提供，為了方便起見，表 1 提供縮寫、符號、以及用語的列表以及其個別定義。

表 1

a 或 an	一或大於一
約略或約	所述值±10%
LCD-TFT	液晶顯示器 - 薄膜電晶體
TFT	薄膜電晶體
MIM	金屬-絕緣層-金屬
DRAM	動態隨機存取記憶體
CVD	化學氣相沉積
LPCVD	低壓化學氣相沉積
PCVD	脈衝化學氣相沉積
SACVD	次大氣壓化學氣相沉積
PECVD	電漿增強化學氣相沉積
APCVD	大氣壓化學氣相沉積
HWCVD	熱絲化學氣相沉積
f-CVD	流動式化學氣相沉積
f-PECVD	流動式電漿增強化學氣相沉積
MOCVD	金屬有機化學氣相沉積
ALD	原子層沉積
空間隔離 ALD	空間隔離原子層沉積
HWALD	熱絲原子層沉積

PEALD	電漿增強原子層沉積
GCMS	氣相層析質譜
GPC	凝膠滲透層析
HCDS	六氯二矽烷( $\text{Si}_2\text{Cl}_6$ )
PCDS	五氯二矽烷( $\text{Si}_2\text{HCl}_5$ )
SRO	氧化鋇鈦
LAH	鋁氫化鋰 $\text{LiAlH}_4$
THF	四氫呋喃
Me	甲基
Et	乙基
iPr	異丙基
nPr	正丙基
iBu	異丁基
tBu	第三丁基

【0013】 本文使用元素周期表的元素標準縮寫。應理解元素為此等縮寫所指(例如 Si 指的是矽、N 指的是氮、O 指的是氧、C 指的是碳等)。

【0014】 如本文中所使用，術語「獨立地」當用於描述 R 之情形時應理解為表示標的 R 不僅相對於帶有相同或不同下標或上標之其他 R 獨立地選擇，而亦相對於任何其他種類之相同 R 獨立地選擇。舉例而言，在式  $\text{MR}^1_x(\text{NR}^2\text{R}^3)_{(4-x)}$  中，其中 x 為 2 或 3，兩個或三個  $\text{R}^1$  可（但無需）彼此相同或與  $\text{R}^2$  或  $\text{R}^3$  相同。此外，應理解除非以其他方式特定陳述，否則當用於不同式中時 R 之值彼此獨立。

【0015】 如本文所用，「**烴**」用語指的是只含有碳以及氫原子的飽和或不飽和官能基。如本文所用，「**烷基**」用語指的是只含有碳以及氫原子的飽和官能基。烷基為一種烴。進一步，「**烷基**」用語指的是直鏈、分支鏈、或環烷基。直鏈烷基實例包括而不限於甲基、乙基、丙基、丁基等。分支鏈烷基實例包括而不限於第三丁基。環烷基實例包括而不限於環丙基、環戊基、環己基等。

【0016】 如本文中所使用，「**芳基**」用語指芳環化合物，其中一個氫原子已自該環移除。

【0017】 如本文所用，「**雜環**」用語指的是環狀化合物，其具有至少二種不同元素(不包括 H)，諸如 C 以及 S 及/或 N 的原子作為其環員。

【0018】 如本文所用，「**碳矽氮烷(carbosilazane)**」用語指的是含有 Si、C、以及 N 原子以及至少一個 Si-N 鍵的直鏈、分支鏈、或環分子；

【0019】 如本文所用，首字母縮略語「**DSP**」代表二矽代丙烷(disilapropane)，更特別是  $\text{H}_3\text{Si}-\text{CH}_2-\text{SiH}_3$  或其配位基類似物  $-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{SiH}_3$  或其單體類似物  $-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{SiH}_2-$ ；首字母縮略語「**DSB**」代表二矽代丁烷(disilabutane)，更特別的是  $\text{H}_3\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_3$  或其配位基類似物  $-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_3$  或其單體類似物  $-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_2-$ ；以及縮寫「**HNDSP2**」、「**RNDSP2**」、「**NDSP3**」、「**HNDSB2**」、「**RNDSB2**」，以及「**NDSB3**」分別代表  $\text{HN}(\text{DSP})_2$ 、 $\text{RN}(\text{DSP})_2$ 、 $\text{N}(\text{DSP})_3$ 、 $\text{HN}(\text{DSB})_2$ 、 $\text{RN}(\text{DSB})_2$ 、以及  $\text{N}(\text{DSB})_3$ ，其中 R 為所定義者。

【0020】 如本文中所使用，縮寫「**Me**」指甲基；縮寫「**Et**」指乙基；縮寫「**Pr**」指任何丙基（亦即，正丙基或異丙基）；縮寫「**iPr**」指異丙基；

縮寫「Bu」指任何丁基(正丁基、異丁基、第三丁基、第二丁基);縮寫「tBu」指第三丁基;縮寫「sBu」指第二丁基;縮寫「iBu」指異丁基;縮寫「Ph」指苯基;縮寫「Am」指任何戊基(異戊基、第二戊基、第三戊基);縮寫「Cy」指環烴基(環丁基、環戊基、環己基等)。

**【0021】** 如本文所用,「無鹵素」用語意義為 X 為 0 ppmw 至 1000 ppmw、較佳 0 ppmw 至 500 ppmw、以及更佳 0 ppmw 至 100 ppmw 之範圍,其中 X =Cl、Br、或 I)。

**【0022】** 本文中使用的來自元素週期表之元素的標準縮寫。應理解,可藉由此等縮寫來指代元素(例如 Si 指矽, N 指氮, O 指氧, C 指碳等)。

**【0023】** 請留意說明書以及申請專利範圍全中所列沉積的膜或層,諸如氧化矽,不參考其適當化學計量(亦即  $\text{SiO}_2$ )。該層可以包括純(Si)層、矽化物( $\text{M}_o\text{Si}_p$ )層、碳化物( $\text{Si}_o\text{C}_p$ )層、氮化物( $\text{Si}_k\text{N}_l$ )層、氧化物( $\text{Si}_n\text{O}_m$ )層、或其混合物;其中 M 為元素且 k、l、m、n、o、以及 p 包括 1 至 6 的範圍。例如,矽化鈷為  $\text{Co}_k\text{Si}_l$ ,其中 k 以及 l 每一個為 0.5 至 5 的範圍。同樣的,任何參考層也可包括氧化矽層  $\text{Si}_n\text{O}_m$ 、其中 n 為 0.5 至 1.5 的範圍以及 m 為 1.5 至 3.5 的範圍。更佳者,氧化矽層為  $\text{SiO}_2$ 。氧化矽層可為基於氧化矽的介電材料,諸如基於有機物或基於氧化矽的低-k 介電材料,諸如應用材料公司(Applied Materials, Inc)的 Black Diamond II 或 III 材料。可替代的,任何參考含矽層可以為純矽。任何含矽層也可以包括摻雜劑,諸如 B、C、P、As 及/或 Ge。

**【0024】** 本文所述任何以及所有範圍包括其端點(亦即, x=1 至 4 包括 x=1、x=4、以及 x=任何在其中間的數目值),無論是否使用「包括性」用語。

### **【圖式簡單說明】**

【0025】 為進一步理解本發明之本質及目的，應結合附圖參考以下詳細敘述，其中如元件被賦予相同或類似元件符號，且其中：

圖 1 為示範性沉積方法的流程圖；

圖 2 為藉由無鹵素合成路徑產生的 NDSP2 以及 NDSP3 混合物之最終產物 GCMS 層析圖；

圖 3 為在分餾之第 1 餾分之後藉無鹵素合成路徑產生的 NDSP2 以及 NDSP3 混合物之最終產物之 GCMS 層析圖；

圖 4 為在分餾之第 2 餾分之後藉無鹵素合成路徑產生的 NDSP3 以及 HNDSP2 混合物之 GCMS 層析圖；

圖 5 為在移除藉無鹵素合成路徑產生的 HNDSP2 以及 NDSP3 之後的無色黏性油之 GCMS 層析圖；

圖 6a 以及 6b 為藉由涉及鹵素合成路徑選擇性產生的 NDSP2 最終產物之 GCMS 層析圖，在室溫下 16 小時後所取最終產物(圖 6a)以及在室溫下 8 週後所取最終產物(圖 6b)；以及

圖 7 為顯示分子量對分子量分佈多分散性的膠體滲透層析圖。

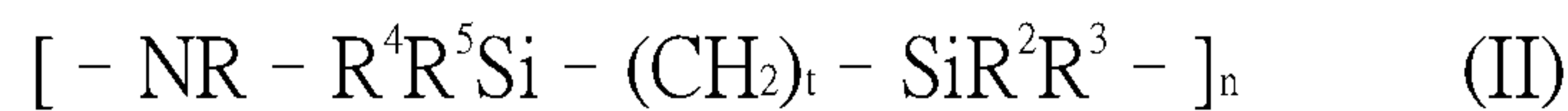
### 【實施方式】

【0026】 揭示的形成含矽膜之組成物包含碳矽氮烷或聚碳矽氮烷(或聚有機矽氮烷)前驅物。也揭示合成碳矽氮烷或聚碳矽氮烷前驅物的方法以及使用彼等沉積含矽膜用於製造半導體的方法。

【0027】 所揭示前驅物具有下式：



或具有下式的單元：



其中  $a = 0$  至  $1$ ； $m = 1$  至  $4$ ； $t = 1$  至  $4$ ； $n = 2$  至  $400$ ；

$R^1$ 、 $R^2$ 、 $R^3$ 、 $R^4$ 、以及  $R^5$  獨立地為 H、烴基(C<sub>1</sub>至 C<sub>6</sub>)、或具有式 NR''<sub>2</sub> 的烷胺基且及每一個 R'' 獨立地為 H、C<sub>1</sub>-C<sub>6</sub> 烴基、C<sub>6</sub>-C<sub>12</sub> 芳基、或 NR''<sub>2</sub> 形成環胺基，且其限制條件為  $R^1$ 、 $R^2$ 、 $R^3$ 、 $R^4$ 、以及  $R^5$  中至少一者為 H；以及 R 為 H；C<sub>1</sub>-C<sub>6</sub> 烴基；具有式 Si<sub>x</sub>R'<sub>2x+1</sub> 的矽基，其中  $x = 1$  至  $4$  且每一個 R' 獨立地=H、C<sub>1</sub>-C<sub>6</sub> 烴基、或具有式 NR''<sub>2</sub> 的烷胺基且每一個 R'' 獨立地為 H、C<sub>1</sub>-C<sub>6</sub> 基、C<sub>6</sub>-C<sub>12</sub> 芳基、或 NR''<sub>2</sub> 形成環胺基；或  $R^1 R^2 R^3 Si(CH_2)_b SiR^4 R^5$  基，其中  $b = 1$  至  $2$  且  $R^1$ 、 $R^2$ 、 $R^3$ 、 $R^4$ 、以及  $R^5$  獨立地為 H、C<sub>1</sub>-C<sub>6</sub> 烴基、C<sub>6</sub>-C<sub>12</sub> 芳基、或具有式 NR''<sub>2</sub> 的烷胺基且每一個 R'' 獨立地為 H、C<sub>1</sub>-C<sub>6</sub> 基、C<sub>6</sub>-C<sub>12</sub> 芳基、或 NR''<sub>2</sub> 形成環胺基；且其限制條件為  $R^1$ 、 $R^2$ 、 $R^3$ 、 $R^4$ 、以及  $R^5$  中至少一者為 H。較佳者， $m=1$  至  $2$  且  $t=1$  至  $2$ 。烷胺基的 R'' 可經連接而在 N 原子上形成環鏈。舉例而言，NR''<sub>2</sub> 可形成吡啶、吡咯、吡咯啉、或咪唑環結構。當前驅物在式(I)中含有 6 個 H(亦即，R、 $R^1$ 、 $R^2$ 、 $R^3$ 、 $R^4$  以及  $R^5$  每一個獨立地為 H)或在式(II)中每一個 N-Si-C-Si 或 N-Si-C-C-Si 骨架單元含有 5 個 H(亦即，R、 $R^2$ 、 $R^3$ 、 $R^4$  以及  $R^5$  每一個獨立地為 H)，前驅物可具有改良揮發性。

**【0028】** 式(I)以及(II)顯示所揭示前驅物提供製造形成含矽膜之組成物的彈性，該組成物視應用而定特定地具有一種元素重量多於其餘元素重量。舉例而言，如果膜中以更多 Si 較佳，R 可為具有式 Si<sub>x</sub>H<sub>2x+1</sub> ( $x=1$  至  $4$ ) 的矽烷或  $R^1 R^2 R^3 Si(CH_2)_b SiR^4 R^5$  基，其中  $b = 1$  至  $2$ 。如果膜中以更多 N 較佳，R、 $R^1$ 、 $R^2$ 、 $R^3$ 、 $R^4$ 、以及  $R^5$  每一個獨立地為具有式 NR''<sub>2</sub> 的烷胺基。

如果膜中以更多 C 較佳，R、R<sup>1</sup>、R<sup>2</sup>、R<sup>3</sup>、R<sup>4</sup>、以及 R<sup>5</sup> 可為烴基(C1 至 C12) 或在骨架單元中形成長碳連接鏈，諸如 N-Si-C<sub>c</sub>-Si(c = 1 至 2)。

【0029】 所揭示前驅物不含矽-鹵素鍵是很重要的，因為鹵素可能損害基材內其它層(例如低 k 層、銅互連層等)。所揭示形成含矽膜之組成物為無鹵素且能夠在半導體裝置、半導體元件、電子元件以及層狀材料之上形成全域平面化、熱穩定性以及黏著性介電層以及其它似介電層或材料。

【0030】 揭示的前驅物可含有一或二個直接鍵結至 Si 原子的氫原子。所揭示前驅物的 Si-H 鍵可有助於提供相較於類似含矽-鹵素前驅物在 ALD 方法中每個循環更大的成長率，這是因為 H 原子占據較少表面積而造成基材表面更多分子的緣故。含有 SiH 鍵(亦即，氫化物官能基)可能產生較小的立體位阻效應，相較於不含有 SiH 鍵的前驅物，此可提供前驅物對基材較高反應性。此等 Si-H 鍵可有助於增加前驅物的揮發性，這對氣相沉積方法是重要的。結果，對氣相沉積方法而言，所揭示式(I)前驅物中，R<sup>1</sup>、R<sup>2</sup>、或 R<sup>3</sup> 中至少一者較佳 = H 且 R<sup>4</sup> 或 R<sup>5</sup> 中至少一者較佳 = H。

【0031】 揭示的前驅物可含有一、二或三個直接鍵結於 Si 原子的胺基。此等 Si-N 鍵可有助於增加前驅物熱穩定性，這對氣相沉積方法也很重要。胺基也可有助於將 N 以及 C 原子併入所得膜中，可使所得膜對任何後續蝕刻方法更具耐受性。

【0032】 一般技藝人士會理解，Si-H 鍵提供的揮發性直接與胺基提供的熱穩定性競爭。申請人相信，至少 HN(SiH(NiPr<sub>2</sub>)-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 以及 HN(SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>2</sub>(NiPr<sub>2</sub>))<sub>2</sub> 會成功地使該競爭性質達成平衡。

【0033】 一般技藝人士會理解，其中 m=1 的具體實例可產生具有較



高揮發性以及較低熔點的前驅物，適合用於氣相沉積。當所得含矽膜也含有碳，其中  $m=2$  的具體實例也適合用於氣相沉積。其中  $m=3$  或  $t=1-3$  的具體實例可適合用於鑄造沉積方法，諸如旋塗或浸漬塗佈。

【0034】 一些所揭示形成含矽膜之組成物具有適合用於氣相沉積方法的性質，諸如高蒸氣壓、低熔點(較佳在室溫下為液體形式)、低昇華點、以及高熱穩定性。形成含矽膜之組成物較佳在產生 1-5 Torr 蒸氣壓溫度下係穩定的。適合氣相沉積的所揭示形成含矽膜之組成物中的碳矽氮烷或聚碳矽氮烷(或聚有機矽氮烷)前驅物典型地具有約略 150 至約略 600、較佳約略 200 至約略 400 範圍的分子量。

【0035】 一些所揭示形成含矽膜之組成物具有適合用於旋轉塗佈、噴霧塗佈、浸漬塗佈、或狹縫塗佈方法的性質，諸如低蒸氣壓、低熔點(較佳在室溫下為液體形式)、以及在習用塗佈方法的優良溶解度。適合用於此等沉積技術的所揭示形成含矽膜之組成物中碳矽氮烷或聚碳矽氮烷(或聚有機矽氮烷)前驅物典型地具有分子量約略 500 至約略 1,000,000、較佳約略 1,000 至約略 100,000、以及更佳 3,000 至 50,000 範圍的分子量。

【0036】 當  $a=0$ ，式(I)呈現的所揭示碳矽氮烷前驅物具有下式：



【0037】 當  $m = 1$ 、以及  $\text{R}^1$ 、 $\text{R}^2$ 、 $\text{R}^3$ 、 $\text{R}^4$  以及  $\text{R}^5 = \text{H}$  時，所揭示式(III)代表的前驅物為三(1,3-二矽代丙烷)胺 $[N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_3$  或 NDSP3]。如以下實例所示，至少部分因為以上討論關於 SiH 鍵以及低分子量的好處之故，此液體前驅物適合用於氣相沉積應用。

【0038】 式(III)中所呈現的示範性前驅物(其中  $m = 1$ ， $\text{R}^1$ 、 $\text{R}^2$ 、 $\text{R}^3$  以

及  $R^4 = H$ ) 包括，但不限於  $N(\text{SiH}(\text{CH}_2=\text{CH})-\text{CH}_2-\text{SiH}_3)_3$ 、  
 $N(\text{SiH}(\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2)-\text{CH}_2-\text{SiH}_3)_3$ 、 $N(\text{SiH}(\text{NH}_2)-\text{CH}_2-\text{SiH}_3)_3$ 、  
 $N(\text{SiH}(\text{NMe}_2)-\text{CH}_2-\text{SiH}_3)_3$ 、 $N(\text{SiH}(\text{NMeEt})-\text{CH}_2-\text{SiH}_3)_3$ 、 $N(\text{SiH}(\text{NEt}_2)-\text{CH}_2-\text{SiH}_3)_3$ 、  
 $N(\text{SiH}(\text{NnPr}_2)-\text{CH}_2-\text{SiH}_3)_3$ 、 $N(\text{SiH}(\text{NiPr}_2)-\text{CH}_2-\text{SiH}_3)_3$ 、 $N(\text{SiH}(\text{NBu}_2)-\text{CH}_2-\text{SiH}_3)_3$ 、  
 $N(\text{SiH}(\text{NiBu}_2)-\text{CH}_2-\text{SiH}_3)_3$ 、 $N(\text{SiH}(\text{NtBu}_2)-\text{CH}_2-\text{SiH}_3)_3$ 、 $N(\text{SiH}(\text{NAm}_2)-\text{CH}_2-\text{SiH}_3)_3$ 、  
 $N(\text{SiH}(\text{NCy 戊基}_2)-\text{CH}_2-\text{SiH}_3)_3$ 、 $N(\text{SiH}(\text{N 己基}_2)-\text{CH}_2-\text{SiH}_3)_3$ 、  
 $N(\text{SiH}(\text{NCyHex}_2)-\text{CH}_2-\text{SiH}_3)_3$ 、 $N(\text{SiH}(\text{NMeH})-\text{CH}_2-\text{SiH}_3)_3$ 、  
 $N(\text{SiH}(\text{NEtH})-\text{CH}_2-\text{SiH}_3)_3$ 、 $N(\text{SiH}(\text{NnPrH})-\text{CH}_2-\text{SiH}_3)_3$ 、  
 $N(\text{SiH}(\text{NiPrH})-\text{CH}_2-\text{SiH}_3)_3$ 、 $N(\text{SiH}(\text{NBuH})-\text{CH}_2-\text{SiH}_3)_3$ 、  
 $N(\text{SiH}(\text{NiBuH})-\text{CH}_2-\text{SiH}_3)_3$ 、 $N(\text{SiH}(\text{NtBuH})-\text{CH}_2-\text{SiH}_3)_3$ 、  
 $N(\text{SiH}(\text{NAmH})-\text{CH}_2-\text{SiH}_3)_3$ 、 $N(\text{SiH}(\text{吡啶})-\text{CH}_2-\text{SiH}_3)_3$ 、 $N(\text{SiH}(\text{吡咯})-\text{CH}_2-\text{SiH}_3)_3$ 、  
 $N(\text{SiH}(\text{吡咯啉})-\text{CH}_2-\text{SiH}_3)_3$ 、以及  $N(\text{SiH}(\text{咪唑})-\text{CH}_2-\text{SiH}_3)_3$ 。

【0039】 式(III)所呈現的示範性前驅物(其中  $m = 1$ ， $R^2$ 、 $R^3$ 、 $R^4$  以及  $R^5 = H$ ) 包括，但不限於  $N(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{CH}_2=\text{CH}))_3$ 、

$N(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2))_3$ 、 $N(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{NH}_2))_3$ 、  
 $N(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{NMe}_2))_3$ 、 $N(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{NMeEt}))_3$ 、  
 $N(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{NEt}_2))_3$ 、 $N(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{NnPr}_2))_3$ 、 $N(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{NiPr}_2))_3$ 、  
 $N(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{NBu}_2))_3$ 、 $N(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{NiBu}_2))_3$ 、  
 $N(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{NtBu}_2))_3$ 、 $N(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{NAm}_2))_3$ 、 $N(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{NCy 戊基}_2))_3$ 、  
 $N(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{N 己基}_2))_3$ 、 $N(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{NCyHex}_2))_3$ 、  
 $N(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{NMeH}))_3$ 、 $N(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{NEtH}))_3$ 、  
 $N(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{NnPrH}))_3$ 、 $N(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{NiPrH}))_3$ 、

$N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NBuH}))_3$ 、 $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NiBuH}))_3$ 、  
 $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NtBuH}))_3$ 、 $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NAmH}))_3$ 、 $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{吡啶}))_3$ 、 $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{吡咯}))_3$ 、 $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{吡咯啉}))_3$ 、以及  
 $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{咪唑}))_3$ 。至少部分因為以上討論關於 SiH 鍵以及低分子量的好處之故，此等前驅物適合用於氣相沉積。末端胺基配位基也可對所得膜提供改良的熱穩定性、以及額外的 N 以及/或 C 來源。

【0040】 式(III)所呈現的示範性前驅物(其中  $m = 1$ 、 $R^1$ 、 $R^2$  以及  $R^3 = \text{H}$ ) 包括但不限於  $N(\text{Si}(\text{CH}_2=\text{CH})_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_3$ 、 $N(\text{Si}(\text{CH}_2=\text{CH-CH}_2)_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_3$ 、  
 $N(\text{Si}(\text{NH}_2)_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_3$ 、 $N(\text{Si}(\text{NMe}_2)_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_3$ 、 $N(\text{Si}(\text{NMeEt})_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_3$ 、  
 $N(\text{SiNEt}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_3$ 、 $N(\text{Si}(\text{NnPr}_2)_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_3$ 、 $N(\text{Si}(\text{NiPr}_2)_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_3$ 、  
 $N(\text{Si}(\text{NBu}_2)_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_3$ 、 $N(\text{Si}(\text{NiBu}_2)_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_3$ 、 $N(\text{Si}(\text{NtBu}_2)_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_3$ 、  
 $N(\text{Si}(\text{NAm}_2)_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_3$ 、 $N(\text{Si}(\text{NCy 戊基}_2)_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_3$ 、 $N(\text{Si}(\text{N 己基}_2)_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_3$ 、  
 $N(\text{Si}(\text{NCy 己基}_2)_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_3$ 、 $N(\text{Si}(\text{NMeH})_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_3$ 、  
 $N(\text{Si}(\text{NEtH})_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_3$ 、 $N(\text{Si}(\text{NnPrH})_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_3$ 、 $N(\text{Si}(\text{NiPrH})_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_3$ 、  
 $N(\text{Si}(\text{NBuH})_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_3$ 、 $N(\text{Si}(\text{NiBuH})_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_3$ 、 $N(\text{Si}(\text{NtBuH})_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_3$ 、  
 $N(\text{Si}(\text{NAmH})_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_3$ 、 $N(\text{Si}(\text{吡啶})_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_3$ 、 $N(\text{Si}(\text{吡咯})_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_3$ 、  
 $N(\text{Si}(\text{吡咯啉})_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_3$ 、以及  $N(\text{Si}(\text{咪唑})_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_3$ 。

【0041】 式(III)所呈現的示範性前驅物(其中  $m = 1$ 、 $R^2$ 、 $R^3$  以及  $R^4 = \text{H}$ ) 包括但不限於  $N(\text{SiH}(\text{CH}_2=\text{CH})\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{CH}_2=\text{CH}))_3$ 、  
 $N(\text{SiH}(\text{CH}_2=\text{CH-CH}_2)\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{CH}_2=\text{CH-CH}_2))_3$ 、 $N(\text{SiH}(\text{NH}_2)\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NH}_2))_3$ 、  
 $N(\text{SiH}(\text{NMe}_2)\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NMe}_2))_3$ 、 $N(\text{SiH}(\text{NMeEt})\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NMeEt}))_3$ 、  
 $N(\text{SiH}(\text{NEt}_2)\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NEt}_2))_3$ 、 $N(\text{SiH}(\text{NnPr}_2)\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NnPr}_2))_3$ 、

$N(\text{SiH}(\text{NiPr}_2)\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NiPr}_2))_3$ 、 $N(\text{SiH}(\text{NBu}_2)\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NBu}_2))_3$ 、  
 $N(\text{SiH}(\text{NiBu}_2)\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NiBu}_2))_3$ 、 $N(\text{SiH}(\text{NtBu}_2)\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NtBu}_2))_3$ 、  
 $N(\text{SiH}(\text{NAm}_2)\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NAm}_2))_3$ 、 $N(\text{SiH}(\text{NCy 戊基}_2)\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NCy 戊基}_2))_3$ 、  
 $N(\text{SiH}(\text{N 己基}_2)\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{N 己基}_2))_3$ 、 $N(\text{SiH}(\text{NCy 己基}_2)\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NCy 己基}_2))_3$ 、  
 $N(\text{SiH}(\text{NMeH})\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NMeH}))_3$ 、 $N(\text{SiH}(\text{NEtH})\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NEtH}))_3$ 、  
 $N(\text{SiH}(\text{NnPrH})\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NnPrH}))_3$ 、 $N(\text{SiH}(\text{NiPrH})\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NiPrH}))_3$ 、  
 $N(\text{SiH}(\text{NBuH})\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NBuH}))_3$ 、 $N(\text{SiH}(\text{NiBuH})\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NiBuH}))_3$ 、  
 $N(\text{SiH}(\text{NtBuH})\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NtBuH}))_3$ 、 $N(\text{SiH}(\text{NAmH})\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NAmH}))_3$ 、  
 $N(\text{SiH}(\text{吡啶})\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{吡啶}))_3$ 、 $N(\text{SiH}(\text{吡咯})\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{吡咯}))_3$ 、 $N(\text{SiH}(\text{吡咯}$   
 $\text{啶})\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{吡咯啶}))_3$ 、以及  $N(\text{SiH}(\text{咪唑})\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{咪唑}))_3$ 。

**【0042】** 式(III)所呈現的示範性前驅物(其中  $m = 1$ 、 $R^3$ 、 $R^4$  以及  $R^5 = \text{H}$ )  
 包括但不限於  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{CH}_2=\text{CH}))_3$ 、 $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{CH}_2=\text{CH-CH}_2))_3$ 、  
 $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NH}_2)_2)_3$ 、 $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NMe}_2)_2)_3$ 、  
 $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NMeEt})_2)_3$ 、 $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NEt}_2)_2)_3$ 、  
 $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NnPr}_2)_2)_3$ 、 $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NiPr}_2)_2)_3$ 、 $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NBu}_2)_2)_3$ 、  
 $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NiBu}_2)_2)_3$ 、 $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NtBu}_2)_2)_3$ 、  
 $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NAm}_2)_2)_3$ 、 $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NCy 戊基}_2)_2)_3$ 、 $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{N 己基}_2)_2)_3$ 、  
 $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NCy 己基}_2)_2)_3$ 、 $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NMeH})_2)_3$ 、  
 $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NEtH})_2)_3$ 、 $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NnPrH})_2)_3$ 、  
 $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NiPrH})_2)_3$ 、 $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NBuH})_2)_3$ 、  
 $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NiBuH})_2)_3$ 、 $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NtBuH})_2)_3$ 、  
 $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NAmH})_2)_3$ 、 $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{吡啶})_2)_3$ 、 $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{吡$

咯)<sub>2</sub>)<sub>3</sub>、N(SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH(吡咯啉)<sub>2</sub>)<sub>3</sub>、以及 N(SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH(咪唑)<sub>2</sub>)<sub>3</sub>。至少部分基於以上討論關於 SiH 鍵的好處之故，此等前驅物可適合用於氣相沉積或塗佈應用。末端胺基配位基也可對所得膜提供改良熱穩定性、以及額外的 N 及/或 C 來源。最後，所列具有較低的分子量以及較高蒸氣壓的前驅物較適合用於氣相沉積技術，而該等具有較高分子量者較佳適合用於塗佈技術。

【0043】 式(III)所呈現的示範性前驅物(其中  $m = 1$ ， $R^4$  以及  $R^5 = H$ )包括但不限於 N(SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-Si(CH<sub>2</sub>=CH)<sub>3</sub>)<sub>3</sub>、N(SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-Si(CH<sub>2</sub>=CH-CH<sub>2</sub>)<sub>3</sub>)<sub>3</sub>、N(SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-Si(NH<sub>2</sub>)<sub>3</sub>)<sub>3</sub>、N(SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-Si(NMe<sub>2</sub>)<sub>3</sub>)<sub>3</sub>、N(SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-Si(NMeEt)<sub>3</sub>)<sub>3</sub>、N(SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-Si(NEt<sub>2</sub>)<sub>3</sub>)<sub>3</sub>、N(SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-Si(NnPr<sub>2</sub>)<sub>3</sub>)<sub>3</sub>、N(SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-Si(NiPr<sub>2</sub>)<sub>3</sub>)<sub>3</sub>、N(SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-Si(NBu<sub>2</sub>)<sub>3</sub>)<sub>3</sub>、N(SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-Si(NiBu<sub>2</sub>)<sub>3</sub>)<sub>3</sub>、N(SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-Si(NtBu<sub>2</sub>)<sub>3</sub>)<sub>3</sub>、N(SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-Si(NAm<sub>2</sub>)<sub>3</sub>)<sub>3</sub>、N(SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-Si(NCy 戊基<sub>2</sub>)<sub>3</sub>)<sub>3</sub>、N(SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-Si(N 己基<sub>2</sub>)<sub>3</sub>)<sub>3</sub>、N(SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-Si(NCy 己基<sub>2</sub>)<sub>3</sub>)<sub>3</sub>、N(SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-Si(NMeH)<sub>3</sub>)<sub>3</sub>、N(SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-Si(NEtH)<sub>3</sub>)<sub>3</sub>、N(SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-Si(NnPrH)<sub>3</sub>)<sub>3</sub>、N(SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-Si(NiPrH)<sub>3</sub>)<sub>3</sub>、N(SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-Si(NBuH)<sub>3</sub>)<sub>3</sub>、N(SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-Si(NiBuH)<sub>3</sub>)<sub>3</sub>、N(SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-Si(NtBuH)<sub>3</sub>)<sub>3</sub>、N(SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-Si(NAmH)<sub>3</sub>)<sub>3</sub>、N(SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-Si(吡啶)<sub>3</sub>)<sub>3</sub>、N(SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-Si(吡咯)<sub>3</sub>)<sub>3</sub>、N(SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-Si(吡咯啉)<sub>3</sub>)<sub>3</sub>、以及 N(SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-Si(咪唑)<sub>3</sub>)<sub>3</sub>。至少部分基於以上討論關於 SiH 鍵的好處之故，此等前驅物可適合用於氣相沉積或塗佈應用。末端胺基配位基也可對所得膜提供改良熱穩定性、以及額外的 N 及/或 C 來源。最後，所列具有較低分子量以及較高蒸氣壓的前驅物較佳適合用於氣相沉積技術，而該等具有較高分子量者較佳適合用於塗佈技術。

【0044】 當  $m = 2$ ， $R^1$ 、 $R^2$ 、 $R^3$ 、 $R^4$  以及  $R^5 = H$ ，所揭示碳矽氫烷前驅物為三(1,4-二矽代丁烷)胺[N(SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>3</sub>)<sub>3</sub> or NDSB3]。至少部分基於以

上討論關於 SiH 鍵以及低分子量的好處之故，此液體前驅物適合用於氣相沉積。

【0045】 式(III)所呈現的示範性前驅物(其中  $m = 2$ ， $R^1$ 、 $R^2$ 、 $R^3$  以及  $R^4 = H$ )包括但不限於  $N(\text{SiH}(\text{CH}_2=\text{CH})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_3)_3$ 、  
 $N(\text{SiH}(\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2)-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_3)_3$ 、 $N(\text{SiH}(\text{NH}_2)-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_3)_3$ 、  
 $N(\text{SiH}(\text{NMe}_2)-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_3)_3$ 、 $N(\text{SiH}(\text{NMeEt})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_3)_3$ 、  
 $N(\text{SiH}(\text{NEt}_2)-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_3)_3$ 、 $N(\text{SiH}(\text{NnPr}_2)-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_3)_3$ 、  
 $N(\text{SiH}(\text{NiPr}_2)-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_3)_3$ 、 $N(\text{SiH}(\text{NBu}_2)-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_3)_3$ 、  
 $N(\text{SiH}(\text{NiBu}_2)-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_3)_3$ 、 $N(\text{SiH}(\text{NtBu}_2)-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_3)_3$ 、  
 $N(\text{SiH}(\text{NAm}_2)-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_3)_3$ 、 $N(\text{SiH}(\text{NCy 戊基}_2)-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_3)_3$ 、 $N(\text{SiH}(\text{N 己基}_2)-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_3)_3$ 、  
 $N(\text{SiH}(\text{NCy 己基}_2)-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_3)_3$ 、  
 $N(\text{SiH}(\text{NMeH})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_3)_3$ 、 $N(\text{SiH}(\text{NEtH})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_3)_3$ 、  
 $N(\text{SiH}(\text{NnPrH})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_3)_3$ 、 $N(\text{SiH}(\text{NiPrH})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_3)_3$ 、  
 $N(\text{SiH}(\text{NBuH})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_3)_3$ 、 $N(\text{SiH}(\text{NiBuH})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_3)_3$ 、  
 $N(\text{SiH}(\text{NtBuH})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_3)_3$ 、 $N(\text{SiH}(\text{NAmH})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_3)_3$ 、 $N(\text{SiH}(\text{吡啶})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_3)_3$ 、  
 $N(\text{SiH}(\text{吡咯})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_3)_3$ 、 $N(\text{SiH}(\text{吡咯啉})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_3)_3$ 、以及  $N(\text{SiH}(\text{咪唑})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_3)_3$ 。

【0046】 式(III)所呈現的示範性前驅物(其中  $m = 2$ ， $R^2$ 、 $R^3$ 、 $R^4$  以及  $R^5 = H$ )包括但不限於  $N(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{CH}_2=\text{CH}))_3$ 、  
 $N(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2))_3$ 、 $N(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{NH}_2))_3$ 、  
 $N(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{NMe}_2))_3$ 、 $N(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{NMeEt}))_3$ 、  
 $N(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{NEt}_2))_3$ 、 $N(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{NnPr}_2))_3$ 、

$N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NiPr}_2))_3$ 、 $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NBu}_2))_3$ 、  
 $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NiBu}_2))_3$ 、 $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NtBu}_2))_3$ 、  
 $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NAm}_2))_3$ 、 $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NCy 戊基}_2))_3$ 、  
 $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{N 己基}_2))_3$ 、 $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NCy 己基}_2))_3$ 、  
 $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NMeH}))_3$ 、 $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NEtH}))_3$ 、  
 $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NnPrH}))_3$ 、 $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NiPrH}))_3$ 、  
 $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NBuH}))_3$ 、 $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NiBuH}))_3$ 、  
 $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NtBuH}))_3$ 、 $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NAmH}))_3$ 、  
 $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{吡啶}))_3$ 、 $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{吡咯}))_3$ 、  
 $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{吡咯啉}))_3$ 、以及  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{咪唑}))_3$ 。至少部分  
 基於以上討論關於 SiH 鍵以及低分子量的好處，此等前驅物可適合用於氣  
 相沉積應用。末端胺基配位基也可對所得膜提供改良熱穩定性、以及額外  
 的 N 及/或 C 來源。

**【0047】** 式(III)代表的示範性前驅物(其中  $m = 2$ ， $R^1$ 、 $R^2$  以及  $R^3 = \text{H}$ )  
 其包括但不限於  $N(\text{Si}(\text{CH}_2=\text{CH})_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_3$ 、  
 $N(\text{Si}(\text{CH}_2=\text{CH-CH}_2)_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_3$ 、 $N(\text{Si}(\text{NH}_2)_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_3$ 、  
 $N(\text{Si}(\text{NMe}_2)_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_3$ 、 $N(\text{Si}(\text{NMeEt})_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_3$ 、  
 $N(\text{SiNEt}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_3$ 、 $N(\text{Si}(\text{NnPr}_2)_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_3$ 、  
 $N(\text{Si}(\text{NiPr}_2)_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_3$ 、 $N(\text{Si}(\text{NBu}_2)_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_3$ 、  
 $N(\text{Si}(\text{NiBu}_2)_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_3$ 、 $N(\text{Si}(\text{NtBu}_2)_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_3$ 、  
 $N(\text{Si}(\text{NAm}_2)_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_3$ 、 $N(\text{Si}(\text{NCy 戊基}_2)_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_3$ 、 $N(\text{Si}(\text{N 己基}_2)_2$   
 $\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_3$ 、 $N(\text{Si}(\text{NCy 己基}_2)_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_3$ 、

$N(\text{Si}(\text{NMeH})_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_3$ 、 $N(\text{Si}(\text{NEtH})_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_3$ 、  
 $N(\text{Si}(\text{NnPrH})_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_3$ 、 $N(\text{Si}(\text{NiPrH})_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_3$ 、  
 $N(\text{Si}(\text{NBuH})_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_3$ 、 $N(\text{Si}(\text{NiBuH})_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_3$ 、  
 $N(\text{Si}(\text{NtBuH})_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_3$ 、 $N(\text{Si}(\text{NAmH})_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_3$ 、 $N(\text{Si}(\text{吡啶})_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_3$ 、 $N(\text{Si}(\text{吡咯})_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_3$ 、 $N(\text{Si}(\text{吡咯啉})_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_3$ 、以及  $N(\text{Si}(\text{咪唑})_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_3$ 。

**【0048】** 式(III)所呈現的示範性前驅物(其中  $m = 2$ ,  $R^2$ 、 $R^3$  以及  $R^4 = \text{H}$ )  
 包括但不限於  $N(\text{SiH}(\text{CH}_2=\text{CH})\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{CH}_2=\text{CH}))_3$ 、  
 $N(\text{SiH}(\text{CH}_2=\text{CH-CH}_2)\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{CH}_2=\text{CH-CH}_2))_3$ 、  
 $N(\text{SiH}(\text{NH}_2)\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NH}_2))_3$ 、 $N(\text{SiH}(\text{NMe}_2)\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NMe}_2))_3$ 、  
 $N(\text{SiH}(\text{NMeEt})\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NMeEt}))_3$ 、 $N(\text{SiH}(\text{NEt}_2)\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NEt}_2))_3$ 、  
 $N(\text{SiH}(\text{NnPr}_2)\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NnPr}_2))_3$ 、 $N(\text{SiH}(\text{NiPr}_2)\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NiPr}_2))_3$ 、  
 $N(\text{SiH}(\text{NBu}_2)\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NBu}_2))_3$ 、 $N(\text{SiH}(\text{NiBu}_2)\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NiBu}_2))_3$ 、  
 $N(\text{SiH}(\text{NtBu}_2)\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NtBu}_2))_3$ 、 $N(\text{SiH}(\text{NAm}_2)\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NAm}_2))_3$ 、  
 $N(\text{SiH}(\text{NCy 戊基}_2)\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NCy 戊基}_2))_3$ 、 $N(\text{SiH}(\text{N 己基}_2)\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{N 己基}_2))_3$ 、  
 $N(\text{SiH}(\text{NCy 己基}_2)\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NCy 己基}_2))_3$ 、  
 $N(\text{SiH}(\text{NMeH})\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NMeH}))_3$ 、 $N(\text{SiH}(\text{NEtH})\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NEtH}))_3$ 、  
 $N(\text{SiH}(\text{NnPrH})\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NnPrH}))_3$ 、 $N(\text{SiH}(\text{NiPrH})\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NiPrH}))_3$ 、  
 $N(\text{SiH}(\text{NBuH})\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NBuH}))_3$ 、 $N(\text{SiH}(\text{NiBuH})\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NiBuH}))_3$ 、  
 $N(\text{SiH}(\text{NtBuH})\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NtBuH}))_3$ 、  
 $N(\text{SiH}(\text{NAmH})\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NAmH}))_3$ 、 $N(\text{SiH}(\text{吡啶})\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{吡啶}))_3$ 、  
 $N(\text{SiH}(\text{吡咯})\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{吡咯}))_3$ 、 $N(\text{SiH}(\text{吡咯啉})\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{吡咯啉}))_3$ 、



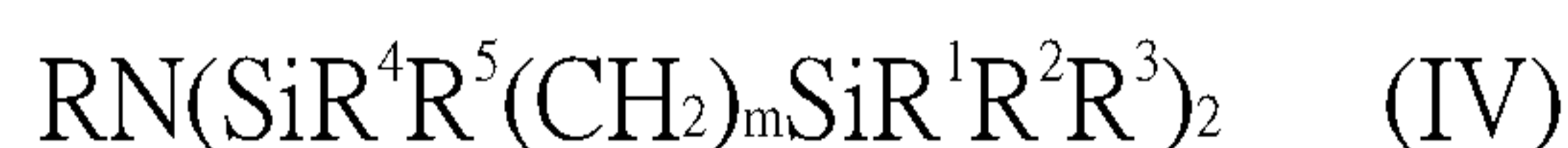
以及  $N(\text{SiH}(\text{咪唑})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{咪唑}))_3$ 。

【0049】 式(III)所呈現的示範性前驅物(其中  $m = 2$ ,  $R^3$ 、 $R^4$  以及  $R^5 = \text{H}$ ) 包括但不限於  $N(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{CH}_2=\text{CH})_2)_3$ 、  
 $N(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2)_2)_3$ 、 $N(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NH}_2)_2)_3$ 、  
 $N(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NMe}_2)_2)_3$ 、 $N(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NMeEt})_2)_3$ 、  
 $N(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NEt}_2)_2)_3$ 、 $N(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NnPr}_2)_2)_3$ 、  
 $N(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NiPr}_2)_2)_3$ 、 $N(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NBu}_2)_2)_3$ 、  
 $N(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NiBu}_2)_2)_3$ 、 $N(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NtBu}_2)_2)_3$ 、  
 $N(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NAm}_2)_2)_3$ 、 $N(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NCy 戊基}_2)_2)_3$ 、  
 $N(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{N 己基}_2)_2)_3$ 、 $N(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NCy 己基}_2)_2)_3$ 、  
 $N(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NMeH})_2)_3$ 、 $N(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NEtH})_2)_3$ 、  
 $N(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NnPrH})_2)_3$ 、 $N(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NiPrH})_2)_3$ 、  
 $N(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NBuH})_2)_3$ 、 $N(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NiBuH})_2)_3$ 、  
 $N(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NtBuH})_2)_3$ 、 $N(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NAmH})_2)_3$ 、  
 $N(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{吡啶})_2)_3$ 、 $N(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{吡咯})_2)_3$ 、  
 $N(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{吡咯啶})_2)_3$ 、以及  $N(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{咪唑})_2)_3$ 。至於部分基於以上討論關於 SiH 鍵的好處之故，此等前驅物可適合用於氣相沉積或塗佈應用。末端胺基配位基也可對所得膜提供以上討論的改良熱穩定性、以及額外的 N 及/或 C 來源。最後，所列具有較低分子量以及較高蒸氣壓的前驅物較佳適合用於氣相沉積技術，而該等具有較高分子量者較佳適合用於塗佈技術。

【0050】 式(III)所呈現的示範性前驅物(其中  $m = 2$ ,  $R^4$  以及  $R^5 = \text{H}$ )包

括但不限於  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{CH}_2=\text{CH})_3)_3$ 、  
 $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{CH}_2=\text{CH-CH}_2)_3)_3$ 、 $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NH}_2)_3)_3$ 、  
 $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NMe}_2)_3)_3$ 、 $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NMeEt})_3)_3$ 、  
 $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NEt}_2)_3)_3$ 、 $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NnPr}_2)_3)_3$ 、  
 $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NiPr}_2)_3)_3$ 、 $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NBu}_2)_3)_3$ 、  
 $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NiBu}_2)_3)_3$ 、 $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NtBu}_2)_3)_3$ 、  
 $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NAm}_2)_3)_3$ 、 $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NCy 戊基}_2)_3)_3$ 、  
 $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{N 己基}_2)_3)_3$ 、 $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NCy 己基}_2)_3)_3$ 、  
 $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NMeH})_3)_3$ 、 $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NEtH})_3)_3$ 、  
 $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NnPrH})_3)_3$ 、 $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NiPrH})_3)_3$ 、  
 $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NBuH})_3)_3$ 、 $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NiBuH})_3)_3$ 、  
 $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NtBuH})_3)_3$ 、 $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NAmH})_3)_3$ 、  
 $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{吡啶})_3)_3$ 、 $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{吡咯})_3)_3$ 、  
 $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{吡咯啶})_3)_3$ 、以及  $N(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{咪唑})_3)_3$ 。至少部分基於以上討論關於 SiH 鍵的好處，此等前驅物適合用於塗佈應用。末端胺基配位基也可對所得膜提供額外的 N 及/或 C 來源。

【0051】 當  $a = 1$ ，式(I)呈現的所揭示碳矽氫烷前驅物具有下式：



【0052】 當  $m = 1$  且  $R$ 、 $R^1$ 、 $R^2$ 、 $R^3$ 、 $R^4$  以及  $R^5 = \text{H}$ ，式(IV)所呈現揭示的前驅物為雙(1,3-二矽代丙烷)胺[ $\text{HN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$  或 NDSP2]。NDSP2 為揮發性且含有許多 Si-H 鍵，使其對基材表面更具反應性。結果，此前驅物適合用於氣相沉積方法以及、更特別的是，用於 ALD 方法。申請人相信，

此前驅物在使用 N<sub>2</sub> 的 PEALD 方法中可甚至有足夠反應性而接附至 Si-Cl 封端或甚至 Si 封端基材表面。

【0053】 當  $m = 1$ ； $R^1$ 、 $R^2$ 、 $R^3$ 、 $R^4$  以及  $R^5 = H$ ；以及  $R = Si_xH_{2x+1}$  ( $x = 1$  至 4)，式(IV)呈現的所揭示碳矽氮烷前驅物為  $SiH_3N(SiH_2-CH_2-SiH_3)_2$ 、 $Si_2H_5N(SiH_2-CH_2-SiH_3)_2$ 、 $Si_3H_7N(SiH_2-CH_2-SiH_3)_2$ 、以及  $Si_4H_9N(SiH_2-CH_2-SiH_3)_2$ 。至少部分基於以上討論關於 SiH 鍵的好處，此等前驅物可適合用於氣相沉積應用。額外的 N-Si 鍵使此等前驅物比該等具有 N-H 鍵者更穩定，但是比該等具有 N-C 鍵者更具反應性。結果，當聚合反應需要中等條件時，此等前驅物可能為所欲的。無碳  $Si_xH_{2x+1}$  也可能比其中  $R=H$  或烷基的相應分子造成更多 Si。

【0054】 當  $m = 1$ ； $R^1$ 、 $R^2$ 、 $R^3$ 、 $R^4$  以及  $R^5 = H$ ；以及  $R = SiH_z(C_yH_{2y+1})_{3-z}$  ( $y = 1$  至 6、 $z = 0$  至 2)，式(IV)呈現的所揭示碳矽氮烷前驅物包括但不限於  $(SiMe_3)N(SiH_2-CH_2-SiH_3)_2$ 、 $(SiEt_3)N(SiH_2-CH_2-SiH_3)_2$ 、 $Si(iPr)_3N(SiH_2-CH_2-SiH_3)_2$ 、 $Si(nPr)_3N(SiH_2-CH_2-SiH_3)_2$ 、 $Si(Bu)_3N(SiH_2-CH_2-SiH_3)_2$ 、 $Si(iBu)_3N(SiH_2-CH_2-SiH_3)_2$ 、 $Si(tBu)_3N(SiH_2-CH_2-SiH_3)_2$ 、 $Si(戊基)_3N(SiH_2-CH_2-SiH_3)_2$ 、 $Si(己基)_3N(SiH_2-CH_2-SiH_3)_2$ 、 $(SiHMe_2)N(SiH_2-CH_2-SiH_3)_2$ 、 $(SiHEt_2)N(SiH_2-CH_2-SiH_3)_2$ 、 $SiH(iPr)_2N(SiH_2-CH_2-SiH_3)_2$ 、 $SiH(nPr)_2N(SiH_2-CH_2-SiH_3)_2$ 、 $SiH(Bu)_2N(SiH_2-CH_2-SiH_3)_2$ 、 $SiH(iBu)_2N(SiH_2-CH_2-SiH_3)_2$ 、 $SiH(tBu)_2N(SiH_2-CH_2-SiH_3)_2$ 、 $SiH(戊基)_2N(SiH_2-CH_2-SiH_3)_2$ 、 $SiH(己基)_2N(SiH_2-CH_2-SiH_3)_2$ 、 $(SiH_2Me)N(SiH_2-CH_2-SiH_3)_2$ 、 $(SiH_2Et)N(SiH_2-CH_2-SiH_3)_2$ 、

$\text{SiH}_2(\text{iPr})\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、 $\text{SiH}_2(\text{nPr})\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、  
 $\text{SiH}_2(\text{Bu})\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、 $\text{SiH}_2(\text{iBu})\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、  
 $\text{SiH}_2(\text{tBu})\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、 $\text{SiH}_2(\text{戊基})\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、以及  $\text{SiH}_2(\text{己基})\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 。額外的 N-Si 鍵使此等前驅物比該等具有 N-H 鍵者更穩定，但是比該等具有 N-C 鍵者更具反應性。結果，當聚合反應需要中等條件時，此等前驅物可能為所欲的。可以選定碳鏈長度以提供膜中所欲碳量。最後，具有較低分子量以及較高蒸氣壓的所列前驅物較佳適合用於氣相沉積技術，而該等具有較高分子量者較佳適合用於塗佈技術。

**【0055】** 當  $m = 1$ ； $R^1$ 、 $R^2$ 、 $R^3$ 、 $R^4$  以及  $R^5 = \text{H}$ ；以及  $R = R^1 R^2 R^3 \text{Si}(\text{CH}_2)_b \text{Si}R^4 R^5$ ，其中  $b = 1$  至  $2$  且  $R^1$ 、 $R^2$ 、 $R^3$ 、 $R^4$ 、以及  $R^5$  獨立地為 H 或 C<sub>1</sub>-C<sub>6</sub> 烷基，式(IV)呈現的所揭示碳矽氮烷前驅物，包括但不限於  $(\text{SiH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2)\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、  
 $(\text{SiMe}_3\text{-CH}_2\text{-SiMe}_2)\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、 $(\text{SiMe}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiMe}_2)\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、  
 $(\text{SiEt}_3\text{-CH}_2\text{-SiEt}_2)\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$  或  $(\text{SiEt}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiEt}_2)\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 。

**【0056】** 當  $m = 1$ ； $R^1$ 、 $R^2$ 、 $R^3$ 、 $R^4$  以及  $R^5 = \text{H}$ ；以及  $R = \text{C}_y\text{H}_{2y+1}$ ，其中  $y = 1$  至  $6$ ，式(IV)呈現所揭示碳矽氮烷前驅物包括  $(\text{Me})\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、  
 $(\text{Et})\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、 $(\text{nPr})\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、 $(\text{iPr})\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、  
 $(\text{Bu})\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、 $(\text{iBu})\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、 $(\text{tBu})\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、 $(\text{戊基})\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、以及  $(\text{己基})\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 。此化合物家族可用於具有碳含量諸如 SiOC 或 SiNC 之膜之氣相沉積，因為 Si-C 鍵(對 Si-R 而言)並非高度反應性且可能在沉積方法期間原封不動。結果，為了避免太多 C 沉積， $y$  較佳為  $1$  至  $3$ 。此等前驅物也比 DSP3 類似物更容易合成，因為對 Et、

Pr、Bu、戊基、以及己基而言，RNHR<sub>2</sub>反應物為液體。

【0057】 當  $m = 1$ ； $R^1$ 、 $R^2$ 、 $R^3$ 、 $R^4$  以及  $R^5 = H$ ；且  $R = C_xH_{2x-y}$ ，其中  $x = 2$  至  $6$ ，當  $x=2-6$  時  $y=0$  或當  $x=3-6$  時  $y=2$  或當  $x=4-6$  時  $y=4$ ，式(IV)呈現的所揭示碳矽氮烷前驅物包括(乙烯基)N(SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>、(烯丙基)N(SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>、(丙二烯)N(SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>、(丁烯)N(SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>、(丁二烯)N(SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>、(丁三烯)N(SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>、或(己二烯)N(SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>。此化合物家族也可用於具有碳含量之膜的氣相沉積。額外的，不飽和烴提供化學或物理吸附前驅物之間交聯機會。

【0058】 當  $m = 1$ ； $R^1$ 、 $R^2$ 、 $R^3$ 、 $R^4$  以及  $R^5 = H$ ；以及  $R = SiH_x(NR' R'')_{3-x}$ ，其中  $x=1$  或  $2$  且  $R'$  以及  $R''$  獨立地為 Me、Et、iPr、或 nPr，式(IV)呈現的所揭示碳矽氮烷前驅物包括但不限於 (SiH<sub>2</sub>NMe<sub>2</sub>)N(SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>、(SiH<sub>2</sub>NEt<sub>2</sub>)N(SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>、(SiH<sub>2</sub>NiPr<sub>2</sub>)N(SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>、(SiH<sub>2</sub>NnPr<sub>2</sub>)N(SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>、(SiH<sub>2</sub>NMeEt)N(SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>、(SiH(NMe<sub>2</sub>)<sub>2</sub>)N(SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>、以及 SiH(NEt<sub>2</sub>)<sub>2</sub>N(SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>。

【0059】 式(IV)呈現的示範性碳矽氮烷前驅物，其中  $m = 1$ ； $R^1$ 、 $R^2$ 、 $R^3$  以及  $R^4 = H$ ；以及  $R = H$ 、 $C_uH_{2u+1}$ 、或  $Si_vH_{2v-1}$ ，其中  $u = 1-6$  以及  $v = 1-4$ ，其包括但不限於 RN(SiH(CH<sub>2</sub>=CH)-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>、RN(SiH(CH<sub>2</sub>=CH-CH<sub>2</sub>)-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>、RN(SiH(NH<sub>2</sub>)-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>、RN(SiH(NMe<sub>2</sub>)-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>、RN(SiH(NMeEt)-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>、RN(SiH(NEt<sub>2</sub>)-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>、RN(SiH(NnPr<sub>2</sub>)-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>、RN(SiH(NiPr<sub>2</sub>)-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>、RN(SiH(NBu<sub>2</sub>)-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>、

$\text{RN}(\text{SiH}(\text{NiBu}_2)\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NtBu}_2)\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NAm}_2)\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NCy 戊基}_2)\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}(\text{N 己基}_2)\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NCy 己基}_2)\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NMeH})\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NEtH})\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NnPrH})\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NiPrH})\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NBuH})\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NiBuH})\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NtBuH})\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NAmH})\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}(\text{吡啶})\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}(\text{吡咯})\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{SiH}(\text{吡咯啉})\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、以及  $\text{RN}(\text{SiH}(\text{咪唑})\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 。

**【0060】** 式(IV)呈現的示範性碳矽氮烷前驅物，其中  $m = 1$ ； $\text{R}^2$ 、 $\text{R}^3$ 、 $\text{R}^4$  以及  $\text{R}^5 = \text{H}$ ；以及  $\text{R} = \text{H}$ 、 $\text{C}_u\text{H}_{2u+1}$ 、或  $\text{Si}_v\text{H}_{2v-1}$ ，其中  $u = 1-6$  以及  $v = 1-4$ ，其包括但不限於  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{CH}_2=\text{CH}))_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{CH}_2=\text{CH-CH}_2))_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NH}_2))_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NMe}_2))_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NMeEt}))_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NEt}_2))_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NnPr}_2))_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NiPr}_2))_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NBu}_2))_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NiBu}_2))_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NtBu}_2))_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NAm}_2))_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NCy 戊基}_2))_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{N 己基}_2))_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NCy 己基}_2))_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NMeH}))_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NEtH}))_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NnPrH}))_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NiPrH}))_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NBuH}))_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NiBuH}))_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NtBuH}))_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NAmH}))_2$ 、

$\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{吡啶}))_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{吡咯}))_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{吡咯啉}))_2$ 、以及  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{咪唑}))_2$ 。至少部分基於以上討論關於 SiH 鍵的好處之故，此等前驅物可適合用於氣相沉積或塗佈應用。如以上討論，末端胺基配位基也可提供所得膜改良熱穩定性、以及額外的 N 及/或 C 來源。最後，具有較低分子量以及較高蒸氣壓的所列前驅物較佳適合用於氣相沉積技術，而該等具有較高分子量者較佳適合用於塗佈技術。

【0061】 式(IV)呈現的示範性碳矽氮烷前驅物，其中  $m = 1$ ； $R^1$ 、 $R^2$  以及  $R^3 = \text{H}$ ；以及  $R = \text{H}$ 、 $\text{C}_u\text{H}_{2u+1}$ 、或  $\text{Si}_v\text{H}_{2v-1}$ ，其中  $u = 1-6$  以及  $v = 1-4$ ，其包括但不限於  $\text{RN}(\text{Si}(\text{CH}_2=\text{CH})_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、 $\text{RN}(\text{Si}(\text{CH}_2=\text{CH-CH}_2)_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、 $\text{RN}(\text{Si}(\text{NH}_2)_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、 $\text{RN}(\text{Si}(\text{NMe}_2)_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、 $\text{RN}(\text{Si}(\text{NMeEt})_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、 $\text{RN}(\text{Si}(\text{NEt}_2)_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、 $\text{RN}(\text{Si}(\text{NnPr}_2)_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、 $\text{RN}(\text{Si}(\text{NiPr}_2)_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、 $\text{RN}(\text{Si}(\text{NBu}_2)_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、 $\text{RN}(\text{Si}(\text{NiBu}_2)_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、 $\text{RN}(\text{Si}(\text{NtBu}_2)_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、 $\text{RN}(\text{Si}(\text{NAm}_2)_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、 $\text{RN}(\text{Si}(\text{NCy 戊基}_2)_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、 $\text{RN}(\text{Si}(\text{N 己基}_2)_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、 $\text{RN}(\text{Si}(\text{NCy 己基}_2)_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、 $\text{RN}(\text{Si}(\text{NMeH})_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、 $\text{RN}(\text{Si}(\text{NEtH})_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、 $\text{RN}(\text{Si}(\text{NnPrH})_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、 $\text{RN}(\text{Si}(\text{NiPrH})_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、 $\text{RN}(\text{Si}(\text{NBuH})_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、 $\text{RN}(\text{Si}(\text{NiBuH})_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、 $\text{RN}(\text{Si}(\text{NtBuH})_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、 $\text{RN}(\text{Si}(\text{NAmH})_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、 $\text{RN}(\text{Si}(\text{吡啶})_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、 $\text{RN}(\text{Si}(\text{吡咯})_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、 $\text{RN}(\text{Si}(\text{吡咯啉})_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、以及  $\text{RN}(\text{Si}(\text{咪唑})_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 。

【0062】 式(IV)呈現的示範性碳矽氮烷前驅物，其中  $m = 1$ ； $R^2$ 、 $R^3$  以及  $R^4 = \text{H}$ ；以及  $R = \text{H}$ 、 $\text{C}_u\text{H}_{2u+1}$ 、或  $\text{Si}_v\text{H}_{2v-1}$ ，其中  $u = 1-6$  以及  $v = 1-4$ ，其包括

$\text{RN}(\text{SiH}(\text{CH}_2=\text{CH})-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{CH}_2=\text{CH}))_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{SiH}(\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2)-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2))_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NH}_2)-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{NH}_2))_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NMe}_2)-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{NMe}_2))_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NMeEt})-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{NMeEt}))_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NEt}_2)-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{NEt}_2))_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NnPr}_2)-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{NnPr}_2))_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NiPr}_2)-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{NiPr}_2))_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NBu}_2)-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{NBu}_2))_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NiBu}_2)-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{NiBu}_2))_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NtBu}_2)-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{NtBu}_2))_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NAm}_2)-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{NAm}_2))_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NCy 戊基}_2)-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{NCy 戊基}_2))_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}(\text{N 己基}_2)-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{N 己基}_2))_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NCy 己基}_2)-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{NCy 己基}_2))_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NMeH})-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{NMeH}))_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NEtH})-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{NEtH}))_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NnPrH})-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{NnPrH}))_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NiPrH})-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{NiPrH}))_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NBuH})-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{NBuH}))_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NiBuH})-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{NiBuH}))_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NtBuH})-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{NtBuH}))_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NAmH})-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{NAmH}))_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{SiH}(\text{吡啶})-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{吡啶}))_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}(\text{吡咯})-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{吡咯}))_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}(\text{吡咯啉})-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{吡咯啉}))_2$ 、以及  $\text{RN}(\text{SiH}(\text{咪唑})-\text{CH}_2-\text{SiH}_2(\text{咪唑}))_2$ 。

**【0063】** 式(IV)呈現的示範性碳矽氮烷前驅物，其中  $m = 1$ ； $\text{R}^3$ 、 $\text{R}^4$  以及  $\text{R}^5 = \text{H}$ ； $\text{R} = \text{H}$ 、 $\text{C}_u\text{H}_{2u+1}$ 、或  $\text{Si}_v\text{H}_{2v-1}$ ，其中  $u = 1-6$  以及  $v = 1-4$ ，其包括但不限於  $\text{RN}(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{CH}_2=\text{CH}))_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2))_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NH}_2))_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NMe}_2))_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NMeEt}))_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NEt}_2))_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NnPr}_2))_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NiPr}_2))_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NBu}_2))_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NiBu}_2))_2$ 、



$\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NtBu}_2)_2)_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NAm}_2)_2)_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NCy 戊基}_2)_2)_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{N 己基}_2)_2)_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NCy 己基}_2)_2)_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NMeH})_2)_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NEtH})_2)_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NnPrH})_2)_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NiPrH})_2)_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NBuH})_2)_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NiBuH})_2)_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NtBuH})_2)_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NAmH})_2)_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{吡啶})_2)_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{吡咯})_2)_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{吡咯啉})_2)_2$ 、以及  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{咪唑})_2)_2$ 。至少部分基於以上討論關於 SiH 鍵的好處之故，此等前驅物適合用於氣相沉積或塗佈應用。如以上討論，末端胺基配位基也可以提供最後膜的熱穩定性以及額外的 N 及/或 C 來源。最後，具有較低分子量以及較高蒸氣壓的所列前驅物較佳適合用於氣相沉積技術，而該等具有較高分子量較佳適合用於塗佈技術。

**【0064】** 式(IV)呈現的示範性碳矽氮烷前驅物(其中  $m = 1$ ； $R^4$  以及  $R^5 = \text{H}$ ；以及  $R = \text{H}$ 、 $\text{C}_u\text{H}_{2u+1}$ 、或  $\text{Si}_v\text{H}_{2v-1}$ ，其中  $u = 1-6$  以及  $v = 1-4$ )包括但不限於  
 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{CH}_2=\text{CH})_3)_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{CH}_2=\text{CH-CH}_2)_3)_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NH}_2)_3)_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NMe}_2)_3)_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NMeEt})_3)_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NEt}_2)_3)_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NnPr}_2)_3)_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NiPr}_2)_3)_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NBu}_2)_3)_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NiBu}_2)_3)_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NtBu}_2)_3)_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NAm}_2)_3)_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NCy 戊基}_2)_3)_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{N 己基}_2)_3)_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NCy 己基}_2)_3)_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NMeH})_3)_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NEtH})_3)_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NnPrH})_3)_2$ 、

$\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NiPrH})_3)_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NBuH})_3)_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NiBuH})_3)_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NtBuH})_3)_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NAmH})_3)_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{吡啶})_3)_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{吡咯})_3)_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{吡咯啉})_3)_2$ 、以及  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{咪唑})_3)_2$ 。至少部分基於以上討論關於 SiH 鍵的好處之故，此等前驅物可適合用於氣相沉積或塗佈應用。末端胺基配位基也可對所得莫提供如上討論的改良熱穩定性、以及額外的 N 及/或 C 來源。最後，具有較低分子量以及較高蒸氣壓所列前驅物較佳適合用於氣相沉積技術，而該等具有較高分子量者較佳適合用於塗佈技術。

**【0065】** 當  $m = 2$  以及  $R$ 、 $R^1$ 、 $R^2$ 、 $R^3$ 、 $R^4$  以及  $R^5 = \text{H}$ ，所揭示碳矽氮烷前驅物為  $\text{HN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$  (HNDSB2)。HNDSB2 為揮發性且含有許多 Si-H 鍵，使其對基材表面更具反應性。結果，此前驅物可適合用於氣相沉積方法以及、更特別的，適合用於 ALD 方法。申請人相信，此前驅物在使用  $\text{N}_2$  的 PEALD 方法中可甚至有足夠反應性而接附至 Si-Cl 封端或甚至 Si 封端基材表面。

**【0066】** 當  $m = 2$ ； $R^1$ 、 $R^2$ 、 $R^3$ 、 $R^4$  以及  $R^5 = \text{H}$ ；以及  $R = \text{Si}_x\text{H}_{2x+1}$  (其中  $x = 1$  至 4)，式(IV)呈現的所揭示碳矽氮烷前驅物為  $\text{SiH}_3\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、 $\text{Si}_2\text{H}_5\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、 $\text{Si}_3\text{H}_7\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、以及  $\text{Si}_4\text{H}_9\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 。至少部分基於以上討論關於 SiH 鍵的好處，此等前驅物可適合用於氣相沉積應用。額外的 N-Si 鍵使此等前驅物比該等具有 N-H 鍵者更穩定，但是比該等具有 N-C 鍵者更具反應性。結果，當聚合反應需要中等條件時，此等前驅物可能為

所欲的。無碳  $\text{Si}_x\text{H}_{2x+1}$  也可能比其中  $\text{R}=\text{H}$  或烷基的相應分子造成更多 Si。

【0067】 當  $m = 2$ ； $\text{R}^1$ 、 $\text{R}^2$ 、 $\text{R}^3$ 、 $\text{R}^4$  以及  $\text{R}^5 = \text{H}$ ；以及  $\text{R} = \text{SiH}_z(\text{C}_y\text{H}_{2y+1})_{3-z}$  (其中  $y = 1$  至  $6$ 、 $z = 0$  至  $2$ )，式(IV)呈現的所揭示碳矽氮烷前驅物包括但不限於  $(\text{SiMe}_3)\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、 $(\text{SiEt}_3)\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、 $\text{Si}(\text{iPr})_3\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、 $\text{Si}(\text{nPr})_3\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、 $\text{Si}(\text{Bu})_3\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、 $\text{Si}(\text{iBu})_3\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、 $\text{Si}(\text{tBu})_3\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、 $\text{Si}(\text{戊基})_3\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、 $\text{Si}(\text{己基})_3\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、 $(\text{SiHMe}_2)\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、 $(\text{SiHEt}_2)\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、 $\text{SiH}(\text{iPr})_2\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、 $\text{SiH}(\text{nPr})_2\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、 $\text{SiH}(\text{Bu})_2\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、 $\text{SiH}(\text{iBu})_2\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、 $\text{SiH}(\text{tBu})_2\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、 $\text{SiH}(\text{戊基})_2\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、 $\text{SiH}(\text{己基})_2\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、 $(\text{SiH}_2\text{Me}_2)\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、 $(\text{SiH}_2\text{Et}_2)\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、 $\text{SiH}_2(\text{iPr})\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、 $\text{SiH}_2(\text{nPr})\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、 $\text{SiH}_2(\text{Bu})\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、 $\text{SiH}_2(\text{iBu})\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、 $\text{SiH}_2(\text{tBu})\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、 $\text{SiH}_2(\text{戊基})\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、以及  $\text{SiH}_2(\text{己基})\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 。額外的 N-Si 鍵使此等前驅物比該等具有 N-H 鍵者更穩定，但是比該等具有 N-C 鍵者更具反應性。結果，當聚合反應需要中等條件時，此等前驅物可能為所欲的。可選定碳鏈長度以提供所欲膜中碳量。最後，具有較低分子量以及較高蒸氣壓的所列前驅物較佳適合用於氣相沉積技術，而該等具有較高分子量者較佳適合用於塗佈技術。

【0068】 當  $m = 2$ ； $\text{R}^1$ 、 $\text{R}^2$ 、 $\text{R}^3$ 、 $\text{R}^4$  以及  $\text{R}^5 = \text{H}$ ；以及

$R=R^1 R^2 R^3 Si(CH_2)_b SiR^4 R^5$ ，其中  $b = 1$  至  $2$  以及  $R^1$ 、 $R^2$ 、 $R^3$ 、 $R^4$ 、以及  $R^5$  獨立地為  $H$  或  $C_1$ - $C_6$  烷基，式(IV)呈現的所揭示碳矽氮烷前驅物包括但不限於  $(SiH_3-CH_2-SiH_2)N(SiH_2-CH_2-CH_2-SiH_3)_2$ 、 $(SiH_3-CH_2-CH_2-SiH_2)N(SiH_2-CH_2-CH_2-SiH_3)_2$ 、 $(SiMe_3-CH_2-SiMe_2)N(SiH_2-CH_2-CH_2-SiH_3)_2$ 、 $(SiMe_3-CH_2-CH_2-SiMe_2)N(SiH_2-CH_2-CH_2-SiH_3)_2$ 、 $(SiEt_3-CH_2-SiEt_2)N(SiH_2-CH_2-CH_2-SiH_3)_2$ 、以及  $(SiEt_3-CH_2-CH_2-SiEt_2)N(SiH_2-CH_2-CH_2-SiH_3)_2$ 。

【0069】 當  $m = 2$ ； $R^1$ 、 $R^2$ 、 $R^3$ 、 $R^4$  以及  $R^5 = H$ ；以及  $R = C_y H_{2y+1}$  (其中  $y = 1$  至  $6$ )，式(IV)呈現的所揭示碳矽氮烷前驅物包括但不限於  $(Me)N(SiH_2-CH_2-CH_2-SiH_3)_2$ 、 $(Et)N(SiH_2-CH_2-CH_2-SiH_3)_2$ 、 $(nPr)N(SiH_2-CH_2-CH_2-SiH_3)_2$ 、 $(iPr)N(SiH_2-CH_2-CH_2-SiH_3)_2$ 、 $(Bu)N(SiH_2-CH_2-CH_2-SiH_3)_2$ 、 $(iBu)N(SiH_2-CH_2-CH_2-SiH_3)_2$ 、 $(tBu)N(SiH_2-CH_2-CH_2-SiH_3)_2$ 、 $(\text{戊基})N(SiH_2-CH_2-CH_2-SiH_3)_2$ 、以及  $(\text{己基})N(SiH_2-CH_2-CH_2-SiH_3)_2$ 。此族化合物可用於具有碳含量之膜(諸如  $SiOC$  或  $SiNC$ )的氣相沉積，因為  $Si-C$  鍵(對  $Si-R$  而言)反應性不高且可能在沉積方法期間原封不等。結果，為了避免太多  $C$  沉積， $y$  較佳為  $1$  至  $3$ 。此等前驅物也比  $DSB3$  類似物更容易合成，因為  $RNHR_2$  反應物在為  $Et$ 、 $Pr$ 、 $Bu$ 、 $\text{戊基}$ 、以及  $\text{己基}$  時為液體。

【0070】 當  $m = 2$ ； $R^1$ 、 $R^2$ 、 $R^3$ 、 $R^4$  以及  $R^5 = H$ ；以及  $R = SiH_x(NR' R'')_{3-x}$  (其中  $x=1$  或  $2$  且  $R'$  以及  $R''$  獨立地為  $Me$ 、 $Et$ 、 $iPr$ 、 $nPr$ )，式(IV)呈現的所揭示碳矽氮烷前驅物包括但不限於  $(SiH_2NMe_2)N(SiH_2-CH_2-CH_2-SiH_3)_2$ 、 $(SiH_2NEt_2)N(SiH_2-CH_2-CH_2-SiH_3)_2$ 、 $(SiH_2NiPr_2)N(SiH_2-CH_2-CH_2-SiH_3)_2$ 、 $(SiH_2NnPr_2)N(SiH_2-CH_2-CH_2-SiH_3)_2$ 、

(SiH<sub>2</sub>NMeEt)N(SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>、(SiH(NMe<sub>2</sub>)<sub>2</sub>)N(SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>、以及  
SiH(NEt<sub>2</sub>)<sub>2</sub>N(SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>。

【0071】 式(IV)呈現的示範性碳矽氮烷前驅物(其中 m =2；R<sup>1</sup>、R<sup>2</sup>、  
R<sup>3</sup> 以及 R<sup>4</sup> = H；以及 R = H、C<sub>u</sub>H<sub>2u+1</sub>、或 Si<sub>v</sub>H<sub>2v-1</sub>，其中 u =1-6 以及 v = 1-4)包括  
但不限於 RN(SiH(CH<sub>2</sub>=CH)-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>、  
RN(SiH(CH<sub>2</sub>=CH-CH<sub>2</sub>)-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>、RN(SiH(NH<sub>2</sub>)-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>、  
RN(SiH(NMe<sub>2</sub>)-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>、RN(SiH(NMeEt)-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>、  
RN(SiH(NEt<sub>2</sub>)-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>、RN(SiH(NnPr<sub>2</sub>)-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>、  
RN(SiH(NiPr<sub>2</sub>)-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>、RN(SiH(NBu<sub>2</sub>)-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>、  
RN(SiH(NiBu<sub>2</sub>)-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>、RN(SiH(NtBu<sub>2</sub>)-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>、  
RN(SiH(NAm<sub>2</sub>)-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>、RN(SiH(NCy 戊基<sub>2</sub>)-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>、  
RN(SiH(N 己基<sub>2</sub>)-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>、RN(SiH(NCy 己基<sub>2</sub>)-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>、  
RN(SiH(NMeH)-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>、RN(SiH(NEtH)-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>、  
RN(SiH(NnPrH)-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>、RN(SiH(NiPrH)-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>、  
RN(SiH(NBuH)-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>、RN(SiH(NiBuH)-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>、  
RN(SiH(NtBuH)-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>、RN(SiH(NAmH)-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>、RN(SiH(吡  
啶)-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>、RN(SiH(吡咯)-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>、RN(SiH(吡咯  
啶)-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>、以及 RN(SiH(咪唑)-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>。

【0072】 式(IV)呈現的示範性碳矽氮烷前驅物(其中 m =2；R<sup>2</sup>、R<sup>3</sup>、  
R<sup>4</sup> 以及 R<sup>5</sup> = H；以及 R = H、C<sub>u</sub>H<sub>2u+1</sub>、或 Si<sub>v</sub>H<sub>2v-1</sub>，其中 u =1-6 以及 v = 1-4)包  
括但不限於 RN(SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>2</sub>(CH<sub>2</sub>=CH))<sub>2</sub>、  
RN(SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>2</sub>(CH<sub>2</sub>=CH-CH<sub>2</sub>))<sub>2</sub>、RN(SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>2</sub>(NH<sub>2</sub>))<sub>2</sub>、

$\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NMe}_2))_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NMeEt}))_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NEt}_2))_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NnPr}_2))_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NiPr}_2))_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NBu}_2))_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NiBu}_2))_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NtBu}_2))_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NAm}_2))_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NCy 戊基}_2))_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{N 己基}_2))_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NCy 己基}_2))_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NMeH}))_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NEtH}))_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NnPrH}))_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NiPrH}))_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NBuH}))_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NiBuH}))_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NtBuH}))_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NAmH}))_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{吡啶}))_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{吡咯}))_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{吡咯啉}))_2$ 、以及  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{咪唑}))_2$ 。至少部  
 分基於以上討論關於 SiH 鍵的好處，此等前驅物適合用於氣相沉積或塗佈  
 應用。末端胺基配位基也可提供最後膜如以上討論的改良熱穩定性、以及  
 額外的 N 及/或 C 來源。最後，具有較低分子量以及較高蒸氣壓的所列前驅  
 物較佳適合用於氣相沉積技術，而該等具有較高分子量者較佳適合用於塗  
 佈技術。

**【0073】** 式(IV)呈現的示範性碳矽氮烷前驅物(其中  $m = 2$ ； $R^1$ 、 $R^2$  以  
 及  $R^3 = \text{H}$ ；以及  $R = \text{H}$ 、 $\text{C}_u\text{H}_{2u+1}$ 、或  $\text{Si}_v\text{H}_{2v-1}$ ，其中  $u = 1-6$  以及  $v = 1-4$ )包括但  
 不限於  $\text{RN}(\text{Si}(\text{CH}_2=\text{CH})_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{Si}(\text{CH}_2=\text{CH-CH}_2)_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、 $\text{RN}(\text{Si}(\text{NH}_2)_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{Si}(\text{NMe}_2)_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、 $\text{RN}(\text{Si}(\text{NMeEt})_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、

$\text{RN}(\text{Si}(\text{NEt}_2)_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、 $\text{RN}(\text{Si}(\text{NnPr}_2)_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{Si}(\text{NiPr}_2)_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、 $\text{RN}(\text{Si}(\text{NBu}_2)_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{Si}(\text{NiBu}_2)_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、 $\text{RN}(\text{Si}(\text{NtBu}_2)_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{Si}(\text{NAm}_2)_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、 $\text{RN}(\text{Si}(\text{NCy 戊基}_2)_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、 $\text{RN}(\text{Si}(\text{N 己基}_2)_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{Si}(\text{NCy 己基}_2)_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{Si}(\text{NMeH})_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、 $\text{RN}(\text{Si}(\text{NEtH})_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{Si}(\text{NnPrH})_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、 $\text{RN}(\text{Si}(\text{NiPrH})_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{Si}(\text{NBuH})_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、 $\text{RN}(\text{Si}(\text{NiBuH})_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{Si}(\text{NtBuH})_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、 $\text{RN}(\text{Si}(\text{NAmH})_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、 $\text{RN}(\text{Si}(\text{吡啶})_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{Si}(\text{吡咯})_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、 $\text{RN}(\text{Si}(\text{吡咯啉})_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 、以及  $\text{RN}(\text{Si}(\text{咪唑})_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$ 。

**【0074】** 式(IV)呈現的示範性碳矽氮烷前驅物(其中  $m=2$ ； $\text{R}^2$ 、 $\text{R}^3$  以及  $\text{R}^4 = \text{H}$ ；以及  $\text{R} = \text{H}$ 、 $\text{C}_u\text{H}_{2u+1}$ 、或  $\text{Si}_v\text{H}_{2v-1}$ ，其中  $u = 1-6$  以及  $v = 1-4$ )包括但不限於  $\text{RN}(\text{SiH}(\text{CH}_2=\text{CH})\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{CH}_2=\text{CH}))_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{SiH}(\text{CH}_2=\text{CH-CH}_2)\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{CH}_2=\text{CH-CH}_2))_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NH}_2)\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NH}_2))_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NMe}_2)\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NMe}_2))_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NMeEt})\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NMeEt}))_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NEt}_2)\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NEt}_2))_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NnPr}_2)\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NnPr}_2))_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NiPr}_2)\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NiPr}_2))_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NBu}_2)\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NBu}_2))_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NiBu}_2)\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NiBu}_2))_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NtBu}_2)\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NtBu}_2))_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NAm}_2)\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NAm}_2))_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NCy 戊基}_2)\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NCy 戊基}_2))_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}(\text{N 己基}_2)\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{N 己基}_2))_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NCy 己基}_2)\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NCy 己基}_2))_2$ 、

$\text{RN}(\text{SiH}(\text{NMeH})\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NMeH}))_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NEtH})\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NEtH}))_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NnPrH})\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NnPrH}))_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NiPrH})\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NiPrH}))_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NBuH})\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NBuH}))_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NiBuH})\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NiBuH}))_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NtBuH})\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NtBuH}))_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}(\text{NAmH})\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{NAmH}))_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{SiH}(\text{吡啶})\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{吡啶}))_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}(\text{吡咯})\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{吡咯}))_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{SiH}(\text{吡咯啶})\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{吡咯啶}))_2$ 、以及  $\text{RN}(\text{SiH}(\text{咪唑})\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2(\text{咪唑}))_2$ 。

**【0075】** 式(IV)呈現的示範性碳矽氮烷前驅物(其中  $m=2$ ； $\text{R}^3$ 、 $\text{R}^4$  以及  $\text{R}^5=\text{H}$ ；以及  $\text{R}=\text{H}$ 、 $\text{C}_u\text{H}_{2u+1}$ 、或  $\text{Si}_v\text{H}_{2v-1}$ ，其中  $u=1-6$  以及  $v=1-4$ )包括但不限於  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{CH}_2=\text{CH}))_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{CH}_2=\text{CH-CH}_2)_2)_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NH}_2)_2)_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NMe}_2)_2)_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NMeEt})_2)_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NEt}_2)_2)_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NnPr}_2)_2)_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NiPr}_2)_2)_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NBu}_2)_2)_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NiBu}_2)_2)_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NtBu}_2)_2)_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NAm}_2)_2)_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NCy 戊基}_2)_2)_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{N 己基}_2)_2)_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NCy 己基}_2)_2)_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NMeH})_2)_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NEtH})_2)_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NnPrH})_2)_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NiPrH})_2)_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NBuH})_2)_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NiBuH})_2)_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NtBuH})_2)_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{NAmH})_2)_2$ 、  
 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{吡啶})_2)_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{吡咯})_2)_2$ 、



$\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{吡咯啉})_2)_2$ 、以及  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}(\text{咪唑})_2)_2$ 。至少部分基於以上討論關於 SiH 鍵的好處，此等前驅物適合用於氣相沉積或塗佈應用。末端胺基配位基也可提供最後膜如以上討論的改良熱穩定性、以及額外的 N 及/或 C 來源。最後，具有較低分子量以及較高蒸氣壓的所列前驅物較佳適合用於氣相沉積技術，而該等具有較高分子量者較佳適合用於塗佈技術。

【0076】 式(IV)呈現的示範性碳矽氮烷前驅物(其中  $m=2$ ； $R^4$  以及  $R^5 = \text{H}$ ；以及  $R = \text{H}$ 、 $\text{C}_u\text{H}_{2u+1}$ 、或  $\text{Si}_v\text{H}_{2v-1}$ 、其中  $u=1-6$  以及  $v=1-4$ )包括但不限於  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{CH}_2=\text{CH})_3)_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{CH}_2=\text{CH-CH}_2)_3)_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NH}_2)_3)_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NMe}_2)_3)_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NMeEt})_3)_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NEt}_2)_3)_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NnPr}_2)_3)_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NiPr}_2)_3)_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NBu}_2)_3)_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NiBu}_2)_3)_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NtBu}_2)_3)_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NAm}_2)_3)_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NCy 戊基}_2)_3)_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{N 己基}_2)_3)_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NCy 己基}_2)_3)_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NMeH})_3)_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NEtH})_3)_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NnPrH})_3)_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NiPrH})_3)_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NBuH})_3)_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NiBuH})_3)_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NtBuH})_3)_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{NAmH})_3)_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{吡啶})_3)_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{吡咯})_3)_2$ 、 $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{吡咯啉})_3)_2$ 、以及  $\text{RN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Si}(\text{咪唑})_3)_2$ 。至部分基於以上討論關於 SiH 鍵的好處，此等

前驅物適合用於氣相沉積或塗佈應用。末端胺基配位基也可對所得膜提供如以上討論的改良熱穩定性、以及額外的 N 及/或 C 來源。最後，具有較低分子量以及較高蒸氣壓的所列前驅物較佳適合用於氣相沉積技術，而該對具有較高分子量者較佳適合用於塗佈技術。

【0077】 回到式(II)，當  $t = 1$  且  $R$ 、 $R^2$ 、 $R^3$ 、 $R^4$  以及  $R^5 = H$ ，呈現的所揭示聚碳矽氮烷前驅物含有具有式  $[-NH-SiH_2-CH_2-SiH_2-]_n$  (亦即， $[-NH-DSP-]_n$ ) 的單元。 $[-NH-DSP-]_n$  含有多個 Si-H 鍵，使其對基材表面更具反應性。結果，此前驅物可適合用於對沉積方法的旋塗。申請人相信，此前驅物在 CVD 或 ALD 方法中可甚至有足夠反應性而接附至 Si-Cl 封端或 Si-OH 封端或甚至 Si 封端基材表面。

【0078】 當  $t = 1$ ； $R^2$ 、 $R^3$ 、 $R^4$  以及  $R^5 = H$ ；以及  $R = Si_xH_{2x+1}$  (其中  $x = 1$  至 4)，所揭示前驅物含有具有式  $[-N(SiH_3)-SiH_2-CH_2-SiH_2-]_n$ 、 $[-N(Si_2H_5)-SiH_2-CH_2-SiH_2-]_n$ 、 $[-N(Si_3H_7)-SiH_2-CH_2-SiH_2-]_n$ 、 $[-N(Si_4H_9)-SiH_2-CH_2-SiH_2-]_n$  的單元。矽基配位基的選擇可以有助於提供具有所欲矽含量的膜。換言之， $Si_4H_9$  配位基所製備膜所具有的 Si 比由  $SiH_3$  配位基製備的還多。

【0079】 當  $t = 1$ ； $R^2$ 、 $R^3$ 、 $R^4$  以及  $R^5 = H$ ；以及  $R = SiH_z(C_yH_{2y+1})_{3-z}$  (其中  $y = 1$  至 6、 $z = 0$  至 2)，所揭示前驅物含有具有下式的單元，其包括但不限於  $[-N(Si(Me)_3)-SiH_2-CH_2-SiH_2-]_n$ 、 $[-N(Si(Et)_3)-SiH_2-CH_2-SiH_2-]_n$ 、 $[-N(Si(iPr)_3)-SiH_2-CH_2-SiH_2-]_n$ 、 $[-N(Si(nPr)_3)-SiH_2-CH_2-SiH_2-]_n$ 、 $[-N(Si(Bu)_3)-SiH_2-CH_2-SiH_2-]_n$ 、 $[-N(Si(iBu)_3)-SiH_2-CH_2-SiH_2-]_n$ 、 $[-N(Si(tBu)_3)-SiH_2-CH_2-SiH_2-]_n$ 、 $[-N(Si(戊基)_3)-SiH_2-CH_2-SiH_2-]_n$ 、

$[-N(\text{Si}(\text{己基})_3)\text{-SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2\text{-}]_n$ 、 $[-N(\text{SiH}(\text{Me})_2)\text{-SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2\text{-}]_n$ 、  
 $[-N(\text{SiH}(\text{Et})_2)\text{-SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2\text{-}]_n$ 、 $[-N(\text{SiH}(\text{iPr})_2)\text{-SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2\text{-}]_n$ 、  
 $[-N(\text{SiH}(\text{nPr})_2)\text{-SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2\text{-}]_n$ 、 $[-N(\text{SiH}(\text{Bu})_2)\text{-SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2\text{-}]_n$ 、  
 $[-N(\text{SiH}(\text{iBu})_2)\text{-SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2\text{-}]_n$ 、 $[-N(\text{SiH}(\text{tBu})_2)\text{-SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2\text{-}]_n$ 、  
 $[-N(\text{SiH}(\text{戊基})_2)\text{-SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2\text{-}]_n$ 、 $[-N(\text{SiH}(\text{己基})_2)\text{-SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2\text{-}]_n$ 、  
 $[-N(\text{SiH}_2(\text{Me}))\text{-SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2\text{-}]_n$ 、 $[-N(\text{SiH}_2(\text{Et}))\text{-SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2\text{-}]_n$ 、  
 $[-N(\text{SiH}_2(\text{iPr}))\text{-SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2\text{-}]_n$ 、 $[-N(\text{SiH}_2(\text{nPr}))\text{-SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2\text{-}]_n$ 、  
 $[-N(\text{SiH}_2(\text{Bu}))\text{-SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2\text{-}]_n$ 、 $[-N(\text{SiH}_2(\text{iBu}))\text{-SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2\text{-}]_n$ 、  
 $[-N(\text{SiH}_2(\text{tBu}))\text{-SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2\text{-}]_n$ 、 $[-N(\text{SiH}_2(\text{戊基}))\text{-SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2\text{-}]_n$ 、  
 以及 $[-N(\text{SiH}_2(\text{己基}))\text{-SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2\text{-}]_n$ 。

**【0080】** 當  $t=1$ ； $R^2$ 、 $R^3$ 、 $R^4$  以及  $R^5=H$ ；以及

$R=R^1 R^2 R^3 \text{Si}(\text{CH}_2)_b\text{SiR}^4 R^5$  (其中  $b=1$  至  $2$  且  $R^1$ 、 $R^2$ 、 $R^3$ 、 $R^4$ 、以及  $R^5$   
 獨立地為  $H$  或  $C_1$ - $C_6$  烷基)，所揭示前驅物含有具有下式的單元，包括但不  
 限於 $[-N(\text{SiH}_3\text{-CH}_2\text{-SiH}_2)\text{-SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2\text{-}]_n$ 、 $[-N(\text{SiH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-}$   
 $\text{SiH}_2)\text{-SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2\text{-}]_n$ 、 $[-N(\text{SiMe}_3\text{-CH}_2\text{-SiMe}_2)\text{-SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2\text{-}]_n$ 、  
 $[-N(\text{SiMe}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiMe}_2)\text{-SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2\text{-}]_n$ 、  
 $[-N(\text{SiEt}_3\text{-CH}_2\text{-SiEt}_2)\text{-SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2\text{-}]_n$ 、以及  
 $[-N(\text{SiEt}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiEt}_2)\text{-SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2\text{-}]_n$ 。

**【0081】** 當  $t=1$ ； $R^2$ 、 $R^3$ 、 $R^4$  以及  $R^5=H$ ；以及  $R=C_yH_{2y+1}$  (其中  $y=1$  至  
 6)，所揭示聚碳矽氮烷前驅物含有具有下式的單元，包括但不限於  
 $[-N(\text{Me})\text{-SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2\text{-}]_n$ 、 $[-N(\text{Et})\text{-SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2\text{-}]_n$ 、  
 $[-N(\text{iPr})\text{-SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2\text{-}]_n$ 、 $[-N(\text{nPr})\text{-SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2\text{-}]_n$ 、

$[-N(\text{Bu})-\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_2-]_n$ 、 $[-N(\text{iBu})-\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_2-]_n$ 、  
 $[-N(\text{tBu})-\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_2-]_n$ 、 $[-N(\text{戊基})-\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_2-]_n$ 、以及  
 $[-N(\text{己基})-\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_2-]_n$ 。此族化合物可用於具有碳含量之膜(諸如  
 SiOC 或 SiNC)的沉積,因為 Si-C 鍵(對 Si-R)並非高度反應以及可能在沉積方  
 法期間原封不動。結果,為了避免太多 C 沉積, y 較佳為 1 至 3。此等前驅  
 物也比 $[-\text{NH}-\text{DSP}-]_n$ 類似物更容易合成,因為  $\text{RNHR}_2$  反應物對 Et、Pr、Bu、  
 戊基、以及己基而言為液體。

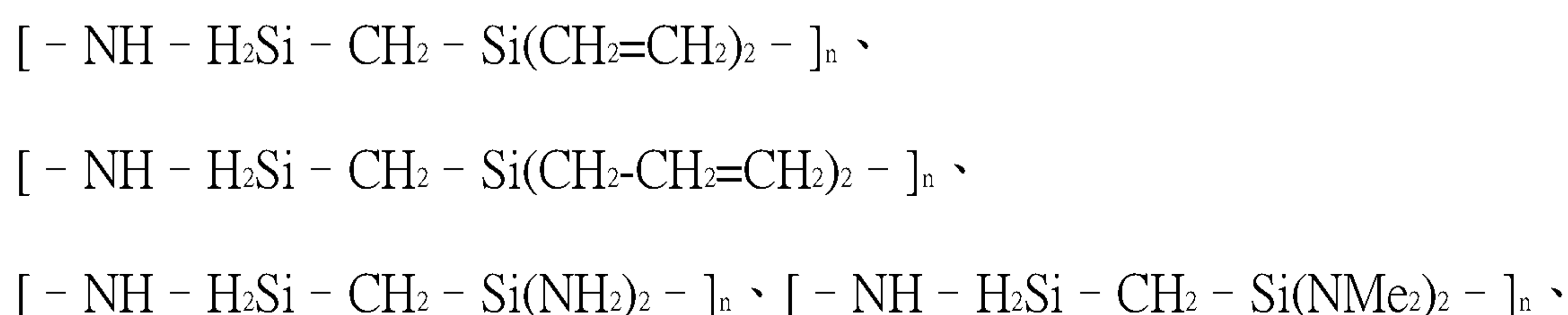
**【0082】** 當  $t=1$  ;  $\text{R}^2$ 、 $\text{R}^3$ 、 $\text{R}^4$  以及  $\text{R}^5=\text{H}$  ; 以及  
 $\text{R}=\text{R}^1 \text{R}^2 \text{R}^3 \text{Si}(\text{CH}_2)_b\text{SiR}^4 \text{R}^5$  (其中  $b=1$  至  $2$  且  $\text{R}^1$ 、 $\text{R}^2$ 、 $\text{R}^3$ 、 $\text{R}^4$  以及  
 $\text{R}^5=\text{H}$ ) , 所揭示聚碳矽氮烷前驅物含有具有下式的單元, 其包括但不限於  
 $[-N(-\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_3)-\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_2-]_n$  (亦即,  $[-N(\text{DSP})-\text{DSP}-]_n$ ) 或  
 $[-N(-\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_3)-\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_2-]_n$  (亦即,  
 $[-N(\text{DSB})-\text{DSP}-]_n$ )。

**【0083】** 當  $t=1$  ;  $\text{R}^2$ 、 $\text{R}^3$ 、 $\text{R}^4$  以及  $\text{R}^5=\text{H}$  ; 以及  $\text{R}=\text{SiH}_x(\text{NR}' \text{R}'')$  (其  
 中  $x=1$  或  $2$  且  $\text{R}'$  以及  $\text{R}''$  獨立地為 Me、Et、iPr、nPr), 所揭示碳矽氮烷前  
 驅物含有具有下式的單元, 其包括但不限於 $[-N(\text{SiH}_2\text{NMe}_2)-\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_2-]_n$ 、  
 $[-N(\text{SiH}_2\text{NEt}_2)-\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_2-]_n$ 、 $[-N(\text{SiH}_2\text{NiPr}_2)-\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_2-]_n$ 、  
 $[-N(\text{SiH}_2\text{NnPr}_2)-\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_2-]_n$ 、 $[-N(\text{SiH}_2\text{NMeEt})-\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_2-]_n$ 、  
 $[-N(\text{SiH}(\text{NMe}_2)_2)-\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_2-]_n$ 、以及 $[-N(\text{SiH}(\text{NEt}_2)_2)-\text{SiH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_2-]_n$ 。

**【0084】** 式(II)呈現的示範性聚碳矽氮烷前驅物(其中  $t=1$  以及  $\text{R}$ 、  
 $\text{R}^3$ 、 $\text{R}^4$  以及  $\text{R}^5=\text{H}$ )含有具有下式的單元, 其包括但不限於  
 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{CH}_2=\text{CH}_2)-]_n$ 、

$[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{CH}_2-\text{CH}_2=\text{CH}_2)-]_n$ 、  
 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NH}_2)-]_n$ 、 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NMe}_2)-]_n$ 、  
 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NMeEt})-]_n$ 、 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NEt}_2)-]_n$ 、  
 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NnPr}_2)-]_n$ 、 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NiPr}_2)-]_n$ 、  
 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NBu}_2)-]_n$ 、 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NiBu}_2)-]_n$ 、  
 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NtBu}_2)-]_n$ 、 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NAm}_2)-]_n$ 、  
 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NCy 戊基}_2)-]_n$ 、 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{N 己基}_2)-]_n$ 、  
 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NCy 己基}_2)-]_n$ 、  
 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NMeH})-]_n$ 、 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NEtH})-]_n$ 、  
 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NnPrH})-]_n$ 、 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NiPrH})-]_n$ 、  
 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NBuH})-]_n$ 、 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NiBuH})-]_n$ 、  
 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NtBuH})-]_n$ 、  
 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NAmH})-]_n$ 、 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{吡啶})-]_n$ 、  
 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{吡咯})-]_n$ 、 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{吡咯啶})-]_n$ 、  
 以及 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{咪唑})-]_n$ 。至少部分基於以上討論關於 SiH 鍵  
 的好處，此等前驅物適合用於旋塗佈應用。胺基配位基也提供所得膜如以  
 上討論的改良熱穩定性，以及額外的 N 及/或 C 來源。

**【0085】** 式(II)呈現的示範性聚碳矽氮烷前驅物(其中  $t=1$  以及  $R$ 、 $R^4$   
 以及  $R^5=H$ )含有具下式的單元，其包括但不限於



$[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{Si}(\text{NMeEt})_2-]_n$ 、 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{Si}(\text{NEt}_2)_2-]_n$ 、  
 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{Si}(\text{NnPr}_2)_2-]_n$ 、 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{Si}(\text{NiPr}_2)_2-]_n$ 、  
 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{Si}(\text{NBu}_2)_2-]_n$ 、 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{Si}(\text{NiBu}_2)_2-]_n$ 、  
 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{Si}(\text{NtBu}_2)_2-]_n$ 、 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{Si}(\text{NAm}_2)_2-]_n$ 、  
 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{Si}(\text{NCy 戊基}_2)_2-]_n$ 、 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{Si}(\text{N 己基}_2)_2-]_n$ 、  
 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{Si}(\text{NCy 己基}_2)_2-]_n$ 、  
 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{Si}(\text{NMeH})_2-]_n$ 、 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{Si}(\text{NEtH})_2-]_n$ 、  
 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{Si}(\text{NnPrH})_2-]_n$ 、 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{Si}(\text{NiPrH})_2-]_n$ 、  
 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{Si}(\text{NBuH})_2-]_n$ 、 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{Si}(\text{NiBuH})_2-]_n$ 、  
 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{Si}(\text{NtBuH})_2-]_n$ 、 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{Si}(\text{NAmH})_2-]_n$ 、  
 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{Si}(\text{吡啶})_2-]_n$ 、 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{Si}(\text{吡咯})_2-]_n$ 、  
 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{Si}(\text{吡咯啶})_2-]_n$ 、以及 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{Si}(\text{咪啉})_2-]_n$ 。至少部分基於以上討論關於 SiH 鍵的好處，此等前驅物適合用於旋塗應用。末端胺基配位基也可提供所得膜如以上討論的改良熱穩定性，以及額外的 N 及/或 C 來源。

**【0086】** 式(II)呈現的示範性聚碳矽氮烷前驅物(其中  $t=1$  以及  $R$ 、 $R^3$  以及  $R^5=H$ )含有具有下式單元，其包括但不限於

$[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{CH}_2=\text{CH}_2)-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{CH}_2=\text{CH}_2)-]_n$ 、  
 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{CH}_2-\text{CH}_2=\text{CH}_2)-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{CH}_2-\text{CH}_2=\text{CH}_2)-]_n$ 、  
 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{NH}_2)-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NH}_2)-]_n$ 、  
 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{NMe}_2)-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NMe}_2)-]_n$ 、  
 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{NMeEt})-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NMeEt})-]_n$ 、

$[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{NEt}_2)-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NEt}_2)-]_n$ 、  
 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{NnPr}_2)-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NnPr}_2)-]_n$ 、  
 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{NiPr}_2)-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NiPr}_2)-]_n$ 、  
 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{NBu}_2)-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NBu}_2)-]_n$ 、  
 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{NiBu}_2)-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NiBu}_2)-]_n$ 、  
 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{NtBu}_2)-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NtBu}_2)-]_n$ 、  
 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{NAm}_2)-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NAm}_2)-]_n$ 、 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{NCy 戊基}_2)-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NCy 戊基}_2)-]_n$ 、  
 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{N 己基}_2)-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{N 己基}_2)-]_n$ 、 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{NCy 己基}_2)-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NCy 己基}_2)-]_n$ 、  
 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{NMeH})-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NMeH})-]_n$ 、  
 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{NEtH})-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NEtH})-]_n$ 、  
 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{NnPrH})-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NnPrH})-]_n$ 、  
 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{NiPrH})-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NiPrH})-]_n$ 、  
 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{NBuH})-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NBuH})-]_n$ 、  
 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{NiBuH})-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NiBuH})-]_n$ 、  
 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{NtBuH})-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NtBuH})-]_n$ 、  
 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{NAmH})-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NAmH})-]_n$ 、 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{吡啶})-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{吡啶})-]_n$ 、  
 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{吡咯})-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{吡咯})-]_n$ 、  
 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{吡咯啶})-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{吡咯啶})-]_n$ 、以及 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{咪唑})-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{咪唑})-]_n$ 。至少部分基於以上討論關於 SiH 鍵的好處，此等前驅物適合用於旋塗應用。末端胺基配位基也可以對所得膜提供如以上討論的改良熱穩定性，以及額外的 N 及/或 C 來源。

【0087】 當  $t=2$  以及  $R$ 、 $R^2$ 、 $R^3$ 、 $R^4$  以及  $R^5=H$ ，所揭示聚碳矽氮烷前驅物含有具有下式單元  $[-NH-SiH_2-CH_2-CH_2-SiH_2-]_n$ （亦即， $[-NH-DSB-]_n$ ）。 $[-NH-DSB-]_n$  含有多個 Si-H 鍵，使其對基材表面更具反應性。結果，此前驅物可適合用於沉積方法的旋塗。申請人相信，此前驅物甚至有足夠反應性而接附至 Si-Cl 封端或甚至 Si 封端基材表面。

【0088】 當  $t=2$ ； $R^2$ 、 $R^3$ 、 $R^4$  以及  $R^5=H$ ；以及  $R=Si_xH_{2x+1}$ （其中  $x=1$  至 4），所揭示聚碳矽氮烷前驅物含有具有下式單元

$[-N(SiH_3)-SiH_2-CH_2-CH_2-SiH_2-]_n$ 、

$[-N(Si_2H_5)-SiH_2-CH_2-CH_2-SiH_2-]_n$ 、

$[-N(Si_3H_7)-SiH_2-CH_2-CH_2-SiH_2-]_n$ 、及/或

$[-N(Si_4H_9)-SiH_2-CH_2-CH_2-SiH_2-]_n$ 。矽基配位基的選擇可有助於提供具有所欲矽含量的膜。換言之， $Si_4H_9$  配位基所製備膜所具有的 Si 比由  $SiH_3$  配位基製備的還多

【0089】 當  $t=2$ ； $R^1$ 、 $R^2$ 、 $R^3$ 、 $R^4$  以及  $R^5=H$ ；以及  $R=SiH_z(C_yH_{2y+1})_{3-z}$ （其中  $y=1$  至 6 且  $z=0$  至 2），所揭示碳矽氮烷前驅物含有具有下式的單元，其包括但不限於  $[-N(Si(Me)_3)-SiH_2-CH_2-CH_2-SiH_2-]_n$ 、

$[-N(Si(Et)_3)-SiH_2-CH_2-CH_2-SiH_2-]_n$ 、

$[-N(Si(iPr)_3)-SiH_2-CH_2-CH_2-SiH_2-]_n$ 、

$[-N(Si(nPr)_3)-SiH_2-CH_2-CH_2-SiH_2-]_n$ 、

$[-N(Si(Bu)_3)-SiH_2-CH_2-CH_2-SiH_2-]_n$ 、

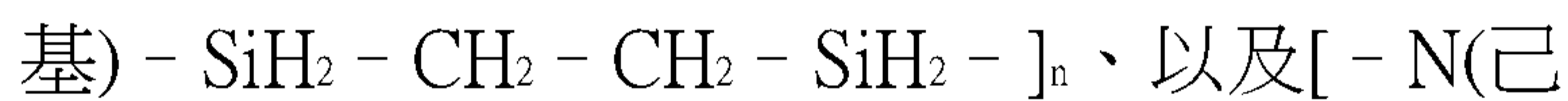
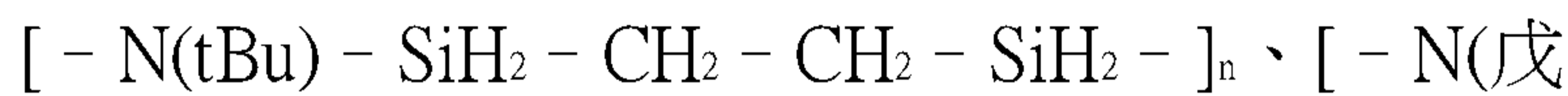
$[-N(Si(iBu)_3)-SiH_2-CH_2-CH_2-SiH_2-]_n$ 、

$[-N(Si(tBu)_3)-SiH_2-CH_2-CH_2-SiH_2-]_n$ 、 $[-N(Si(戊$



基)<sub>3</sub>-SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>2</sub>-]<sub>n</sub>、[-N(Si(己  
 基)<sub>3</sub>-SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>2</sub>-]<sub>n</sub>、  
 [-N(SiH(Me)<sub>2</sub>)-SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>2</sub>-]<sub>n</sub>、  
 [-N(SiH(Et)<sub>2</sub>)-SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>2</sub>-]<sub>n</sub>、  
 [-N(SiH(iPr)<sub>2</sub>)-SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>2</sub>-]<sub>n</sub>、  
 [-N(SiH(nPr)<sub>2</sub>)-SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>2</sub>-]<sub>n</sub>、  
 [-N(SiH(Bu)<sub>2</sub>)-SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>2</sub>-]<sub>n</sub>、  
 [-N(SiH(iBu)<sub>2</sub>)-SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>2</sub>-]<sub>n</sub>、  
 [-N(SiH(tBu)<sub>2</sub>)-SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>2</sub>-]<sub>n</sub>、[-N(SiH(戊  
 基)<sub>2</sub>-SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>2</sub>-]<sub>n</sub>、[-N(SiH(己  
 基)<sub>2</sub>-SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>2</sub>-]<sub>n</sub>、  
 [-N(SiH<sub>2</sub>(Me))-SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>2</sub>-]<sub>n</sub>、  
 [-N(SiH<sub>2</sub>(Et))-SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>2</sub>-]<sub>n</sub>、  
 [-N(SiH<sub>2</sub>(iPr))-SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>2</sub>-]<sub>n</sub>、  
 [-N(SiH<sub>2</sub>(nPr))-SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>2</sub>-]<sub>n</sub>、  
 [-N(SiH<sub>2</sub>(Bu))-SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>2</sub>-]<sub>n</sub>、  
 [-N(SiH<sub>2</sub>(iBu))-SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>-SiH<sub>2</sub>-]<sub>n</sub>、  
 [-N(SiH<sub>2</sub>(tBu))-SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>2</sub>-]<sub>n</sub>、以及[-N(SiH<sub>2</sub>(戊  
 基))-SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>2</sub>-]<sub>n</sub>、以及[-N(SiH<sub>2</sub>(己  
 基))-SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>2</sub>-]<sub>n</sub>。

**【0090】** 當 t=2，R=C<sub>y</sub>H<sub>2y+1</sub> (y =1 至 6)，以及 R<sup>2</sup>、R<sup>3</sup>、R<sup>4</sup> 以及 R<sup>5</sup>=H，所  
 揭示聚碳矽氮烷前驅物含有具有下式的單元，其包括但不限於



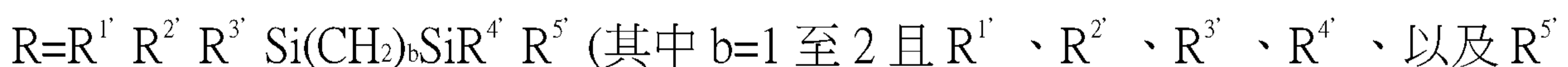
SiOC 或 SiNC)的沉積，因為 Si-C 鍵(對 Si-R 而言)反應性不高且可能在沉積

方法期間原封不動。結果，為了避免太多 C 沉積，y 較佳為 1 至 3。此等前

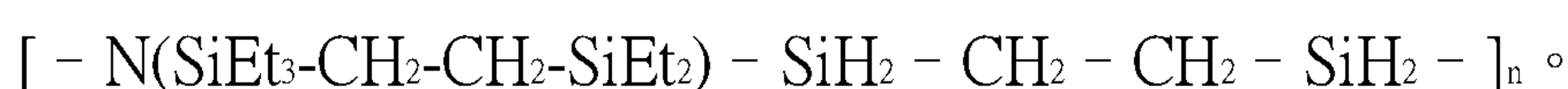
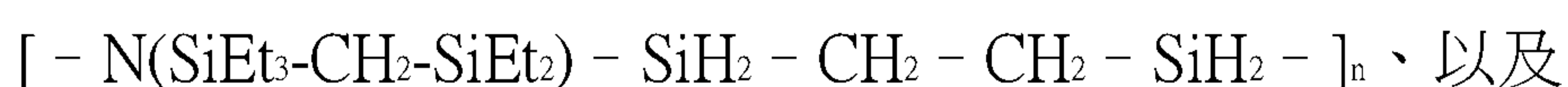
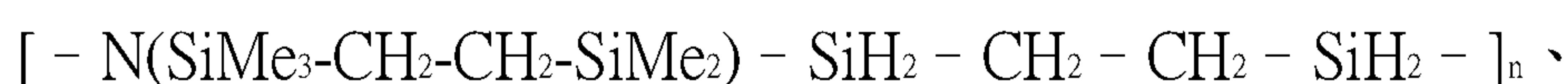
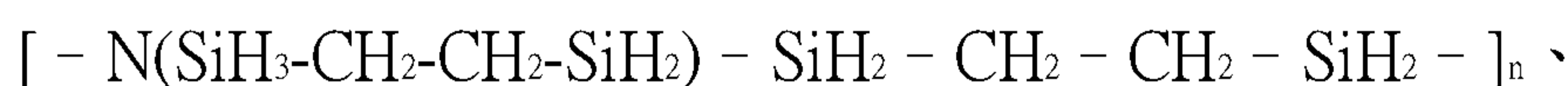
驅物也比[-NH-DSB-]<sub>n</sub>類似物更容易合成，因為 RNHR<sub>2</sub>反應物在 Et、Pr、Bu、

戊基、以及己基時為液體。

【0091】 當 t=2；R<sup>2</sup>、R<sup>3</sup>、R<sup>4</sup>以及 R<sup>5</sup>=H；以及



獨立地為 H 或 C<sub>1</sub>-C<sub>6</sub>烷基)，所揭示聚碳矽氮烷前驅物含有具有下式的單元，



【0092】 當  $t=2$ ； $R^2$ 、 $R^3$ 、 $R^4$  以及  $R^5=H$ ；以及  $R=R^1 R^2 R^3 Si(CH_2)_b SiR^4 R^5$  (其中  $b=1$  至  $2$  且  $R^1$ 、 $R^2$ 、 $R^3$ 、 $R^4$  以及  $R^5=H$ )，所揭示聚碳矽氮烷前驅物含有具有下式的單元

$[-N(-SiH_2-CH_2-SiH_3)-SiH_2-CH_2-CH_2-SiH_2-]_n$  (亦即、  
 $[-N(DSP)-DSB-]_n$ ) 或

$[-N(-SiH_2-CH_2-CH_2-SiH_3)-SiH_2-CH_2-CH_2-SiH_2-]_n$  (亦即、  
 $[-N(DSB)-DSB-]_n$ )。  $[-N(DSP)-DSB-]_n$  以及  $[-N(DSB)-DSB-]_n$  含有多個 Si-H 鍵，使其對基材表面更具反應性。結果，此前驅物可適合用於沉積方法的旋塗。申請人相信，此前驅物甚至有足夠反應性而接附至 Si-Cl 封端或甚至 Si 封端基材表面。

【0093】 當  $t=2$ ； $R^2$ 、 $R^3$ 、 $R^4$  以及  $R^5=H$ ；以及  $R=SiH_x(NR' R'')_{3-x}$  (其中  $x=1$  或  $2$  且  $R'$  以及  $R''$  獨立地為 Me、Et、iPr、nPr)，所揭示碳矽氮烷前驅物含有具有下式的單元，其包括但不限於

$[-N(SiH_2NMe_2)-SiH_2-CH_2-CH_2-SiH_2-]_n$ 、 $[-N(SiH_2NEt_2)-SiH_2-CH_2-CH_2-SiH_2-]_n$ 、  
 $[-N(SiH_2NiPr_2)-SiH_2-CH_2-CH_2-SiH_2-]_n$ 、 $[-N(SiH_2NnPr_2)-SiH_2-CH_2-CH_2-SiH_2-]_n$ 、  
 $[-N(SiH_2NMeEt)-SiH_2-CH_2-CH_2-SiH_2-]_n$ 、 $[-N(SiH(NMe_2)_2)-SiH_2-CH_2-CH_2-SiH_2-]_n$ 、  
 以及  $[-N(SiH(NEt_2)_2)-SiH_2-CH_2-CH_2-SiH_2-]_n$ 。

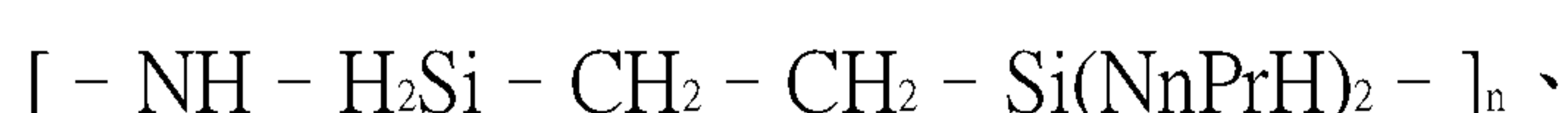
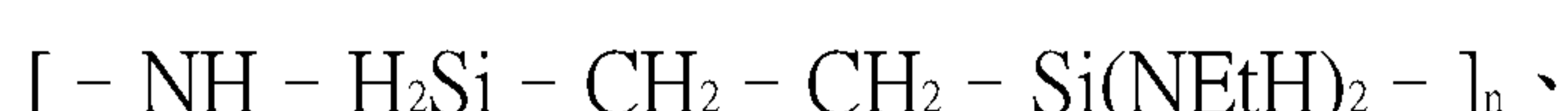
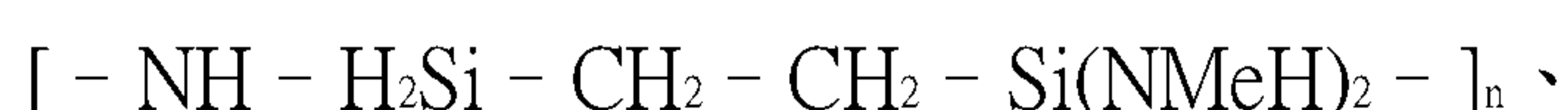
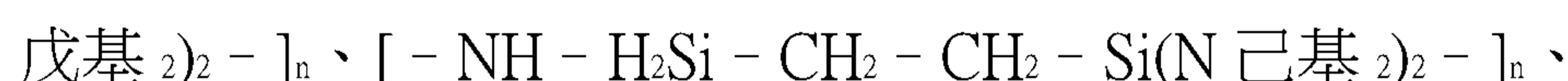
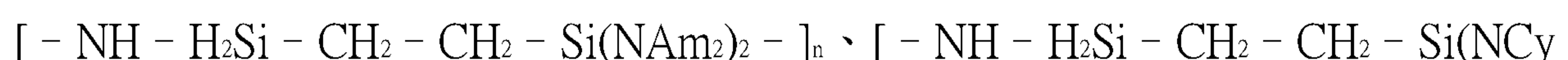
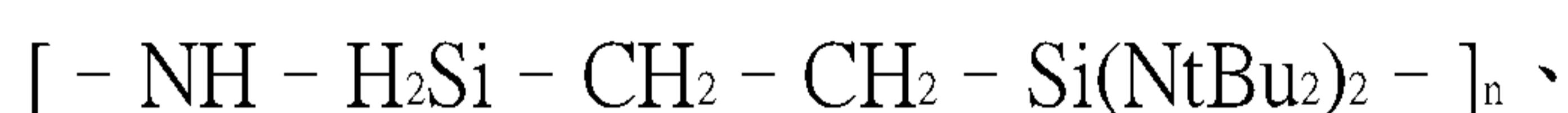
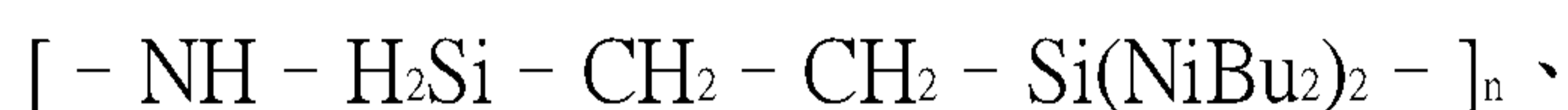
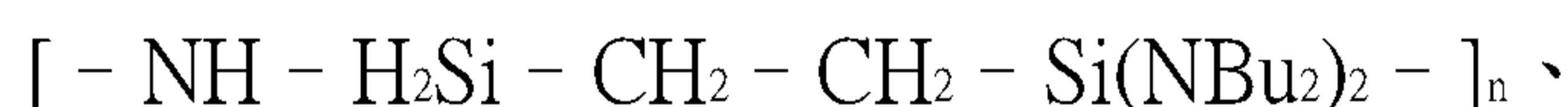
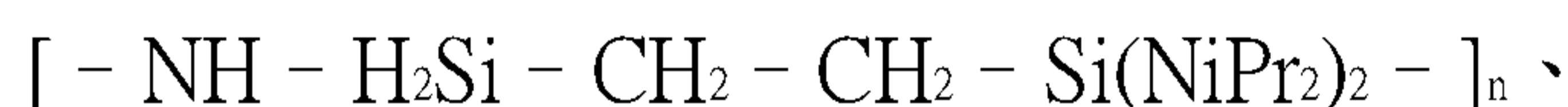
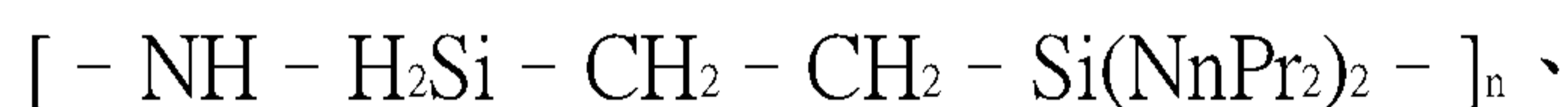
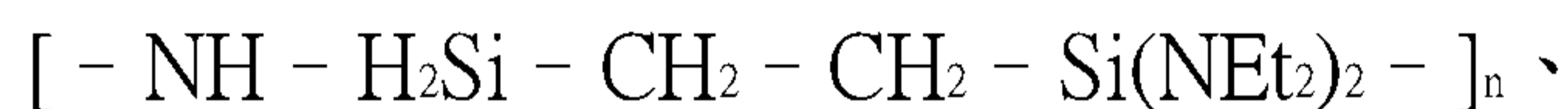
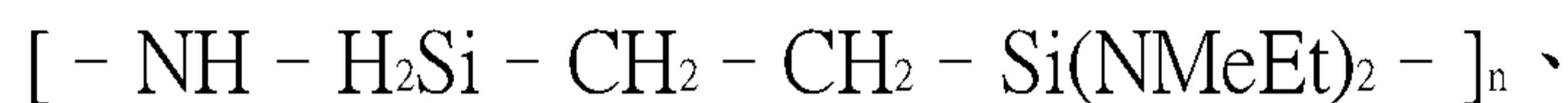
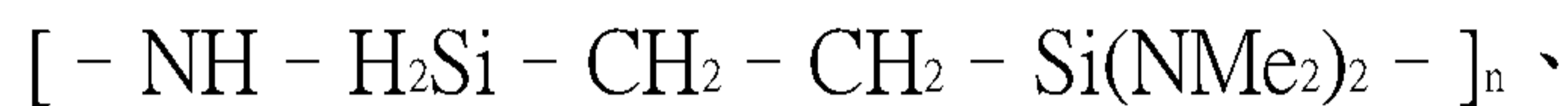
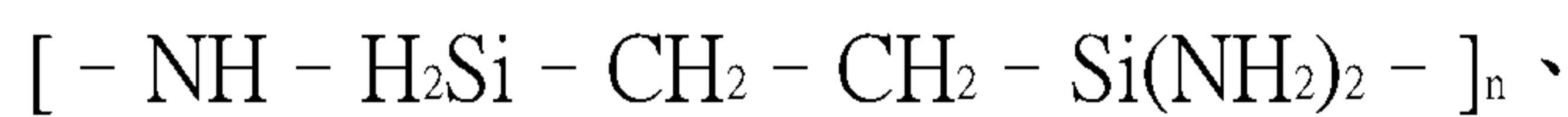
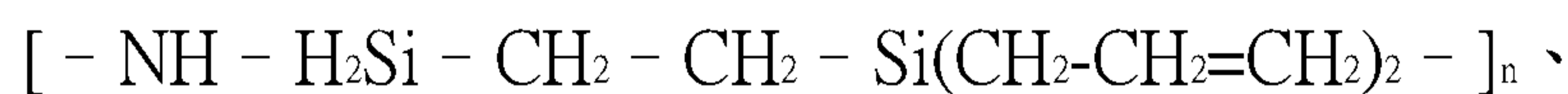
【0094】 式(II)呈現的示範性聚碳矽氮烷前驅物(其中  $t=2$  以及  $R$ 、 $R^3$ 、 $R^4$  以及  $R^5=H$ )含有具有下式的單元，其包括但不限於

$[-NH-H_2Si-CH_2-CH_2-SiH(CH_2=CH_2)-]_n$ 、  
 $[-NH-H_2Si-CH_2-CH_2-SiH(CH_2-CH_2=CH_2)-]_n$ 、  
 $[-NH-H_2Si-CH_2-CH_2-SiH(NH_2)-]_n$ 、

- $[ - \text{NH} - \text{H}_2\text{Si} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}(\text{NMe}_2) - ]_n$ 、  
 $[ - \text{NH} - \text{H}_2\text{Si} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}(\text{NMeEt}) - ]_n$ 、  
 $[ - \text{NH} - \text{H}_2\text{Si} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}(\text{NEt}_2) - ]_n$ 、  
 $[ - \text{NH} - \text{H}_2\text{Si} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}(\text{NnPr}_2) - ]_n$ 、  
 $[ - \text{NH} - \text{H}_2\text{Si} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}(\text{NiPr}_2) - ]_n$ 、  
 $[ - \text{NH} - \text{H}_2\text{Si} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}(\text{NBu}_2) - ]_n$ 、  
 $[ - \text{NH} - \text{H}_2\text{Si} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}(\text{NiBu}_2) - ]_n$ 、  
 $[ - \text{NH} - \text{H}_2\text{Si} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}(\text{NtBu}_2) - ]_n$ 、  
 $[ - \text{NH} - \text{H}_2\text{Si} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}(\text{NAm}_2) - ]_n$ 、  
 $[ - \text{NH} - \text{H}_2\text{Si} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}(\text{NCy 戊基}_2) - ]_n$ 、  
 $[ - \text{NH} - \text{H}_2\text{Si} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}(\text{N 己基}_2) - ]_n$ 、  
 $[ - \text{NH} - \text{H}_2\text{Si} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}(\text{NCy 己基}_2) - ]_n$ 、  
 $[ - \text{NH} - \text{H}_2\text{Si} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}(\text{NMeH}) - ]_n$ 、  
 $[ - \text{NH} - \text{H}_2\text{Si} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}(\text{NEtH}) - ]_n$ 、  
 $[ - \text{NH} - \text{H}_2\text{Si} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}(\text{NnPrH}) - ]_n$ 、  
 $[ - \text{NH} - \text{H}_2\text{Si} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}(\text{NiPrH}) - ]_n$ 、  
 $[ - \text{NH} - \text{H}_2\text{Si} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}(\text{NBuH}) - ]_n$ 、  
 $[ - \text{NH} - \text{H}_2\text{Si} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}(\text{NiBuH}) - ]_n$ 、  
 $[ - \text{NH} - \text{H}_2\text{Si} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}(\text{NtBuH}) - ]_n$ 、  
 $[ - \text{NH} - \text{H}_2\text{Si} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}(\text{NAmH}) - ]_n$ 、  
 $[ - \text{NH} - \text{H}_2\text{Si} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}(\text{吡啶}) - ]_n$ 、 $[ - \text{NH} - \text{H}_2\text{Si} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}(\text{吡咯}) - ]_n$ 、  
 $[ - \text{NH} - \text{H}_2\text{Si} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}(\text{吡咯啶}) - ]_n$ 、以及

$[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{咪唑})-]_n$ 。至少部分基於以上討論關於 SiH 鍵的好處，此等前驅物適合用於旋塗應用。胺基配位基也可對最後膜提供以上討論的改良熱穩定性，以及額外的 N 及/或 C 來源。

【0095】 式(II)呈現的示範性聚碳矽氮烷前驅物(其中  $t=2$  以及  $R, R^4$  以及  $R^5=H$ )含有具有下式的單元，其包括但不限於



$[ - \text{NH} - \text{H}_2\text{Si} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{Si}(\text{NiPrH})_2 - ]_n$ 、  
 $[ - \text{NH} - \text{H}_2\text{Si} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{Si}(\text{NBuH})_2 - ]_n$ 、  
 $[ - \text{NH} - \text{H}_2\text{Si} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{Si}(\text{NiBuH})_2 - ]_n$ 、  
 $[ - \text{NH} - \text{H}_2\text{Si} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{Si}(\text{NtBuH})_2 - ]_n$ 、  
 $[ - \text{NH} - \text{H}_2\text{Si} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{Si}(\text{NAmH})_2 - ]_n$ 、 $[ - \text{NH} - \text{H}_2\text{Si} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{Si}(\text{吡啶})_2 - ]_n$ 、  
 $[ - \text{NH} - \text{H}_2\text{Si} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{Si}(\text{吡咯})_2 - ]_n$ 、  
 $[ - \text{NH} - \text{H}_2\text{Si} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{Si}(\text{吡咯啶})_2 - ]_n$ 、以及  
 $[ - \text{NH} - \text{H}_2\text{Si} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{Si}(\text{咪唑})_2 - ]_n$ 。至少部分基於以上討論關於 SiH 鍵的好處，此等前驅物適合用於旋塗應用。胺基配位基也對所得膜提供如以上討論的改良熱穩定性，以及額外的 N 及/或 C 來源。

**【0096】** 式(II)呈現的示範性聚碳矽氫烷前驅物(其中  $t=2$  以及  $R$ 、 $R^3$  以及  $R^5=H$ )含有具有下式的單元，其包括但不限於

$[ - \text{NH} - \text{SiH}(\text{CH}_2=\text{CH}_2) - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}(\text{CH}_2=\text{CH}_2) - ]_n$ 、  
 $[ - \text{NH} - \text{SiH}(\text{CH}_2-\text{CH}_2=\text{CH}_2) - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}(\text{CH}_2-\text{CH}_2=\text{CH}_2) - ]_n$ 、  
 $[ - \text{NH} - \text{SiH}(\text{NH}_2) - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}(\text{NH}_2) - ]_n$ 、  
 $[ - \text{NH} - \text{SiH}(\text{NMe}_2) - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}(\text{NMe}_2) - ]_n$ 、  
 $[ - \text{NH} - \text{SiH}(\text{NMeEt}) - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}(\text{NMeEt}) - ]_n$ 、  
 $[ - \text{NH} - \text{SiH}(\text{NEt}_2) - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}(\text{NEt}_2) - ]_n$ 、  
 $[ - \text{NH} - \text{SiH}(\text{NnPr}_2) - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}(\text{NnPr}_2) - ]_n$ 、  
 $[ - \text{NH} - \text{SiH}(\text{NiPr}_2) - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}(\text{NiPr}_2) - ]_n$ 、  
 $[ - \text{NH} - \text{SiH}(\text{NBu}_2) - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}(\text{NBu}_2) - ]_n$ 、  
 $[ - \text{NH} - \text{SiH}(\text{NiBu}_2) - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}(\text{NiBu}_2) - ]_n$ 、

$[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{NtBu}_2)-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NtBu}_2)-]_n$ 、  
 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{NAm}_2)-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NAm}_2)-]_n$ 、 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{NCy 戊基}_2)-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NCy 戊基}_2)-]_n$ 、 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{N 己基}_2)-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{N 己基}_2)-]_n$ 、 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{NCy 己基}_2)-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NCy 己基}_2)-]_n$ 、  
 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{NMeH})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NMeH})-]_n$ 、  
 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{NEtH})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NEtH})-]_n$ 、  
 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{NnPrH})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NnPrH})-]_n$ 、  
 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{NiPrH})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NiPrH})-]_n$ 、  
 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{NBuH})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NBuH})-]_n$ 、  
 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{NiBuH})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NiBuH})-]_n$ 、  
 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{NtBuH})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NtBuH})-]_n$ 、  
 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{NAmH})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{NAmH})-]_n$ 、 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{吡啶})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{吡啶})-]_n$ 、 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{吡咯})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{吡咯})-]_n$ 、 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{吡咯啉})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{吡咯啉})-]_n$ 、以及  
 $[-\text{NH}-\text{SiH}(\text{咪唑})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}(\text{咪唑})-]_n$ 。至少部分基於以上討論關於 SiH 鍵的好處，此等前驅物適合用於旋塗應用。胺基配位基也對所得膜提供如以上討論的改良熱穩定性，以及額外的 N 及/或 C 來源。

**【0097】** 一個示範性合成方法中，所揭示前驅物可使用含有鹵素的反應物合成。第二示範性合成方法中，不需要含有鹵素的反應物。二種揭示合成方法皆可提供高產量。所揭示合成方法比習用合成方法更具選擇性(亦即，可能產生比先前技藝方法更多所欲前驅物)。無鹵素合成方法可用於製

造與對鹵化物敏感的基材一起使用的前驅物。

【0098】 申請人已發現，特定溶劑極性的選擇有助於減少合成不要的副產物。舉例而言，在非極性溶劑中，可以選擇性製備  $\text{RN}(\text{R}^4\text{R}^5\text{Si}(\text{CH}_2)_m\text{SiR}^1\text{R}^2\text{R}^3)_2$ ，而製備最小量的副產物  $\text{N}(\text{R}^4\text{R}^5\text{Si}(\text{CH}_2)_m\text{SiR}^1\text{R}^2\text{R}^3)_3$ 。相反的，在極性溶劑中，可以選擇性製備含有  $\text{N}(\text{R}^4\text{R}^5\text{Si}(\text{CH}_2)_m\text{SiR}^1\text{R}^2\text{R}^3)_3$  的化合物而產生最小量的  $\text{RN}(\text{R}^4\text{R}^5\text{Si}(\text{CH}_2)_m\text{SiR}^1\text{R}^2\text{R}^3)_2$  副產物。

【0099】 所揭示合成方法可以被放大倍數而製備大量產物。舉例而言，放大至約略 1 kg 至約略 100 kg。

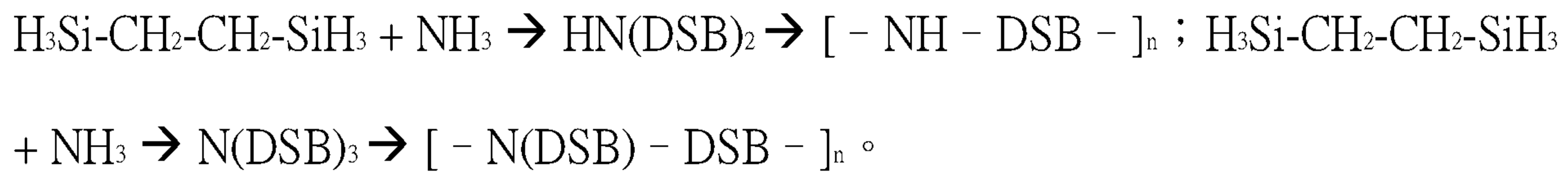
【0100】 示範性無鹵素合成路徑中，具有式  $\text{H}_3\text{Si}(\text{CH}_2)\text{SiH}_3$  (亦即，DSP) 的起始反應物在基於過渡金屬的異質或均質催化劑存在下於壓力反應器中與氨反應。該反應可為無溶劑或使用溶劑。示範性催化劑包括但不限於 Ru、Pt、Pd。如果使用溶劑，該溶劑可選自烴、胺、醚。該反應可產生二取代或三取代產物的混合物(例如，HNDSB2 以及 NDSB3)、或 N-DSP 的直鏈或分支鏈寡聚物(亦即，含有具有式  $[-\text{NR}-\text{DSP}-]_n$  單元的前驅物，其中 R 係定義同上)。可將反應參數最適化以產生所欲前驅物。示範性反應參數包括反應溫度、化學計量以及反應時間。

【0101】 以 DSB 起始反應物取代上述 DSP 起始反應物產生 HNDSB2 或 NDSB3。反應式如下所示。 $\text{H}_3\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_3 + \text{NH}_3 \rightarrow \text{HNDSB2}$ ；  
 $\text{H}_3\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_3 + \text{NH}_3 \rightarrow \text{NDSB3}$

【0102】 含有 N-DSB 的寡聚物  $[-\text{NH}-\text{DSB}-]_n$  以及  $[-\text{N}(\text{DSB})-\text{DSB}-]_n$  ( $n=2$  至 400) 可在在基於過渡金屬的異質催化劑(如但不限於 Ru、Pt、Pd)以及基於過渡金屬的均質催化劑存在下於壓力反應器中藉



以 DSB 取代 DSP 經由無鹵素路徑以及在 20-150°C 加熱該混合物而合成。



【0103】 起始 DSP 或 DSB 反應物可藉由使  $\text{LiAlH}_4$  (LAH) 與在二甘醇二甲醚 (diglyme) ( $\text{H}_3\text{COC}_2\text{H}_4\text{OC}_2\text{H}_4\text{OCH}_3$ ) 中的  $\text{SiCl}_3\text{CH}_2\text{SiCl}_3$  或在二-n-丁醚 ( $\text{H}_9\text{C}_4\text{OC}_4\text{H}_9$ ) 中的  $\text{SiCl}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{SiCl}_3$  反應而合成。 $3\text{LiAlH}_4 + 2\text{SiCl}_3\text{CH}_2\text{SiCl}_3 \rightarrow 2\text{DSP} + 3\text{LiAlCl}_4$  or  $3\text{LiAlH}_4 + 2\text{SiCl}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{SiCl}_3 \rightarrow 2\text{DSB} + 3\text{LiAlCl}_4$ 。

【0104】 可替代的，氨反應物可被具有式  $\text{R}-\text{NH}_2$  的胺(其中 R 為  $\text{C}_1-\text{C}_6$  直鏈、分支鏈、飽和或不飽和烴)取代。此無鹵素反應產生(-DSP-NR-)或(-DSB-NR-)。

【0105】  $\text{RN}(-\text{SiR}^4\text{R}^5-\text{CH}_2-\text{SiR}^1\text{R}^2\text{R}^3)_2$  可在壓力反應器中在基於過渡金屬的異質或均質催化劑存在下、有或無溶劑之下、藉由混合  $\text{HN}(-\text{SiR}^4\text{R}^5-\text{CH}_2-\text{SiR}^1\text{R}^2\text{R}^3)_2$  與碳矽烷(例如,  $\text{H}_3\text{SiC}_n\text{H}_{2n}\text{SiH}_3$ ) 或相應含有 R 的化合物而形成。示範性催化劑包括但不限於 Ru、Pt、Pd。混合物經加熱至 20-150°C 之間溫度範圍。反應產生含有 RNDSP2、NDSP3 以及 N-DSP 組合的寡聚物。純含有 RNDSP2、NDSP3 或 N-DSP 的寡聚物可藉由適當蒸餾或分離方法而獲得。舉例而言,  $(\text{H}_3\text{Si}-\text{CH}_2-\text{SiH}_2)_2-\text{N}-\text{SiH}_2-\text{C}_n\text{H}_{2n}-\text{SiH}_3$  可在壓力反應器中藉著使  $\text{HN}(\text{DSP})_2$  與碳矽烷  $\text{H}_3\text{SiC}_n\text{H}_{2n}\text{SiH}_3$  於催化劑(諸如 Ru/C、Pt/C、Pd/C)存在下反應而合成。

【0106】  $\text{HN}(-\text{SiR}^4\text{R}^5-\text{CH}_2-\text{SiR}^1\text{R}^2\text{R}^3)_2$  可與具有式  $\text{Si}_x\text{R}'_{2x+2}$  ( $x=1-4$ ) 的矽烷反應而製備  $[\text{Si}_x\text{R}'_{2x+1}]-\text{N}(-\text{SiR}^4\text{R}^5-\text{CH}_2-\text{SiR}^1\text{R}^2\text{R}^3)_2$ 。更特別的,  $\text{HNDSP}_2$  與  $\text{SiH}_4$  反應而製備  $(\text{SiH}_3)\text{N}(\text{DSP})_2$ 。在壓力反應器中於基於過渡金屬的異均催化劑

(諸如 Ru、Pt、Pd)以及基於過渡金屬的均質催化劑存在下發生脫氫耦合反應(無鹵素路徑)。合成可在有或無溶劑下進行。混合物經加熱至 20-150°C 之間的溫度。 $\text{HN(DSP)}_2 + \text{Si}_n\text{H}_{2n+2} \rightarrow \text{RN(DSP)}_2$ ,  $\text{R} = \text{Si}_n\text{H}_{2n+1}$ ;  $n=1$  至 4。當  $n=1$ , 也可以製備(DSP)-N(SiH<sub>3</sub>)-(DSP)。當  $n=2$ , 也可以製備(DSP)-N(Si<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)-(DSP)。

【0107】 另一個實例,  $\text{HN}(-\text{SiR}^4\text{R}^5-\text{CH}_2-\text{SiR}^1\text{R}^2\text{R}^3)_2$  可與具有式  $\text{SiH}_3\text{C}_x\text{H}_{2x+1}$  ( $x = 1-4$ )的碳矽烷反應而製備 $(\text{SiH}_2\text{C}_x\text{H}_{2x+1})\text{N}(-\text{SiR}^4\text{R}^5-\text{CH}_2-\text{SiR}^1\text{R}^2\text{R}^3)_2$ 。更特別的是,  $\text{HN(DSP)}_2$  與  $\text{SiH}_3\text{Me}$  反應而製備 $(\text{MeSiH}_2)\text{N(DSP)}_2$ 。

【0108】  $(\text{DSP})_2\text{N}-(\text{SiH}_2(\text{CH}_2)_n\text{SiH}_3)$  或  $(\text{DSB})_2\text{N}-(\text{SiH}_2(\text{CH}_2)_n\text{SiH}_3)$  (其中  $n=1$  至 2) 可藉由使  $\text{HN(DSP)}_2$  或  $\text{HN(DSB)}_2$  與  $(\text{H}_3\text{SiC}_n\text{H}_{2n}\text{SiH}_3)$  ( $n = 1$  至 2) 在壓力反應器中藉脫氫耦合(無鹵素路徑)於催化劑如 Ru/C、Pt/C、Pd/C 存在下反應而合成, 其具有以下反應式:  $(\text{DSP})_2\text{N-H} + \text{H}_3\text{SiC}_n\text{H}_{2n}\text{SiH}_3 = (\text{DSP})_2\text{N-SiH}_2\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{SiH}_3 + \text{H}_2$ , 其中  $n=1$  至 2。

【0109】 可替代的,  $\text{RNDSP}_2$  或  $\text{RNDSB}_2$  產物可經由鹵化路徑合成。 $\text{HNDSP}_2$  與在烷溶劑中的相應鹵化烷、矽烷、或碳矽混合。合適的溶劑包括烴或醚溶劑如二乙醚、四氫呋喃(THF)、乙二醇二甲基醚或苯甲醚(anisole)。因為 HCl 為此反應的副產物, 所以需要 HCl 去除劑。示範性 HCl 去除劑包括任何胺, 但是較佳為第三胺。舉例而言,  $(\text{H}_3\text{Si-CH}_2-\text{SiH}_2)_2\text{-N-SiH}_2\text{-C}_n\text{H}_{2n}\text{-SiH}_3$  ( $n=1$  至 2) 可藉由使  $\text{HN(DSP)}_2$  或  $\text{HN(DSB)}_2$  以及相應鹵化碳矽烷( $\text{X-H}_2\text{SiC}_n\text{H}_{2n}\text{SiH}_3$ ;  $\text{X}=\text{Cl}$ 、Br、I、 $n=1$  至 2) 在有或無溶劑反應而合成。示範性溶劑包括烴或芳香族溶劑如苯、甲苯、第三胺等。

【0110】  $\text{HN}(-\text{SiR}^4\text{R}^5-\text{CH}_2-\text{SiR}^1\text{R}^2\text{R}^3)_2$  或  $\text{N}(-\text{SiR}^4\text{R}^5-\text{CH}_2-\text{SiR}^1\text{R}^2\text{R}^3)_3$  可藉由在溶劑中混合  $\text{X-N}(-\text{SiR}^4\text{R}^5-\text{CH}_2-\text{SiR}^1\text{R}^2\text{R}^3)_2$  以及  $\text{NH}_3$  選擇性地合成。如果使用

非極性溶劑(諸如甲苯)，則產生  $\text{HN}(-\text{SiR}^4\text{R}^5-\text{CH}_2-\text{SiR}^1\text{R}^2\text{R}^3)_2$ 。如果使用極性溶劑，則產生  $\text{N}(-\text{SiR}^4\text{R}^5-\text{CH}_2-\text{SiR}^1\text{R}^2\text{R}^3)_3$ 。示範性但非限制性極性溶劑包括醚溶劑諸如二乙醚、THF、乙二醇二甲基醚(glymes)或苯甲醚。舉例而言，NDSP3 可藉由在醚溶劑中混合 DSP-Cl 以及氨選擇性地合成。可替代的，HNDSP2 可藉由在甲苯中混合 DSP-Cl 以及氨選擇性地合成。因為 HCl 為此等反應的副產物，所以需要 HCl 去除劑。示範性 HCl 去除劑包括但不限於胺以及較佳為第三胺或過量氨，視所欲產物而定。

**【0111】**  $\text{HN}(-\text{SiR}^4\text{R}^5-\text{CH}_2-\text{SiR}^1\text{R}^2\text{R}^3)_2$  可與具有式 R-X 的鹵化烷(其中 X 為 Cl、Br、或 I 且  $\text{R}=\text{C}_x\text{H}_{2x+2}$ )反應而產生  $(\text{C}_x\text{H}_{2x+1})\text{N}(-\text{SiR}^4\text{R}^5-\text{CH}_2-\text{SiR}^1\text{R}^2\text{R}^3)_2$ 。舉例而言， $\text{HN}(\text{DSP})_2$  與  $\text{CH}_3\text{Cl}$  反應而產生  $(\text{Me})\text{N}(\text{DSP})_2$ 。

**【0112】**  $(\text{SiH}_2\text{NMe}_2)\text{N}(\text{DSP})_2$  可藉  $\text{HN}(\text{DSP})_2$  以及  $\text{X-SiH}_2\text{NMe}_2$  在有或無溶劑下反應而合成。溶劑可為烴溶劑、第三胺等。

**【0113】**  $(\text{DSP})_2\text{N}-(\text{SiH}_2(\text{CH}_2)_n\text{SiH}_3)$  或  $(\text{DSB})_2\text{N}-(\text{SiH}_2(\text{CH}_2)_n\text{SiH}_3)$  可藉  $\text{HN}(\text{DSP})_2$  或  $\text{HN}(\text{DSB})_2$  與相應鹵化碳矽烷( $\text{X-H}_2\text{SiC}_n\text{H}_{2n}\text{SiH}_3$ ; X=Cl、Br、I)在有或無溶劑下反應而合成。示範性非限制性溶劑包括烴溶劑、芳香族溶劑如苯、甲苯等、第三胺等。

**【0114】** 所揭示碳矽氮烷  $\text{RN}(\text{DSP})_2$  或  $\text{RN}(\text{DSB})_2$  可藉由混合  $(\text{DSP})_2\text{NH}$  與  $n\text{BuLi}$ (直鏈或分支鏈烷基鋰)而合成。 $(\text{DSP})_2\text{NH}$  上的酸性質子可藉由與  $n\text{BuLi}$  反應、接著藉由在烴溶劑(諸如但不限制於戊烷、己烷等)或醚溶劑(諸如但不限制於二乙醚、THF、乙二醇二甲基醚或苯甲醚)中混合具有式 R-X(其中 X=Cl、Br 或 I; R 為烷、矽烷、碳矽烷、苯基)的鹵化化合物或矽胺基( $\text{SiNR}'_2$  或  $\text{SiNR}'\text{R}''$ )，其中 R' 以及 R'' 每一個獨立地為 H、烴(C1 至 C12)而萃取。

舉例而言，HNDSP2 與  $\text{SiMe}_3\text{X}$  反應而產生  $(\text{SiMe}_3)\text{N}(\text{DSP})_2$ ；HNDSP2 與  $\text{CH}_3\text{X}$  反應而產生  $(\text{Me})\text{N}(\text{DSP})_2$ 。 $(\text{DSP})_2\text{N}-[\text{CH}_2]_n\text{H}$  (其中  $n=1-6$ ) 可藉由使 HNDSP2 與  $n\text{BuLi}$  反應，接著在烴溶劑(如戊烷、己烷等)或醚溶劑(如二乙醚、THF 等、芳香族溶劑如苯、甲苯等)中與烷基鹵化物(烷基= $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}$  且鹵化物= $\text{Cl}$ 、 $\text{Br}$ 、 $\text{I}$ )反應而合成，其具有反應式： $\text{HN}(\text{DSP})_2 + \text{R}-\text{X} \rightarrow \text{RN}(\text{DSP})_2 + \text{HCl}$ ，其中  $\text{X}=\text{Cl}$ 、 $\text{Br}$  或  $\text{I}$ ； $\text{R}=\text{C}_n\text{H}_{2n+1}$ ； $n=1-6$ 。

【0115】 可替代的， $\text{HN}(\text{DSB})_2$  以及  $\text{N}(\text{DSB})_3$  也可藉由以  $\text{DSB}-\text{Cl}$  取代  $\text{DSP}-\text{Cl}$  在用於產生  $\text{N}(\text{DSP})_2$  以及  $\text{N}(\text{DSP})_3$  的上述涉及鹵素路徑選擇性地產生。 $\text{ClSiH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_3 + \text{NH}_3 \rightarrow \text{HN}(\text{DSB})_2 + \text{HCl}$ ； $\text{ClSiH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SiH}_3 + \text{NH}_3 \rightarrow \text{N}(\text{DSB})_3 + \text{HCl}$ 。在非極性溶劑中，可以選擇性地產生  $\text{HN}(\text{DSB})_2$ 。以極性溶劑取代非極性溶劑， $\text{N}(\text{DSB})_3$  可在使用涉及鹵素路徑選擇性地產生。

【0116】 一般技藝人士會認知，經取代的 DSP 以及 DSB 反應物可分別使用  $\text{HSiR}_2-\text{CH}_2-\text{SiR}_3$  或  $\text{ClSiR}_2-\text{CH}_2-\text{SiR}_3$  以及脫氫耦合或  $\text{Cl}$  交換路徑而合成。

【0117】 為了確保方法可靠性，所得形成含矽膜之組成物在使用前可藉連續或分批蒸餾或昇華被純化至約略 90% w/w 至約略 100% w/w 範圍、較佳在約略 99% w/w 至約略 100% w/w 範圍的純度。形成含矽膜之組成物可含有任何以下雜質：不要的同源種類；溶劑；氯化金屬化合物；或其它反應產物。較佳者，此等雜質總量低於 0.1% w/w。

【0118】 經純化材料中每一個溶劑(諸如甲苯、己烷、經取代己烷、戊烷、經取代戊烷、二乙醚、THF、乙二醇二甲基醚、二甲氧基醚、或苯甲醚)的濃度可為約略 0% w/w 至約略 5% w/w、較佳約略 0% w/w 至約略 0.1%

w/w 的範圍。溶劑可用於組成物的合成。如果二種溶劑具有類似沸點，很難從組成物分離溶劑。冷卻混合物可產生在液體溶劑中的固態前驅物，可藉過濾予以分離。只要前驅物產物不被加熱至約略高於其分解點，也可以使用真空蒸餾。

**【0119】** 一個具體實例中，所揭示形成含矽膜之組成物含有小於 5% v/v、較佳小於 1% v/v、更佳小於 0.1% v/v、以及甚至更佳小於 0.01% v/v 的任何其不要的同源種類、反應物、或其它反應產物。此具體實例可提供較佳的方法再現性。此具體實例可藉由形成含矽膜之組成物的蒸餾而產生。在可替代具體實例中，特別是當混合物提供改良方法參數或分離標的前驅物太困難或太昂貴時，所揭示形成含矽膜之組成物可含有 5% v/v 以及 50% v/v 之間的碳矽氮烷或聚碳矽氮烷前驅物。舉例而言，反應產物混合物可產生適合用於旋塗或氣相沉積的穩定液體混合物。

**【0120】** 形成含矽膜之組成物中每一種微量金屬以及類金屬濃度可為約略 0 ppbw 至約略 500 ppbw、較佳約略 0 ppbw 至約略 100 ppbw、以及更佳約略 0 ppbw 至約略 10 ppbw 範圍。一般技藝人士會認知，使用反應物(諸如氫氟酸、硝酸或硫酸)萃取、以及藉原子吸收光譜分析、或使用類似分析技術測定微量金屬以及類金屬濃度。一般技藝人士會進一步認知，用於氣相沉積前驅物所需濃度可低於用於聚合物前驅物者。

**【0121】** 經純化的形成含矽膜之組成物中的鹵素濃度可為約略 0 ppmw 至約略 1000 ppmw、較佳 0 ppmw 至 500 ppmw、以及更佳 0 ppmw 至 100 ppmw 的範圍。鹵素濃度可藉氣相層析原子發射光譜法(GC-AES)或為此技藝習知的其它技術加以測定。此等分析技術提供共價鍵結鹵素-矽烷鹵素

以及鹵化物離子二者的總濃度。可替代的，鹵化物濃度可藉離子層析加以測定。一般技藝人士會認知，特別當前驅物包括 Si-鹵素鍵時，鹵化物濃度可低於相同前驅物的鹵素濃度。鹵化物濃度可為約略 0 ppmw 至約略 500 ppmw、較佳約略 0 ppmw 至約略 250 ppmw、以及更佳約略 0 ppmw 至約略 75 ppmw 範圍。

**【0122】** 也揭示使用揭示的式 I 或式 II 前驅物供氣相沉積方法的方法。為了適合用於氣相沉積方法，所揭示前驅物應具有約略 150 至約略 600、較佳約略 200 至約略 400 範圍的分子量。所揭示方法提供形成含矽膜之組成物在沉積含矽膜的用途。所揭示方法可用於製備半導體、光伏、LCD-TFT、或平坦面板型裝置。該方法包括：將所揭示形成含矽膜之組成物的蒸氣導入內部配置基材的反應器；以及經由沉積方法將至少部分所揭示碳矽氮烷或聚碳矽氮烷前驅物沉積至基材上而形成含矽層。

**【0123】** 所揭示方法也提供使用氣相沉積方法在基材上形成含雙金屬層以及、更特別的用於  $\text{SiMO}_x$  膜沉積，其中  $x$  可為 0-4 以及  $M$  為 Ta、Hf、Nb、Mg、Al、Sr、Y、Ba、Ca、As、Sb、Bi、Sn、Pb、Co、鑼系元素(諸如 Er)、或其組合。

**【0124】** 所揭示在基材上形成含矽層的方法可用於製造半導體、光伏、LCD-TFT、或平坦面板型裝置。使用為此技藝習知的任何氣相沉積方法，所揭示形成含矽膜之組成物可沉積含矽膜。適合的氣相沉積方法實例包括化學氣相沉積(CVD)或原子層沉積(ALD)。示範性的 CVD 方法包括熱 CVD、電漿增強 CVD(PECVD)、脈衝 CVD(PCVD)、低壓 CVD(LPCVD)、次大氣壓 CVD(SACVD)或大氣壓 CVD(APCVD)、流動式 CVD(f-CVD)、金屬有機化學

氣相沉積(MOCVD)、熱絲 CVD(HWCVD(也稱為 cat-CVD)，其中熱絲作為沉積方法的能量來源)、併有自由基之 CVD、以及其組合。示範性 ALD 方法包括熱 ALD、電漿增強 ALD(PEALD)、空間隔離 ALD、熱絲 ALD(HWALD)、併有自由基之 ALD、以及其組合。也可以使用超臨界流體沉積。為了提供合適步驟覆蓋以及膜厚度控制，沉積方法較佳為 ALD、空間隔離 ALD、或 PE-ALD。

**【0125】** 將形成含矽膜之組成物的蒸氣導入含有基材的反應腔室。反應腔室內的溫度以及壓力以及基材溫度經維持在適合至少部分碳矽氮烷前驅物氣相沉積至基材上的條件。換言之，將氣化組成物導入腔室內後，腔室內條件使得至少部分氣化前驅物沉積至基材上而形成含矽膜。也可以使用共反應物協助形成該含矽層。

**【0126】** 反應腔室可為裝置的任何殼體或腔室，在其中產生沉積方法，諸如而不限於平行板型反應器、冷壁型反應器、熱壁型反應器、單晶圓反應器、多晶圓反應器、或其它此種型號沉積系統。所有此等示範性反應腔室能夠作為 ALD 反應腔室。反應腔室可維持在約 0.5 mTorr 至約 20 Torr 範圍的壓力。此外，反應腔室內溫度可在約 20°C 至約 600°C 範圍。一般技藝人士會認知，經由實驗可將溫度最適化而達到所要結果。

**【0127】** 反應器溫度可藉由控制基材固定器溫度或控制反應器壁溫度加以控制。用於加熱基材的裝置為此技藝習知者。反應器壁經加熱至獲得在足夠生長率以及所欲物理狀態以及組成物的所欲膜的足夠溫度。反應器壁可被加熱的非限制示範性溫度範圍包括約略 20°C 至約略 600°C。當使用電漿沉積方法時，沉積溫度可為約略 20°C 至約略 550°C 範圍。可替代的，

當進行熱方法時，沉積溫度可為約略 300°C 至約略 600°C 範圍。

【0128】 可替代的，基材可經加熱至獲得在足夠生長率以及所欲物理狀態以及組成物的所欲膜的足夠溫度。基材可被加熱的非限制示範性溫度範圍包括 150°C 至 600°C。較佳者，基材溫度維持小於或等於 500°C。

【0129】 含矽膜將沉積在其上的基材種類會視最終所欲用途而改變。一般而言，基材係定義為在其上進行方法的材料。基材可為用於半導體、光伏、平板、或 LCD-TFT 裝置之製造的任何合適基材。合適基材的實例包括晶圓，諸如矽、二氧化矽、玻璃、Ge、或 GaAs 晶圓。晶圓可具有沉積在其上的來自先前製造步驟的一或多層不同材料。舉例而言，晶圓可包括矽層(結晶、非結晶、多孔等)、二氧化矽層、氮化矽層、氮化矽氧層、摻雜碳的二氧化矽(SiCOH)層、或其組合。額外的，晶圓可包括銅層、鎢層或金屬層(例如鉑、鈮、鎳、銻、或金)。晶圓可包括阻障層，諸如錳、氧化錳、鈹、氮化鈹等。也可以使用塑膠層，諸如聚(3,4-伸乙二氧基噻吩)聚(苯乙烯磺酸酯)[PEDOT:PSS]。該層可為平面或圖案化。在一些具體實例中，基材可為由氮化碳製成的圖案化光阻膜，舉例而言  $CH_x$ ，其中  $x$  大於 0(例如， $x \leq 4$ )。在一些具體實例中，基材可包括氧化物層，係作為介電材料 MIM、DRAM、或 FeRam 技術(例如，基於  $ZrO_2$  的材料、基於  $HfO_2$  的材料、基於  $TiO_2$  的材料、基於稀土族氧化物的材料、基於三元氧化物的材料等)或來自基於氮化物的膜(例如，TaN)，係作為銅與低-k 層之間的氧阻障。所揭示方法可將含矽層直接沉積於晶圓上或直接沉積在晶圓上一層或大於一層上(當圖案化層形成該基材)。再者，一般技藝人士會認知，本文所用「膜」或「層」用語指的是塗抹或散佈於表面上的一些材料厚度且該表面可為溝槽或線



條。說明書以及申請專利範圍全文中，晶圓以及任何其之上相關層稱為基材。所用實際基材也可視所用特定前驅物具體實例而定。在許多情況下，所用較佳基材將選自氫化碳、TiN、SRO、Ru、以及 Si 型基材，諸如聚矽或結晶矽基材。

**【0130】** 基板可圖案化為包括具有高縱橫比之通孔或溝槽。舉例而言，諸如 SiO<sub>2</sub> 之保形含矽膜可使用任何 ALD 技術沉積於縱橫比在約略 20：1 至約略 100：1 範圍內之穿矽通孔(TSV)上。在另一個實例中，溝槽可藉由流動式 CVD 被填充聚矽氮烷或聚碳矽氮烷以及藉退火或 UV 硬化被轉換成硬膜。如果在氧化大氣中進行退火或 UV 硬化，該膜可被轉換成含氧化矽膜。可替代的，如果在惰性、氮化大氣(NH<sub>3</sub>、肼、胺、NO)或碳化大氣退火或 UV 硬化，膜可被轉換成含氮化矽或氮碳化矽膜。

**【0131】** 形成含矽膜之組成物可以純淨態供應。可替代的，形成含矽膜之組成物可進一步包含適合氣相沉積的溶劑。溶劑可選自 C<sub>1</sub>-C<sub>16</sub> 飽和或不飽和烴、四氫呋喃(THF)、草酸二甲酯(DMO)、醚、吡啶、甲基異丁基酮、環己酮、乙醇、四丙醇、或其組合。

**【0132】** 對氣相沉積而言，藉由習用方式諸如管式及/或流量計將呈蒸氣形式的形成含矽膜之組成物導入反應器。可藉由習知氣化步驟(諸如直接氣化、蒸餾、或藉由鼓泡或藉由使用昇華器(諸如 Xu 等人之 PCT 公開案 WO2009/087609 中所揭示之昇華器))氣化組成物來產生呈氣相形式之組成物。組成物可以液態形式被送至氣化器，組成物在導入反應器之前在此被氣化。可替代的，藉由使載體氣體通過含有前驅物的容器或藉由將載體氣體鼓泡入前驅物，可將組成物氣化。載體氣體可包括但不限於 Ar、He、或

$N_2$ 、以及其混合物。使用載體氣體鼓泡也可以移除任何存在於組成物的溶解氧。然後，載體氣體以及前驅物以蒸氣形式被被導入反應器。

【0133】 若有需要，容器可被加熱至容許形成含矽膜之組成物呈液相以及具有足夠蒸氣壓的溫度。容器可被維持在舉例而言，0-150°C 範圍的溫度。熟習此項技術者會認知，容器溫度可以習知方式被調整以控制氣化的形成含矽膜之組成物氣體之量。

【0134】 除了所揭示組成物，反應氣體也可被導入反應器。反應氣體可為氧化劑諸如  $O_2$ ； $O_3$ ； $H_2O$ ； $H_2O_2$ ；含氧自由基諸如  $O\cdot$  或  $OH\cdot$ ； $NO$ ； $NO_2$ ；羧酸諸如甲酸、乙酸、丙酸； $NO$ 、 $NO_2$ 、或羧酸的自由基種類；多聚甲醛；以及其混合物。較佳者，氧化劑係選自由  $O_2$ 、 $O_3$ 、 $H_2O$ 、 $H_2O_2$ 、其含氧自由基諸如  $O\cdot$  或  $OH\cdot$ 、以及其混合物組成之群。較佳者，當進行 ALD 方法時，共反應物為經電漿處理的氧、臭氧、或其組合。當使用氧化氣體時，所得含矽膜也會含有氧。

【0135】 可替代的，反應氣體可為諸如以下中之一者的還原劑： $H_2$ ； $NH_3$ ； $(SiH_3)_3N$ ；氫化矽烷（諸如  $SiH_4$ 、 $Si_2H_6$ 、 $Si_3H_8$ 、 $Si_4H_{10}$ 、 $Si_5H_{10}$ 、 $Si_6H_{12}$ ）；氯矽烷及氯聚矽烷（諸如  $SiHCl_3$ 、 $SiH_2Cl_2$ 、 $SiH_3Cl$ 、 $Si_2Cl_6$ 、 $Si_2HCl_5$ 、 $Si_3Cl_8$ ）；烷基矽烷（諸如  $Me_2SiH_2$ 、 $Et_2SiH_2$ 、 $MeSiH_3$ 、 $EtSiH_3$ ）；聯胺（諸如  $N_2H_4$ 、 $MeHNH_2$ 、 $MeHNHMe$ ）；有機胺（諸如  $NMeH_2$ 、 $NEtH_2$ 、 $NMe_2H$ 、 $NEt_2H$ 、 $NMe_3$ 、 $NEt_3$ 、 $(SiMe_3)_2NH$ ）；吡啶；吡啶；含 B 分子（諸如  $B_2H_6$ 、三甲基硼、三乙基硼、硼氮炔、經取代硼氮炔、二烷基胺基硼烷）；烷基金屬（諸如三甲基鋁、三乙基鋁、二甲基鋅、二乙基鋅）；其自由基物質；或其混合物。當使用還原劑時，所得含矽膜可為純 Si。

【0136】 可替代的，反應氣體可選自由  $H_2$ 、 $NH_3$ 、 $SiH_4$ 、 $Si_2H_6$ 、 $Si_3H_8$ 、 $SiH_2Me_2$ 、 $SiH_2Et_2$ 、 $N(SiH_3)_3$ 、基氫自由基、以及其混合物組成之群。

【0137】 可替代的，反應氣體可為 HCDS 或 PCDS。

【0138】 可替代的，反應氣體可為烴、飽和或不飽和、直鏈、分支鏈或環狀，諸如但不限於乙烯、乙炔、丙烯、異戊二烯、環己烷、環己烯、環己二烯、戊烯、戊炔、環戊烷、丁二烯、環丁烷、萘品烯、辛烷、辛烷、或其組合。

【0139】 反應氣體可經電漿處理，以便使反應氣體分解成其自由基形式。當經電漿處理時， $N_2$ 亦可用作還原劑。舉例而言，可在約 50 W 至約 500 W，較佳約 100 W 至約 200 W 範圍內之功率下產生電漿。電漿可產生或存在於反應器自身內。或者，電漿一般可在一個位置處，例如在遠端定位電漿系統中自反應器移除。熟習此項技術者將認識到適合於此類電漿處理之方法及裝置。

【0140】 所欲含矽膜也含有另外元素，諸如，舉例而言以及不受限於 B、Zr、Hf、Ti、Nb、V、Ta、Al、Si、Ge。

【0141】 所揭示形成含矽膜之組成物亦可與鹵代矽烷或聚鹵代二矽烷或聚鹵代三矽烷一起使用，諸如六氯二矽烷、五氯二矽烷或四氯二矽烷或八氯三矽烷及一或多種共反應物氣體以形成 SiN 或 SiCN 膜，如 PCT 公開案第 WO2011/123792 號中所揭示，該公開案之全部內容以全文引用的方式併入本文中。

【0142】 可將形成含矽膜之組成物及一或多種共反應物的蒸氣同時（化學氣相沉積）、依次（原子層沉積）或以其他組合形式引入反應腔室中。

舉例而言，形成含矽膜之組成物可在一個脈衝中引入且兩種其他金屬源可在單獨的脈衝中一起引入(改良的原子層沉積)。可替代的，反應腔室可在引入形成含矽膜之組成物之前已含有共反應物。共反應物可穿過位於反應腔室處或遠離反應腔室的電漿系統，且分解成自由基，如在流動式 CVD 組態中。可替代的，形成含矽膜之組成物可連續引入反應腔室中，同時其他前驅物或反應物藉由脈衝（脈衝-化學氣相沉積）引入。在另一替代方案中，形成含矽膜之組成物及一或多種共反應物可同時自噴灑頭噴灑，其下固持若干晶圓之晶座旋轉（空間隔離 ALD）。

【0143】 在一個非限制性示範性原子層沉積方法中，將形成含矽膜之組成物之蒸氣相引入反應腔室中，其中其與適合基板接觸。隨後，可藉由吹洗及/或抽空反應腔室自反應腔室移除過量的組成物。將氧源引入反應腔室中，其中其以自我限制方式與經吸收之碳矽氮烷或聚碳矽氮烷前驅物反應。藉由吹洗及/或抽空反應腔室自反應腔室移除任何過量的氧源。若所需膜為氧化矽膜，則此兩步法可提供所需膜厚度或可重複直至已獲得具有所需厚度之膜。

【0144】 可替代的，若所需膜為矽金屬/類金屬氧化膜(亦即， $\text{SiMO}_x$ ，其中  $x$  可為 0 至 4 且  $M$  為 B、Zr、Hf、Ti、Nb、V、Ta、Al、Si、Ge、或其組合)，則上述兩步驟法之後可將含金屬或含類金屬前驅物之蒸氣引入反應腔室中。含金屬或含類金屬前驅物將基於沉積之矽金屬/類金屬氧化膜之性質選擇。引入反應腔室中之後，使含金屬或含類金屬前驅物與基板接觸。藉由吹洗及/或抽空反應腔室自反應腔室移除任何過量的含金屬或含類金屬前驅物。可再將氧源引入反應腔室中以使其與含金屬或含類金屬前驅物反

應。藉由吹洗及/或抽空反應腔室自反應腔室移除過量的氧源。若已獲得所需膜厚度，則可終止方法。然而，若需要較厚的膜，則可重複整個四步驟方法。藉由交替提供形成含矽之膜組成物、含金屬或含類金屬前驅物及氧源，可沉積具有所需組成及厚度之膜。

【0145】 另外，藉由改變脈衝之數目，可獲得具有所需化學計量 M:Si 比之膜。舉例而言，SiMO<sub>2</sub> 膜可藉由具有一個形成含矽膜之組成物脈衝及一個含金屬或含類金屬前驅物之脈衝（其中各脈衝之後為氧源脈衝）獲得。然而，一般技藝人士將認知，獲得所需膜需要的脈衝之數目可不等於所得膜之化學計量比

【0146】 另一個替代方案中，可使用所揭示組成物以及含 N 共反應物如氨、N<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>/H<sub>2</sub> 混合物、或胺經由 ALD 或改良電漿-增強 ALD 方法沉積 Si 或緻密 SiCN 膜。對 N<sub>2</sub> 以及 N<sub>2</sub>/H<sub>2</sub> 混合物而言，共反應物必須藉電漿以直接(腔室內)或遠端方式活化。

【0147】 又另一個替代方案中，可藉由 U.S. 專利申請公開號 2014/0051264 揭示的流動式 PECVD(f-PECVD) 方法且使用揭示的形成含矽膜之組成物以及自由基含氮或含氧共反應物而沉積含矽膜。自由基含氮或含氧共反應物，諸如分別為 NH<sub>3</sub> 或 H<sub>2</sub>O，係在遠端電漿系統生成。所揭示組成物的自由基共反應物以及蒸氣相經導入反應腔室，其在此處反應以及將起始流動膜沉積在基材上。申請人相信，所揭示化合物的氮原子有助於進一步改良沉積膜的流動性，造成膜具有相較於該等由其它前驅物製成者較少孔隙。申請人相信，使用所揭示形成含矽膜之組成物於具有 NH<sub>3</sub> 電漿的流動式 CVD 方法中的沉積膜將會製成具有所欲關於氧化矽膜的蝕刻選擇性的

SiCN 膜，因為前驅物的 Si-C-Si 骨架提供膜具有足夠的 C 含量。

【0148】 又另一個替代方案中，可單獨藉由冷凝(熱流動式 CVD、或 T-FCVD)使晶圓維持在低於腔室內前驅物分壓下前驅物露點的溫度，使流動膜沉積。對此種應用而言，具有低蒸氣壓前驅物(一般而言，在室溫下 < 50 torr，以及又較佳在室溫下 < 10 torr)對在不使晶圓急冷至非常低溫度下便利前驅物冷凝是有益的。經取代或未經取代的  $N(DSP)_3$  以及  $RN(DSP)_2$  族分子具有合適的揮發性範圍。然後可以藉由一種或幾種各種方式實現此種膜的交聯，該方式包括但不限於將沉積的膜暴露於反應性氣體、電漿、光子、電子束、中性粒子束或催化劑。催化劑可經預沉積、共沉積或後沉積，且可藉由諸如加熱或光子暴露之方式活化。以化學方式而言，此交聯可藉由不限於以下之各種化學反應達成： $Si-H/N-H$   $H_2$  去除、矽氫化、藉胺基縮合形成矽氮烷、藉矽醇基縮合形成團矽氧烷、開環聚合反應、及/或脫氫耦合。

【0149】 也揭示將式(I)或(II)呈現的所揭示前驅物用於塗佈沉積方法(諸如旋轉塗佈、噴霧塗佈、浸漬塗佈或狹縫塗佈技術)的方法。要適合用於塗佈方法，所揭示前驅物應該具有約略 500 至約略 1,000,000、較佳約略 1,000 至約略 100,000、以及更佳約略 3,000 至約略 50,000 範圍的分子量。所揭示方法提供形成含矽膜之組成物在含矽膜沉積的用途。所揭示方法可用於製備半導體、光伏、LCD-TFT、光學塗佈、或平坦面板型裝置。該方法包括：將所揭示形成含矽膜之組成物之液體形式施用於基材上以及使其硬化而在基材上形成含矽層。

【0150】 如以上所討論者，所揭示形成含矽膜之組成物之液體形式可為前驅物的純淨溶液或為前驅物與揮發性溶劑以及視需要的交聯起始劑諸

如自由基產生劑(熱或光啟始)以及催化劑的混合物。熱活化(過氧化物或氮雜化合物)或 UV 啟始(例如苯醌、或醌)自由基起始劑可包括於形成含矽膜之組成物中。在 UV 活化或/以及加熱下促進膜交聯的催化劑也可以包括於形成含矽膜之組成物中。此種催化劑包括光酸產生劑、路易士酸以及典型矽氫化催化劑。此種化合物當中， $B(C_6F_5)_3$  為特別的化合物，因為它為路易士酸且為強脫氫催化劑。

**【0151】** 示範性塗佈沉積方法包括旋塗。圖 1 提供示範性旋塗方法的流程圖。一般技藝人士會認知，在不偏離本文教示情況下，比圖 1 所提供者少或多步驟者也可以進行。舉例而言，R&D 設定中所用的特徵步驟在商業操作中可能是不必要的。一般技藝人士會進一步認知，該方法較佳在惰性大氣中進行以避免產生不想要的膜氧化及/或在淨室中進行以有助於避免污染而防止膜的粒子污染。

**【0152】** 含矽膜即將沉積在其上的平面或圖案化基材可被製備供步驟 1-4 的沉積方法使用。製備方法使用高純度氣體以及溶劑。一般而言，氣體為半導體等級且沒有粒子污染。對半導體用途而言，溶劑應該不含粒子，一般而言小於 100 粒子/毫升( $0.5\ \mu\text{m}$  粒子，更佳小於 10 粒子/毫升)，且不含會造成表面污染的非揮發性殘留物。建議半導體等級溶劑具有小於 50 ppb 金屬污染(對每一元素而言，較佳小於 5 ppb)。

**【0153】** 步驟 1 中，基材在室溫下(介於約略  $20^\circ\text{C}$  及約略  $25^\circ\text{C}$  之間)於丙酮中經超音波處理約略 60 秒至約略 120 秒，較佳約略 90 秒。步驟 2 中，平面或圖案化基材在室溫下於異丙醇(IPA)中經超音波處理約略 60 秒至約略 120 秒、較佳約略 90 秒。一般技藝人士會認知，此等步驟可在相同或

不同的超音波儀中進行。不同的超音波儀需要更多設備，但提供更簡易的方法。如果供二者使用以避免任何基材污染，超音波儀必須在步驟 1 及 2 之間徹底清潔。適合用於所揭示方法的示範性超音波儀包括 Leela Electronics Leela Sonic Models 50、60、100、150、200、250、或 500 或 Branson 的 B 系列。步驟 3 中，從 IPA 超音波儀取出基材，以新鮮 IPA 清洗。步驟 4 中，使用惰性氣體(諸如 N<sub>2</sub> 或 Ar)使經清洗的基材乾燥。一般技藝人士會認知，步驟 1 至 4 提供一種示範性晶圓的製備方法。存在多重晶圓製備方法，在不偏離本文教示之下也可供使用。參見，例如 Handbook of Silicon Wafer Cleaning Technology, 第 3 版, 2017 (William Andrew)。舉例而言，如果想要更具親水性表面，也可以使用 UV/臭氧方法。一般技藝人士也可以至少基於所需要基材材料以及清潔度決定合宜的晶圓製備方法。

**【0154】** 在此 4 步驟之製備後，將基材移往旋塗機。示範性的合適旋塗機包括 Brewer Science' s Cee<sup>®</sup> Precision spin coaters、Laurell' s 650 series spin coaters、Specialty Coating System' s G3 spin coaters、或 Tokyo Electron' s CLEAN TRACK ACT 設備系列。在步驟 5 中，將任何以上所揭示之形成含矽膜之組成物，但較佳為該等式 II，分配於基材上，並且在步驟 6 中使晶圓旋轉。一般技藝人士會認知，步驟 5 以及步驟 6 可依序進行(靜態模式)或同時進行(動態模式)。步驟 5 係使用手動或自動分配裝置(諸如吸管、注射器、或液體流量計)進行。當步驟 5 以及步驟 6 係同時進行時，起始旋轉速率緩慢(亦即，介於約略 5 rpm 至約略 999 rpm 間、較佳介於約略 5 rpm 至約略 300 rpm 間)。在所有形成含矽膜之組成物被分配之後(亦即，當步驟 5 以靜態或動態模式完成)，旋轉速率範圍介於約略 1000 rpm 至約略 4000 rpm 間。使晶



圓旋轉，直到整個基材達到均質塗佈，一般而言要花約略 10 秒及 3 約略分鐘之間。步驟 5 以及步驟 6 產生在晶圓上的含矽膜。一般技藝人士會認知，所需要的旋轉塗佈方法期間、加速速率、溶劑蒸發速率等為可調整的參數，需要對每一個新穎調配物最適化，以獲得標目膜厚度以及均勻性(參見，例如 University of Louisville, Micro/Nano Technology Center – Spin Coating Theory, October 2013)。

**【0155】** 在形成含矽膜之後，在步驟 7 使晶圓預烤或軟烤以除去形成含矽膜之組成物的任何殘留揮發性有機成分及/或旋塗方法的副產物。步驟 7 可在約略 25°C 至約略 200°C 範圍溫度的熱腔室中或熱板上進行約略 1 分鐘至約略 120 分鐘範圍的期間。示範性熱板包括 Brewer Science' s Cee<sup>®</sup> Model 10 或 11 或 Polos 的精密烤板。

**【0156】** 步驟 8 中，基材經硬化而產生所欲電子材料。3 種非限制性的選項顯示於圖 1。任何該 3 種選項可在使用惰性或反應性氣體之下進行。示範性惰性氣體包括 N<sub>2</sub>、Ar、He、KR、Xe 等。可使用反應性氣體將氧、氮、或碳導入膜。將氧導入膜的示範性反應性氣體包括含氧氣體(諸如 O<sub>2</sub>、O<sub>3</sub>、空氣、H<sub>2</sub>O、H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 等)。將氮導入膜的示範性反應性氣體包括含氮氣體(諸如 NH<sub>3</sub>；NR<sub>3</sub>，其中 R 為 C1-C4 烴等)。將碳導入膜的示範性反應性氣體包括含碳氣體，特別是不飽和含碳氣體，諸如烯類(alcenenes)以及炔類(alcynes)(乙炔、乙炔、丙烯等)。

**【0157】** 步驟 8a 中，基材在惰性或反應性氣體中於約略 101°C 至約略 1,000°C 範圍的溫度(較佳約略 200°C 至約略 800°C)進行熱硬化。爐或快速熱處理器可用於進行熱硬化方法。示範性爐包括 ThermoFisher Lindberg/Blue

M<sup>TM</sup>管爐(tube furnace)、Thermo Scientific Thermolyne<sup>TM</sup> 平台頂端(benchtop)管爐或高溫爐(muffle furnace)、Inseto 平台頂端石英管爐、NeyTech Vulcan 平台頂端爐、Tokyo Electron TELINDY<sup>TM</sup> 熱加工設備、或 ASM International ADVANCE<sup>®</sup>垂直爐。示範性快速熱處理器包括 Solaris 100、ULVAC RTP-6、或 Annealsys As-one 100。

【0158】 可替代的，步驟 8b 中，基材在使用單色或多色光源於約略 190 nm 至約略 400 nm 範圍波長進行 UV-硬化。適合進行步驟 8b 的示範性 VUV-或 UV-硬化系統包括但不限於 Nordson Coolwaves<sup>®</sup> 2 UV 硬化系統、Heraeus Noblelight Light Hammer<sup>®</sup> 10 產物平台、或 Radium Xeradex<sup>®</sup>燈。

【0159】 另一替代方案中，熱以及 UV 方法二者可在步驟 8a 以及步驟 8b 特定的相同溫度以及波長標準進行。一般技藝人士會認知，硬化方法以及條件的選擇將由所欲標的含矽膜決定。

【0160】 步驟 9 中，硬化膜的特徵在於使用標準分析工具。示範性工具包括但不限於分光橢圓偏光儀(ellipsometers)、X 射線光電子分光法(x-ray photoelectron spectroscopy)、原子力顯微鏡(atomic force microscopy)、螢光 x-射線、傅立葉轉換紅外線光譜技術(fourier-transform infrared spectroscopy)、掃描電子顯微術(scanning electron microscopy)、次級離子質譜分析(SIMS)、盧瑟福反向散射能譜法(Rutherford backscattering spectrometry)(RBS)、供應力分析用的表面輪廓儀(profilometer)、或其組合。

【0161】 可將所揭示形成含矽膜之組成物的液體形式直接施用於基材中央，然後藉旋轉分散於整個基材，或藉噴塗施用於整個基材。當直接施用於基材中央，可將基材旋轉以利用離心力將組成物均勻地分佈於基材

上。可替代的，可將基材浸漬於形成含矽膜之組成物。所得膜可在室溫下乾燥一段時間，使膜的溶劑或揮發性成分蒸發，或藉強力乾燥或烘烤加以乾燥或使用任何以下合適方法的組合，包括熱硬化以及照射(諸如離子照射、電子照射、UV 及/或可見光照射等)。

【0162】 所揭示在形成含矽膜之組成物的碳矽氮烷前驅物可證明可作為合成含有碳矽氮烷聚合物的單體。形成含矽膜之組成物可用於形成旋塗介電膜調配物，供微影應用(例如色調反轉層)、或抗反射膜。舉例而言，所揭示形成含矽膜之組成物可包括於溶劑中且施用於基材而形成膜。若有需要，可使基材旋轉以均勻地將形成含矽膜之組成物分佈於整個基材。一般技藝人士會認知，形成含矽膜之組成物的黏度會有助於決定是否基材有需要旋轉。所得膜可在惰性氣體(諸如氬、氦、或氮)及/或在減壓下加熱。可替代的，所得膜反應性氣體如  $\text{NH}_3$  或聯胺之下加熱，以增進膜的連接性以及氮化。可對所得膜施用電子束或紫外線輻射。所揭示碳矽氮烷或聚碳矽氮烷前驅物的反應性(亦即，直接 Si-N、N-H 或 Si-H 鍵)可證明有用於增加所得聚合物連接性。

【0163】 來自於以上討論的方法的含矽膜可包括  $\text{SiO}_2$ ；SiC；SiN；SiON；SiOC；SiONC；SiBN；SiBCN；SiCN；SiMCO，其中 M 係選自 Zr、Hf、Ti、Nb、V、Ta、Al、Ge，當然視 M 的氧化態而定。一般技藝人士會認知，藉由公正選擇合宜的形成含矽膜之組成物以及共反應物，可獲得所欲膜組成物。

【0164】 一旦獲得所欲膜厚度，可對膜進行進一步加工，諸如熱退火、爐-退火、快速熱退火、UV 或電子束硬化、及/或電漿氣體暴露。一般

技藝人士認知用於進行此等額外加工步驟的系統以及方法。舉例而言，含矽膜可在惰性大氣、含 H 大氣、含 N 大氣或其組合之下暴露於約略 200°C 以及約略 1000°C 範圍的溫度達約略 0.1 秒至約略 7200 秒的時間。最佳者，溫度為 600°C、小於 3600 秒。又更佳者，溫度低於 400°C。退火步驟可在相同的反應腔室中進行沉積方法。可替代的，基材可自反應腔室取出，在另外裝置中進行退火/快閃退火方法。任何以上的後處理方法，特別是 UV-硬化，被發現可以有利地增進膜的連接性以及交聯。一般而言，使用熱退火至 < 400°C (較佳約 100°C-300°C) 以及 UV 硬化的組合可以獲得有最高密度的膜。

### 實施例

【0165】 提供以下非限制性實施例以進一步說明本發明之具體實施例。然而，該等實施例並不意欲包括所有且並不意欲限制本文中描述之發明範圍。

#### 實施例 1：

起始材料 1,2-二矽代丙烷(DSP)以及 1,3-二矽代丁烷(DSB)的合成



【0168】 將鋁氫化鋰  $\text{LiAlH}_4$ (LAH)置於配機械攪拌器的惰性大氣的 4L 容器。將容器冷卻至 -78°C，然後將 1L 冷(約 -30°C)二甘醇二甲醚(diglyme)( $\text{H}_3\text{COC}_2\text{H}_4\text{OC}_2\text{H}_4\text{OCH}_3$ )(對 DSP 而言)或二-n 丁基醚( $\text{H}_9\text{C}_4\text{OC}_4\text{H}_9$ )(對 DSB 而言)慢慢地加入容器。在一邊攪拌下讓容器內混合物回溫至 -10°C。將 1,2-雙(三氯矽基)甲烷  $\text{SiCl}_3\text{CH}_2\text{SiCl}_3$  或 1,2-雙(三氯矽基)乙烷  $\text{SiCl}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{SiCl}_3$

滴加至回溫的混合物，同時避免反應混合物回溫超過 20°C。添加完成後，讓混合物回溫至 25°C，並攪拌 2 小時。在 30°C 下將揮發性 DSP 或 DSB 冷凝至阱(-78°C)。DSP 經分離，產率為 82%，氣相層析(GC)顯示純度為 96%。DSB 經分離呈無色液體，產率為 65%，GC 顯示純度為 98.8%。

### 實施例 2：

雙(二矽代丙烷)胺  $\text{HN}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_2$  ( $\text{HN}(\text{DSP})_2$ )以及三((矽基甲基)矽基)胺  $\text{N}(\text{SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_3)_3$  ( $\text{N}(\text{DSP})_3$ )的無鹵素路徑合成



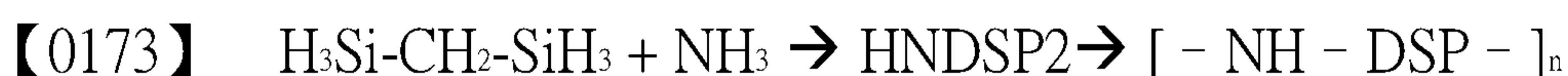
【0171】 二矽代丙烷以及氨在壓力反應器中經碳上鉑催化而產生  $\text{HN}(\text{DSP})_2$  以及  $\text{N}(\text{DSP})_3$ 。此為無鹵素路徑。0.3L 高壓釜配備機械攪拌器、熱電偶、壓力計、壓力傳感器、以及 3 個計量閥。將 0.5g/ 2.56 mol 碳上鉑催化劑加入高壓釜。接著在動力真空中將反應器穩定地加熱至 140°C，並且保持在此溫度 3 小時。在冷卻至室溫後，反應器經氨(800 torr)加壓。在手套箱中將戊烷(50mL)導入反應器。在將反應器浸入液體氮浴之後，在真空下移除大氣氮。將氨(3g, 0.176 mol)以及二矽代丙烷(53.7g, 0.705 mol)移至反應器。然後將反應器加熱至 50°C。以 457 rpm 攪拌 30 小時後，在冷卻至室溫後，觀察到壓力增加到約略 486 psi。反應器內容物的揮發性成分在降至 10 Torr 壓力的不鏽鋼壓縮氣瓶(SSLB)中被低溫捕獲(cryotrappd)。藉液體注射 GCMS 分析反應器內含物，透露  $\text{HN}(\text{DSP})_2$  以及  $\text{N}(\text{DSP})_3$  呈 7：1 的混合物以及少量較高沸點成分。**圖 2** 為製得  $\text{N}(\text{DSP})_2$  以及  $\text{N}(\text{DSP})_3$  混合物的最終產物之 GCMS 光譜。

【0172】 使混合物進行真空分餾。第 1 餾分(42°C/153 mtorr)包含 HN(DSP)<sub>2</sub>(2.05g, 6%)，藉 GCMS 量測。圖 3 為第一餾分的 GCMS 光譜，顯示為 HN(DSP)<sub>2</sub>以及 N(DSP)<sub>3</sub>的混合物。第二餾分包含 N(DSP)<sub>3</sub>以及 HN(DSP)<sub>2</sub>呈 14:1 的混合物以及較高沸點成分(1.48g)，藉 GCMS 量測。圖 4 為 GCMS 光譜第二餾分，顯示為 N(DSP)<sub>3</sub>以及 HN(DSP)<sub>2</sub>的混合物。

### 實施例 3：

NDSP 寡聚物[ - NH - SiH<sub>2</sub> - CH<sub>2</sub> - SiH<sub>2</sub> - ]<sub>n</sub>([ - NH - DSP - ]<sub>n</sub>)以及 [ - N(SiH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>3</sub>) - SiH<sub>2</sub> - CH<sub>2</sub> - SiH<sub>2</sub> - ]<sub>n</sub>([ - N(DSP) - DSP - ]<sub>n</sub>) (n = 2 至 400)

### 的無鹵素路徑合成



【0175】 NDSP 寡聚物的合成經碳上鉑催化，並且在壓力反應器中藉由二矽代丙烷以及氨之間的反應進行。該反應與 HNDSP<sub>2</sub> 以及 NDSP<sub>3</sub> 的此等合成相同，也為無鹵素路徑。參考實施例 2，當實施例 2 的反應物反應過頭，藉由真空分餾從產物取出 HNDSP<sub>2</sub> 以及 NDSP<sub>3</sub> 之後，無色黏性油殘留在蒸餾鍋(7.5g)。

【0176】 圖 5 為藉無鹵素路徑取出所產生的 HNDSP<sub>2</sub> 以及 NDSP<sub>3</sub> 之後的無色黏性油的 GPC 光譜。此黏性油經凝膠滲透層析(GPC)分析，且如圖 5 所示，明顯為 26,000 至 500 道爾頓範圍的分佈，顯示主要成分具有高分子量寡聚物或聚合物，係藉由 DSP 形成的直鏈或分支鏈寡聚物 [ - NH - DSP - ]<sub>n</sub>或[ - N(DSP) - DSP - ]<sub>n</sub>。經計算的寡聚物的平均分子量以及多分散性指數如表 2 所示。

表 2. 經計算的寡聚物的平均分子量以及多分散性指數

樣品 ID		Mn (道爾頓)	Mw (道爾頓)	Mz (道爾頓)	PDI (Mw/Mn)
SK-586-89-3	無色油	1,440	2,230	3,670	1.5
SK586-96-1	無色油 (THF 中)	8,340	95,700	1,190,000	11.5

## 實施例 4：

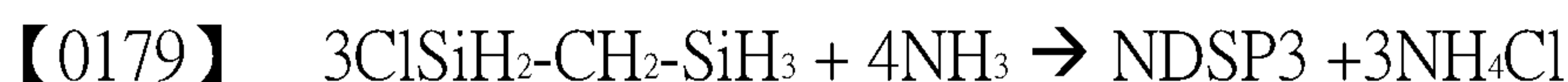
## HNDSP2 的選擇性合成



【0178】 在使用  $\text{N}_2$  吹掃後，將無極性溶劑加入 2 升的三頸燒瓶，在此方法為無水甲苯。藉由滴加入燒瓶方式將氯矽基甲基矽烷(DSP-Cl) (53.6 g, 0.48 mol)加入燒瓶中。在+5°C 將  $\text{NH}_3$  (11g, 0.65 mol)慢慢地鼓泡進入燒瓶中的混合物。在加入所需要量的  $\text{NH}_3$  之後，將混合物回溫至室溫且攪拌 16 小時。觀察到在澄清液體中形成白色固體。然後藉由套管將反應混合物轉移到配備有無空氣過濾玻璃料的 schlenk 過濾漏斗。用無水甲苯將濾液固體洗滌 4 次。圖 6a 為產物在室溫下攪拌 16 小時(隔夜)之後的 GC 光譜。圖 6b 為最終產物在室溫下 8 週之後的 GC 光譜。在此等圖中，CATO 代表反應物 DSP-Cl 且 NDSP3 代表可能的副產物。如圖 6a 所示，最終產物含有相較於 NDSP3 幾乎 100%HNDSP2。如圖 6b 所示，8 週之後產生非常少的 NDSP3。因此，此合成方法提供選擇性產生 HNDSP2 而沒有副產物 NDSP3 的方法。

## 實施例 5：

## NDSP3 的選擇性合成



【0180】 實施例 4 中，用極性溶劑諸如 THF 取代非極性溶劑甲苯，選擇性產生 NDSP3 而沒有副產物 HNDSP2（如圖 7 所示）。

【0181】 應理解，在如隨附申請專利範圍中所表述之本發明之原理及範疇內，熟習此項技術者可對本文中已描述及說明以便解釋本發明之性質的細節、材料、步驟及部件配置作出許多額外改變。因此，本發明並不意欲限於上文及/或隨附圖式中給出之實施例中的特定具體實例。

**【符號說明】**

無



## 申請專利範圍

1. 一種形成含矽膜之組成物，其包含前驅物，該前驅物含有具有下式的單元：

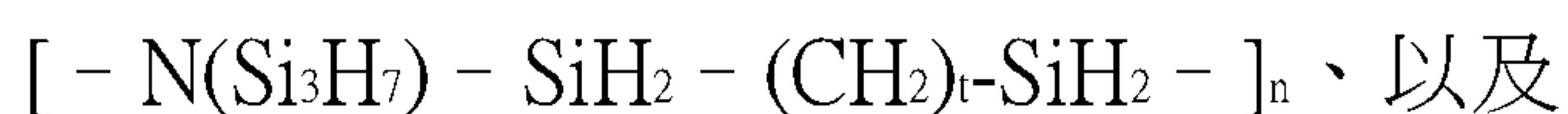
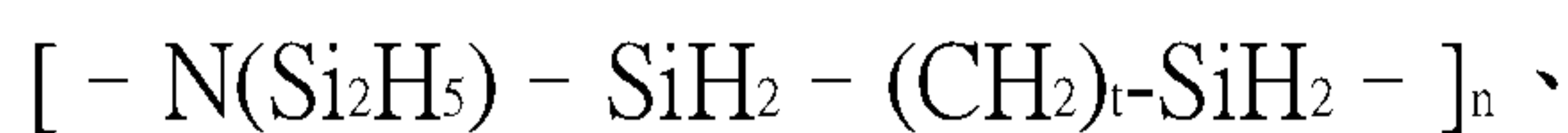
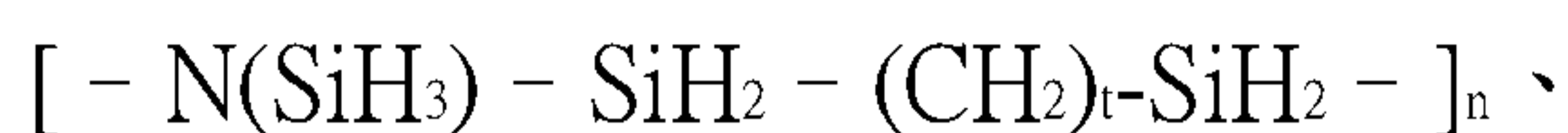


其中  $t = 1$  至  $4$ ； $n = 2$  至  $400$ ；

$R^2$ 、 $R^3$ 、 $R^4$ 、以及  $R^5$  獨立地為 H、 $C_1$  至  $C_6$  烴、具有式  $NR''_2$  的烷胺基且每一個  $R''$  獨立地為 H、 $C_1$ - $C_6$  烴、 $C_6$ - $C_{12}$  芳基、或  $NR''_2$  形成環胺基、且其限制條件為  $R^2$ 、 $R^3$ 、 $R^4$ 、以及  $R^5$  中至少一者為 H；以及

$R$  為 H； $C_1$ - $C_6$  烴；具有式  $Si_xR'_{2x+1}$  的矽基，其中  $x = 1$  至  $4$  且每一個  $R'$  獨立地 = H、 $C_1$ - $C_6$  烴基、或具有式  $NR''_2$  的烷胺基且每一個  $R''$  獨立地為 H、 $C_1$ - $C_6$  基、 $C_6$ - $C_{12}$  芳基、或  $NR''_2$  形成環胺基；或  $R^1 R^2 R^3 Si(CH_2)_b SiR^4 R^5$  基，其中  $b = 1$  至  $2$  且  $R^1$ 、 $R^2$ 、 $R^3$ 、 $R^4$ 、以及  $R^5$  獨立地為 H、 $C_1$ - $C_6$  烴、 $C_6$ - $C_{12}$  芳基、或具有式  $NR''_2$  的烷胺基以及每一個  $R''$  獨立地為 H、 $C_1$ - $C_6$  基、 $C_6$ - $C_{12}$  芳基、或  $NR''_2$  形成環胺基；且其限制條件為  $R^1$ 、 $R^2$ 、 $R^3$ 、 $R^4$ 、以及  $R^5$  中至少一者為 H。

2. 根據申請專利範圍第 1 項之形成含矽膜之組成物，其中該前驅物含有具有式  $[-NH - SiH_2 - (CH_2)_t - SiH_2 - ]_n$  的單元，其中  $t=1-2$ 。
3. 根據申請專利範圍第 1 項之形成含矽膜之組成物，其中該前驅物含有具有選自由以下組成之群之式的單元：



$[-N(Si_4H_9) - SiH_2 - (CH_2)_t - SiH_2 - ]_n$ ，其中  $t=1-2$ 。

4. 根據申請專利範圍第 1 項之形成含矽膜之組成物，其中該前驅物含有具有選自由以下組成之群之式的單元

$[-N(Si(Me)_3) - SiH_2 - (CH_2)_t - SiH_2 - ]_n$ 、

$[-N(Si(Et)_3) - SiH_2 - (CH_2)_t - SiH_2 - ]_n$ 、

$[-N(Si(iPr)_3) - SiH_2 - (CH_2)_t - SiH_2 - ]_n$ 、

$[-N(Si(nPr)_3) - SiH_2 - (CH_2)_t - SiH_2 - ]_n$ 、

$[-N(Si(Bu)_3) - SiH_2 - (CH_2)_t - SiH_2 - ]_n$ 、

$[-N(Si(iBu)_3) - SiH_2 - (CH_2)_t - SiH_2 - ]_n$ 、

$[-N(Si(tBu)_3) - SiH_2 - (CH_2)_t - SiH_2 - ]_n$ 、

$[-N(Si(戊基)_3) - SiH_2 - (CH_2)_t - SiH_2 - ]_n$ 、

$[-N(Si(己基)_3) - SiH_2 - (CH_2)_t - SiH_2 - ]_n$ 、

$[-N(SiH(Me)_2) - SiH_2 - (CH_2)_t - SiH_2 - ]_n$ 、

$[-N(SiH(Et)_2) - SiH_2 - (CH_2)_t - SiH_2 - ]_n$ 、

$[-N(SiH(iPr)_2) - SiH_2 - (CH_2)_t - SiH_2 - ]_n$ 、

$[-N(SiH(nPr)_2) - SiH_2 - (CH_2)_t - SiH_2 - ]_n$ 、

$[-N(SiH(Bu)_2) - SiH_2 - (CH_2)_t - SiH_2 - ]_n$ 、

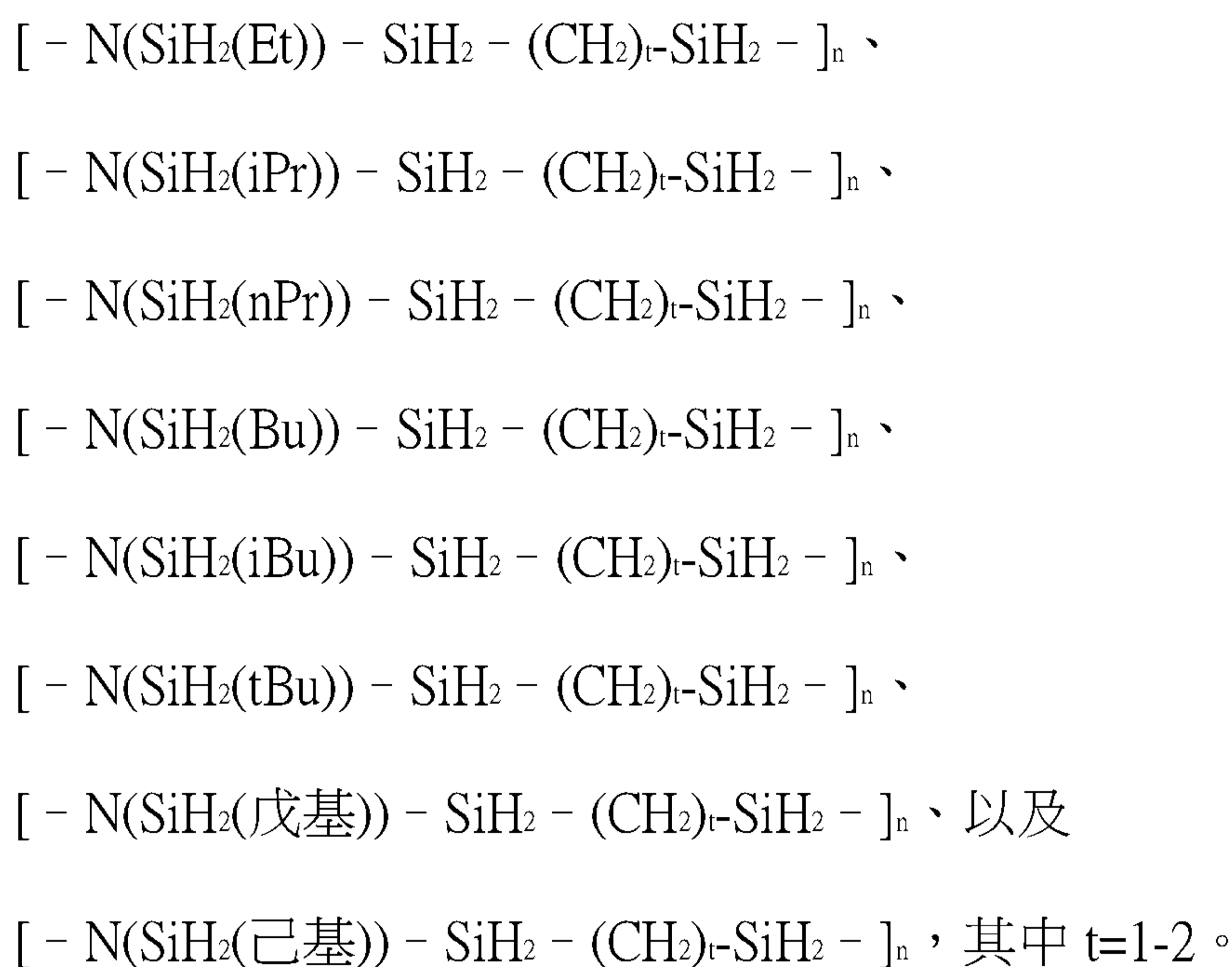
$[-N(SiH(iBu)_2) - SiH_2 - (CH_2)_t - SiH_2 - ]_n$ 、

$[-N(SiH(tBu)_2) - SiH_2 - (CH_2)_t - SiH_2 - ]_n$ 、

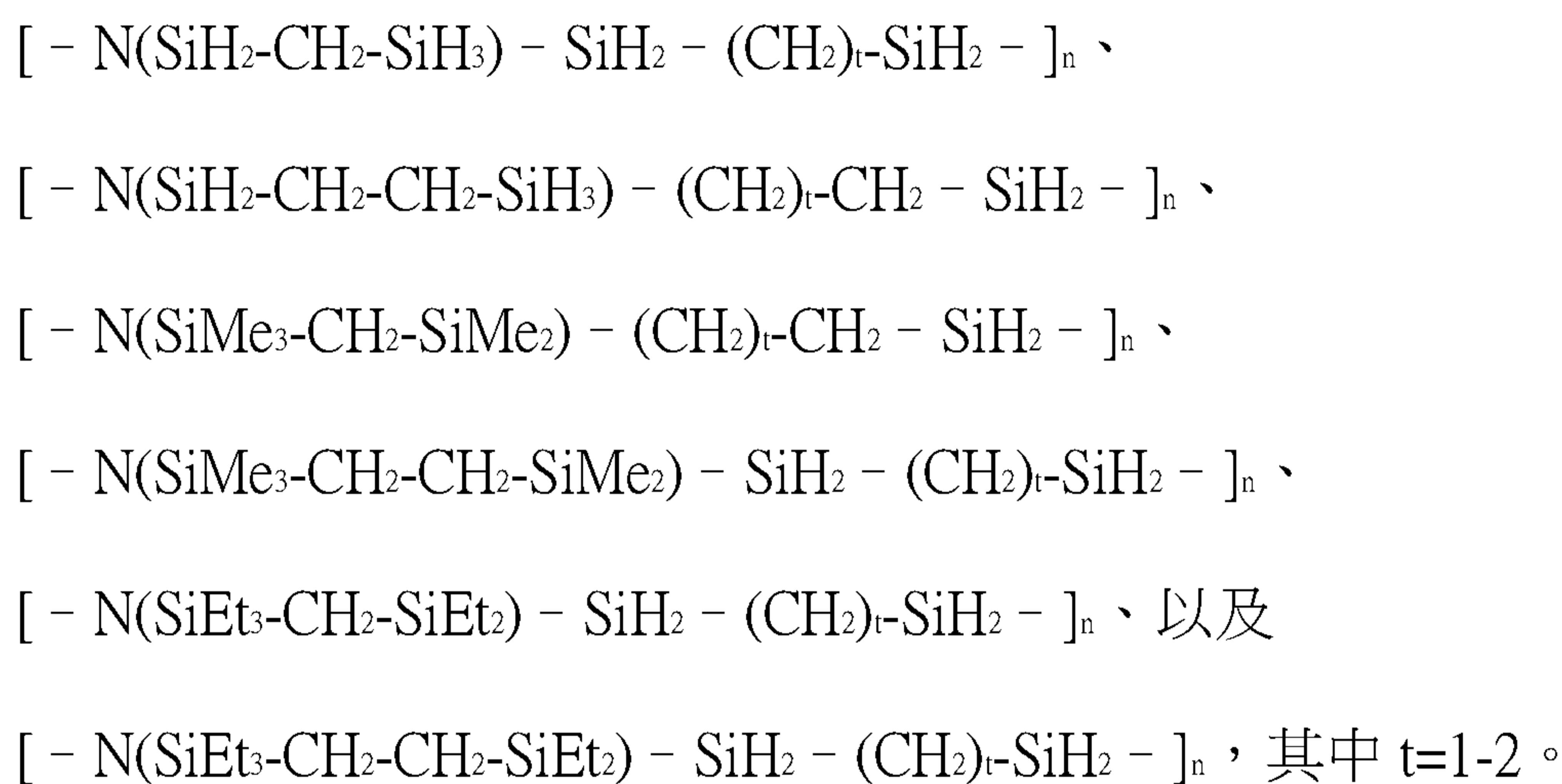
$[-N(SiH(戊基)_2) - SiH_2 - (CH_2)_t - SiH_2 - ]_n$ 、

$[-N(SiH(己基)_2) - SiH_2 - (CH_2)_t - SiH_2 - ]_n$ 、

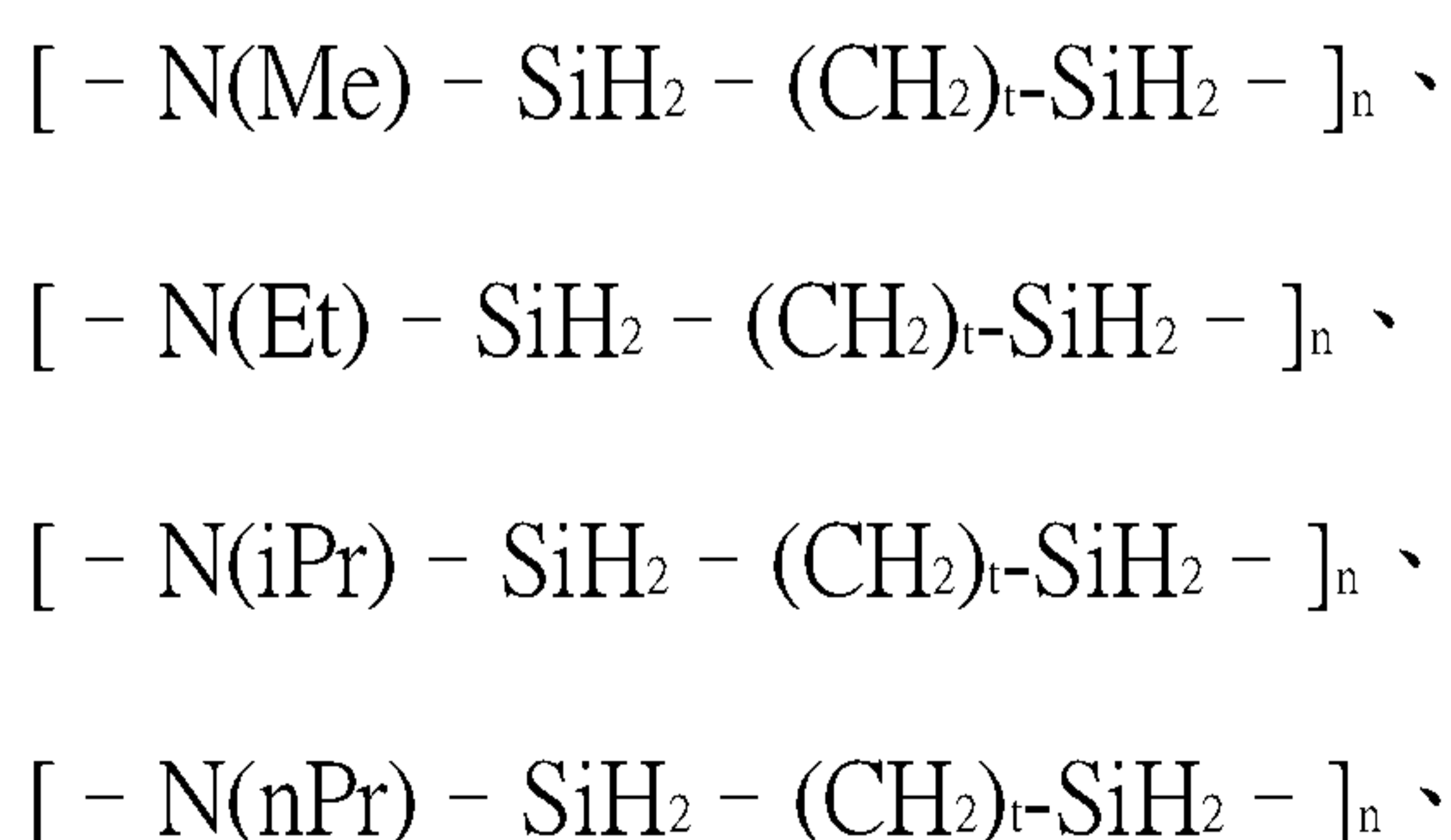
$[-N(SiH_2(Me)) - SiH_2 - (CH_2)_t - SiH_2 - ]_n$ 、

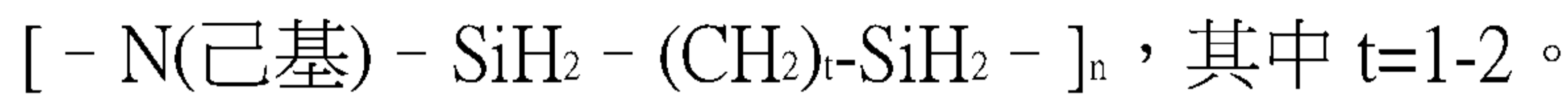
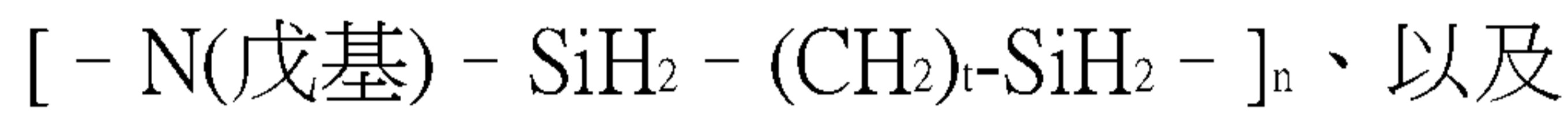
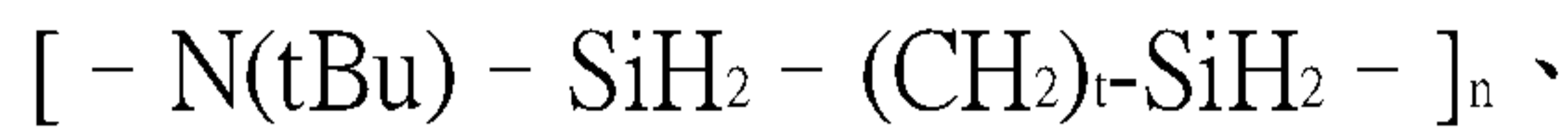
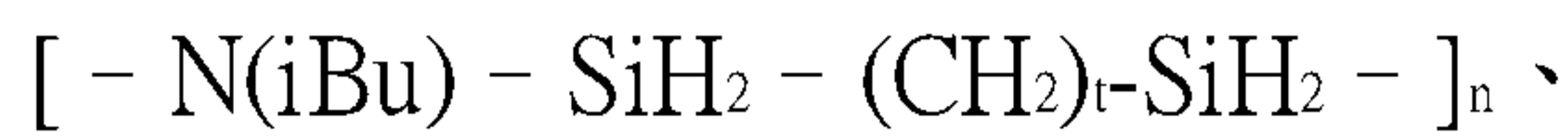
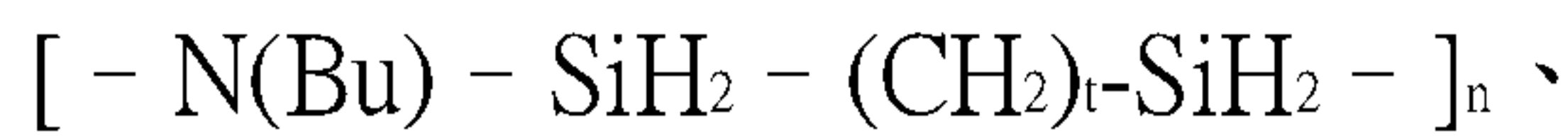


5. 根據申請專利範圍第 1 項之形成含矽膜之組成物，其中該前驅物含有具有選自由以下組成之群之式的單元

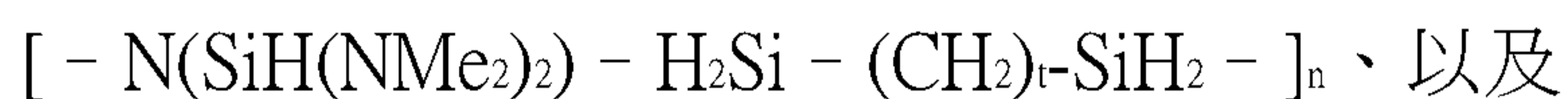


6. 根據申請專利範圍第 1 項之形成含矽膜之組成物，其中該前驅物含有具有選自由以下組成之群之式的單元

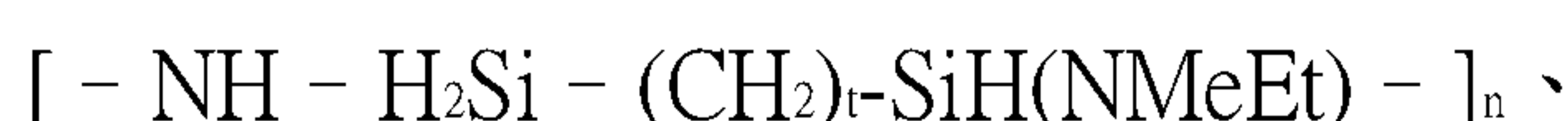
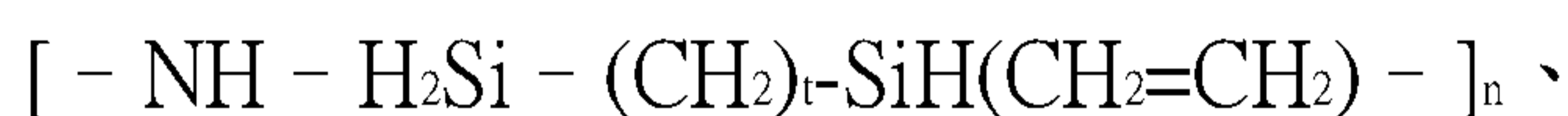




7. 根據申請專利範圍第 1 項之形成含矽膜之組成物，其中該前驅物含有具有選自由以下組成之群之式的單元



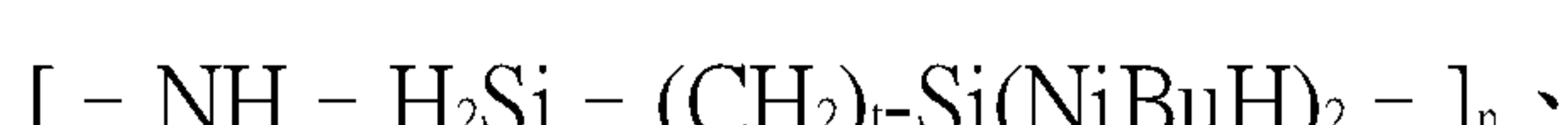
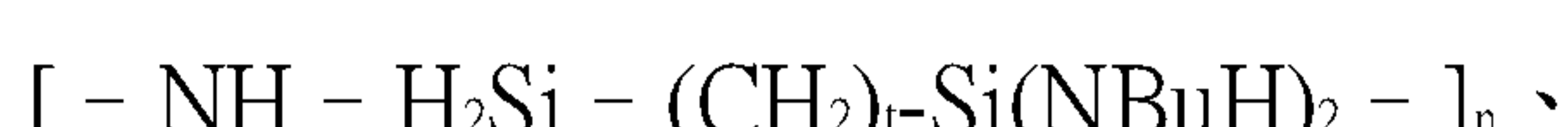
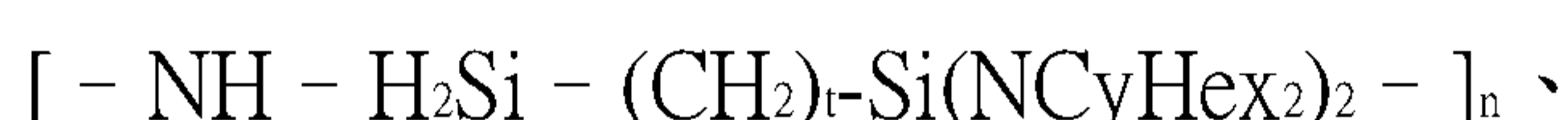
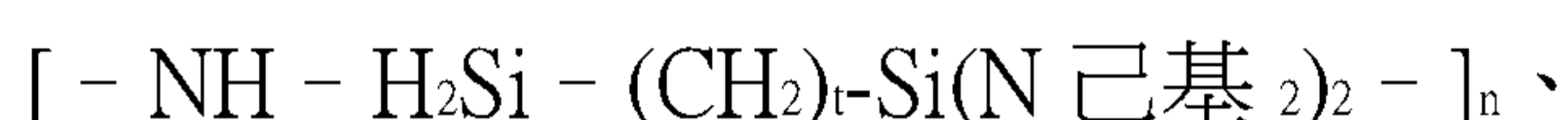
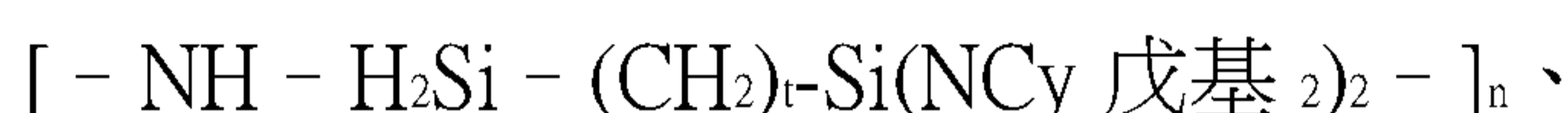
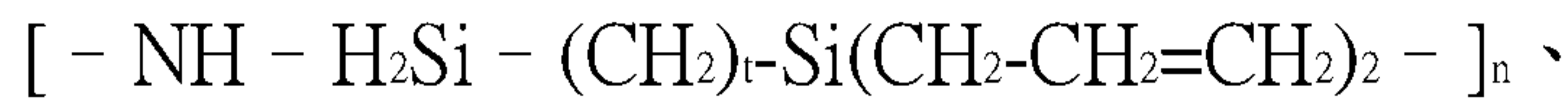
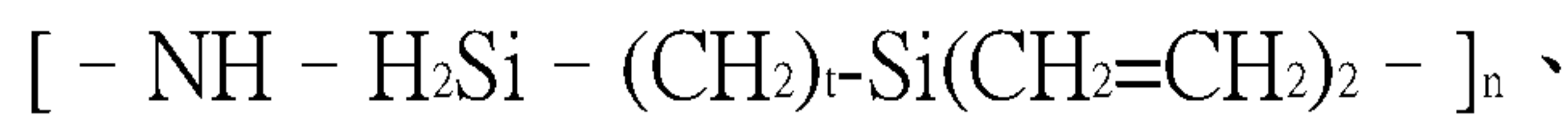
8. 根據申請專利範圍第 1 項之形成含矽膜之組成物，其中該前驅物含有具有選自由以下組成之群之式的單元

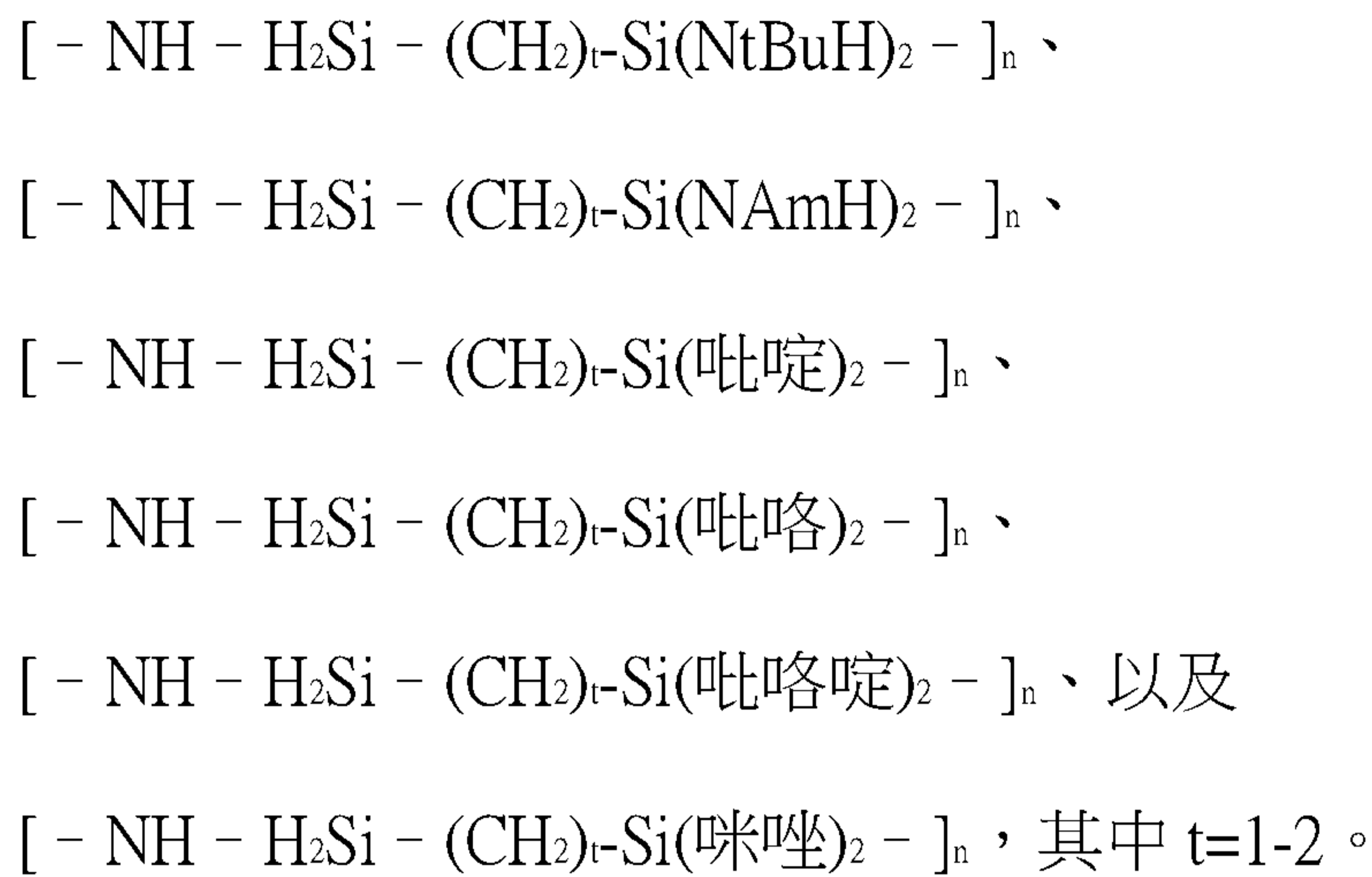


- $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-(\text{CH}_2)_t-\text{SiH}(\text{NnPr}_2)-]_n$ 、  
 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-(\text{CH}_2)_t-\text{SiH}(\text{NiPr}_2)-]_n$ 、  
 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-(\text{CH}_2)_t-\text{SiH}(\text{NBu}_2)-]_n$ 、  
 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-(\text{CH}_2)_t-\text{SiH}(\text{NiBu}_2)-]_n$ 、  
 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-(\text{CH}_2)_t-\text{SiH}(\text{NtBu}_2)-]_n$ 、  
 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-(\text{CH}_2)_t-\text{SiH}(\text{NAm}_2)-]_n$ 、  
 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-(\text{CH}_2)_t-\text{SiH}(\text{NCy 戊基}_2)-]_n$ 、  
 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-(\text{CH}_2)_t-\text{SiH}(\text{N 己基}_2)-]_n$ 、  
 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-(\text{CH}_2)_t-\text{SiH}(\text{NCyHex}_2)-]_n$ 、  
 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-(\text{CH}_2)_t-\text{SiH}(\text{NMeH})-]_n$ 、  
 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-(\text{CH}_2)_t-\text{SiH}(\text{NEtH})-]_n$ 、  
 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-(\text{CH}_2)_t-\text{SiH}(\text{NnPrH})-]_n$ 、  
 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-(\text{CH}_2)_t-\text{SiH}(\text{NiPrH})-]_n$ 、  
 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-(\text{CH}_2)_t-\text{SiH}(\text{NBuH})-]_n$ 、  
 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-(\text{CH}_2)_t-\text{SiH}(\text{NiBuH})-]_n$ 、  
 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-(\text{CH}_2)_t-\text{SiH}(\text{NtBuH})-]_n$ 、  
 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-(\text{CH}_2)_t-\text{SiH}(\text{NAmH})-]_n$ 、  
 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-(\text{CH}_2)_t-\text{SiH}(\text{吡啶})-]_n$ 、  
 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-(\text{CH}_2)_t-\text{SiH}(\text{吡咯})-]_n$ 、  
 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-(\text{CH}_2)_t-\text{SiH}(\text{吡咯啶})-]_n$ 、以及  
 $[-\text{NH}-\text{H}_2\text{Si}-(\text{CH}_2)_t-\text{SiH}(\text{咪唑})-]_n$ ，其中  $t=1-2$ 。

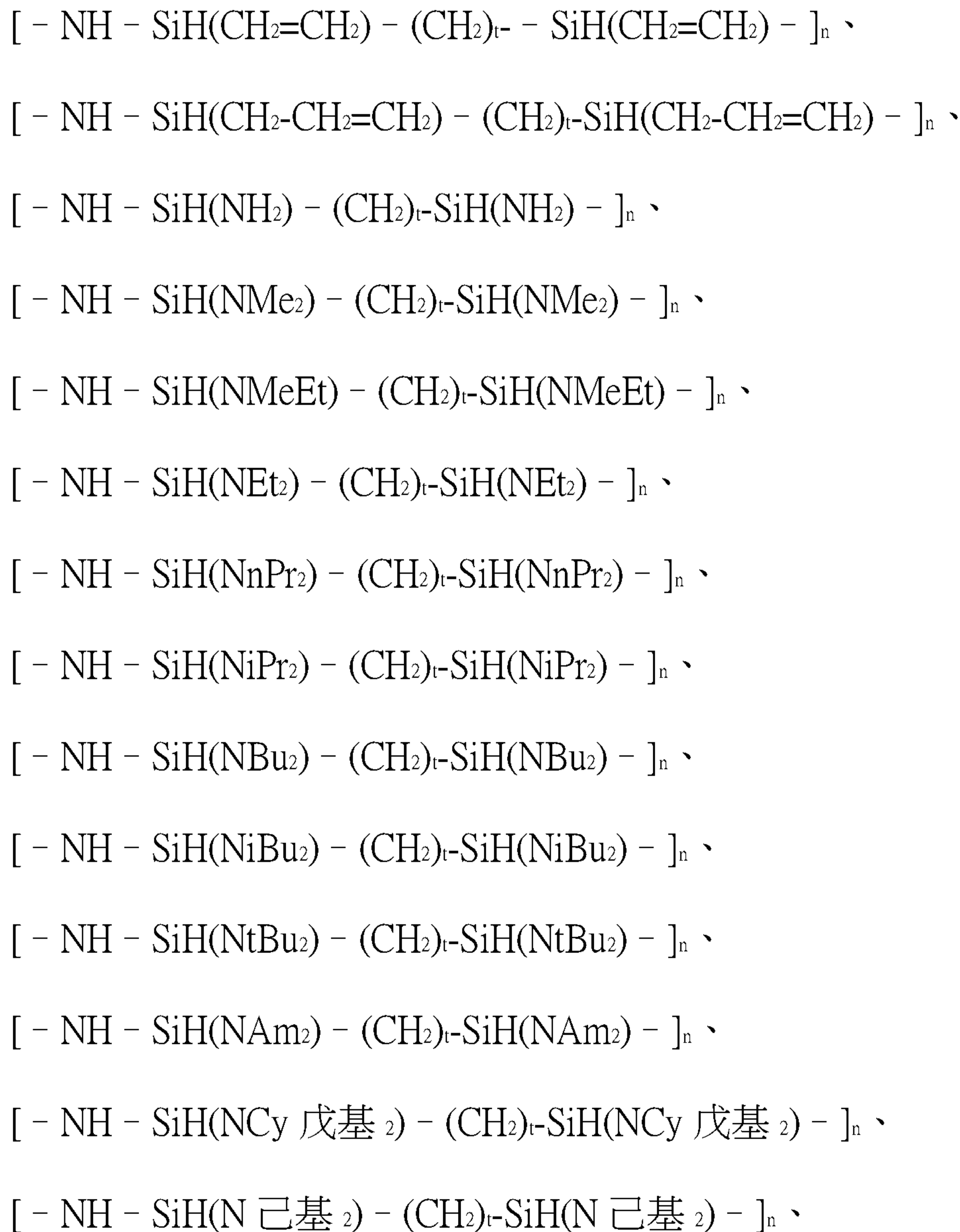
9. 根據申請專利範圍第 1 項之形成含矽膜之組成物，其中該前驅物含有

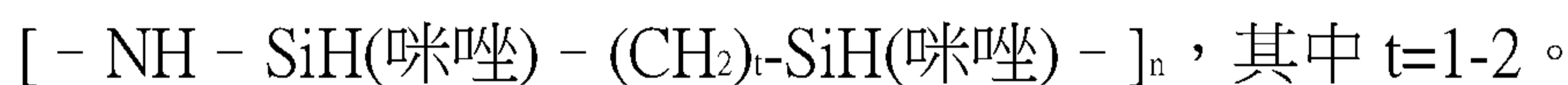
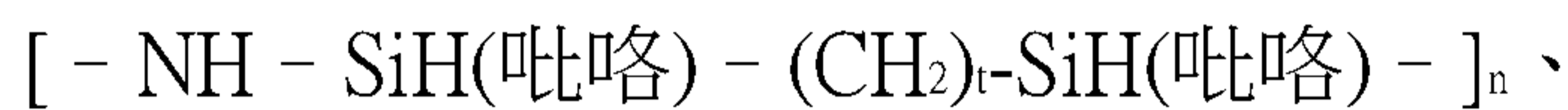
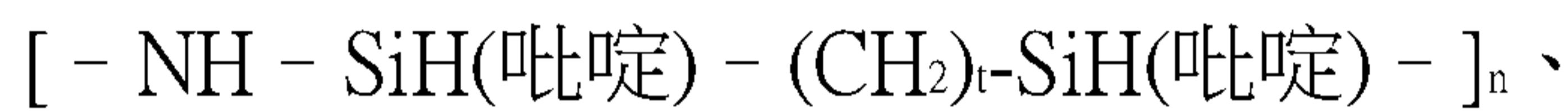
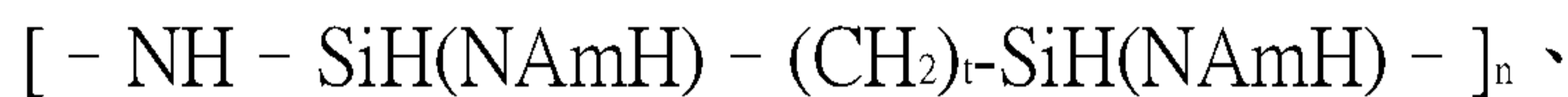
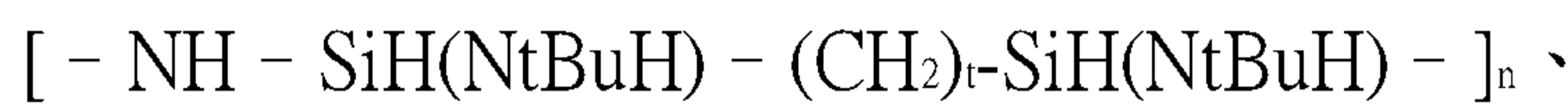
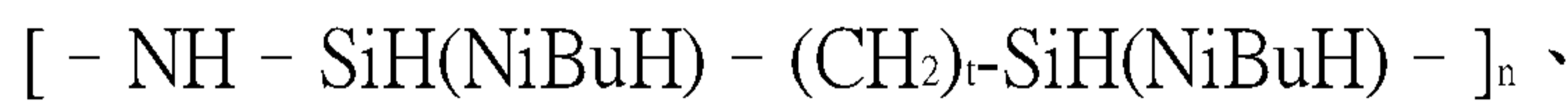
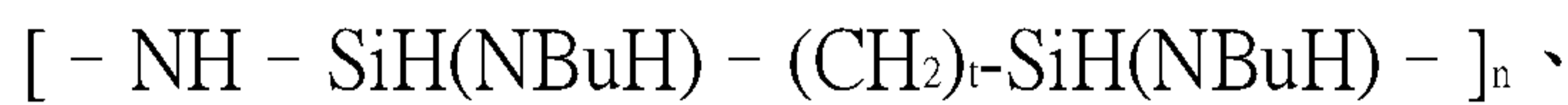
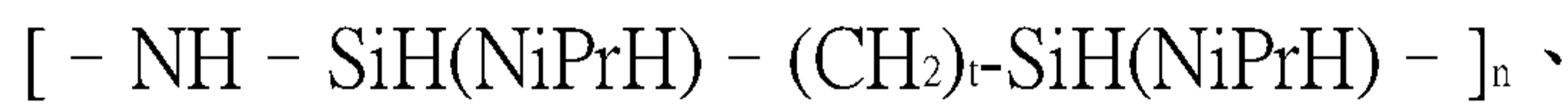
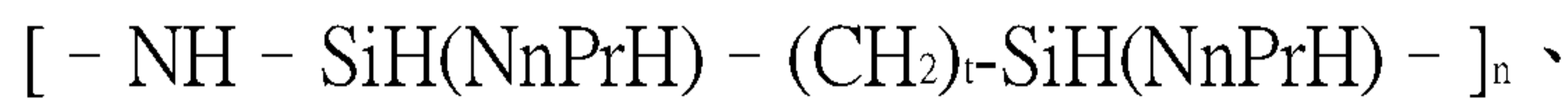
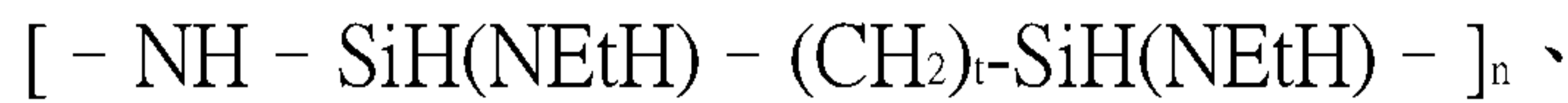
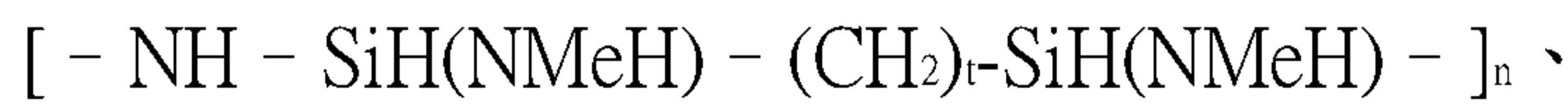
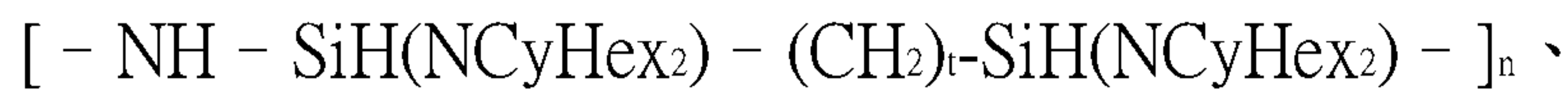
具有選自由以下組成之群之式的單元





10. 根據申請專利範圍第 1 項之形成含矽膜之組成物，其中該前驅物含有具有選自由以下組成之群之式的單元





11. 根據申請專利範圍第 1 項至第 10 項中任一項之形成含矽膜之組成物，其中該前驅物具有分子量 500 至 1,000,000 道耳頓。
12. 根據申請專利範圍第 1 項至第 10 項中任一項之形成含矽膜之組成物，其中該前驅物具有分子量 1,000 至 100,000 道耳頓。
13. 根據申請專利範圍第 1 項至第 10 項中任一項之形成含矽膜之組成物，其中該前驅物具有分子量 3,000 至 50,000 道耳頓。
14. 一種在基材上形成含矽膜的方法，該方法包含形成包含根據申請專利範圍第 1 至 13 項中任一項的形成含矽膜之組成物的溶液；以及使該溶液與基材經由旋轉塗佈、噴霧塗佈、浸漬塗佈、或狹縫塗佈技術而形



成含矽膜。

15. 根據申請專利範圍第 14 項之在基材上形成含矽膜的方法，其中該前驅物具有分子量 500 至 1,000,000 道耳頓。
16. 根據申請專利範圍第 14 項之在基材上形成含矽膜的方法，其中該前驅物具有分子量 1,000 至 100,000 道耳頓。
17. 根據申請專利範圍第 14 項之在基材上形成含矽膜的方法，其中該前驅物具有分子量 3,000 至 50,000 道耳頓。

# 公告本

## 圖式

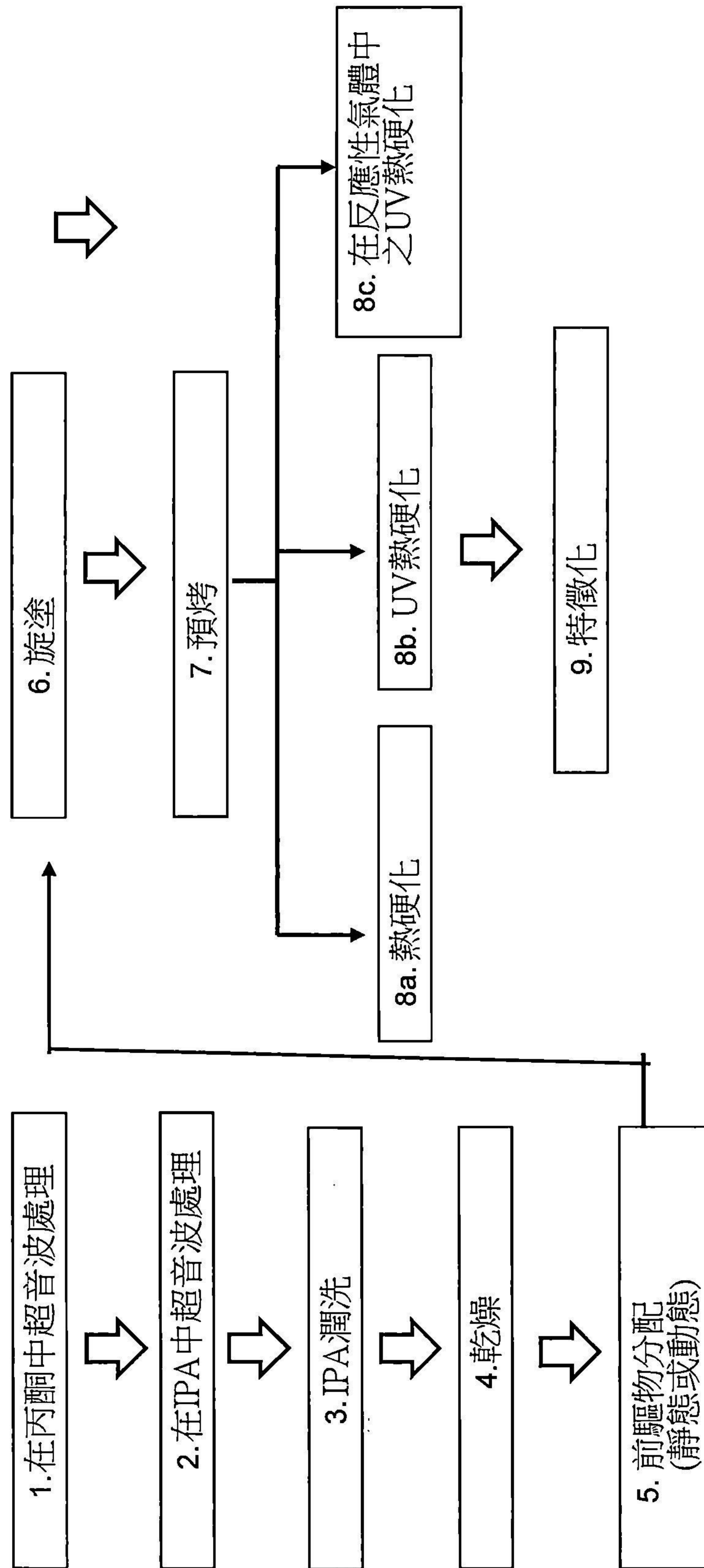


圖1

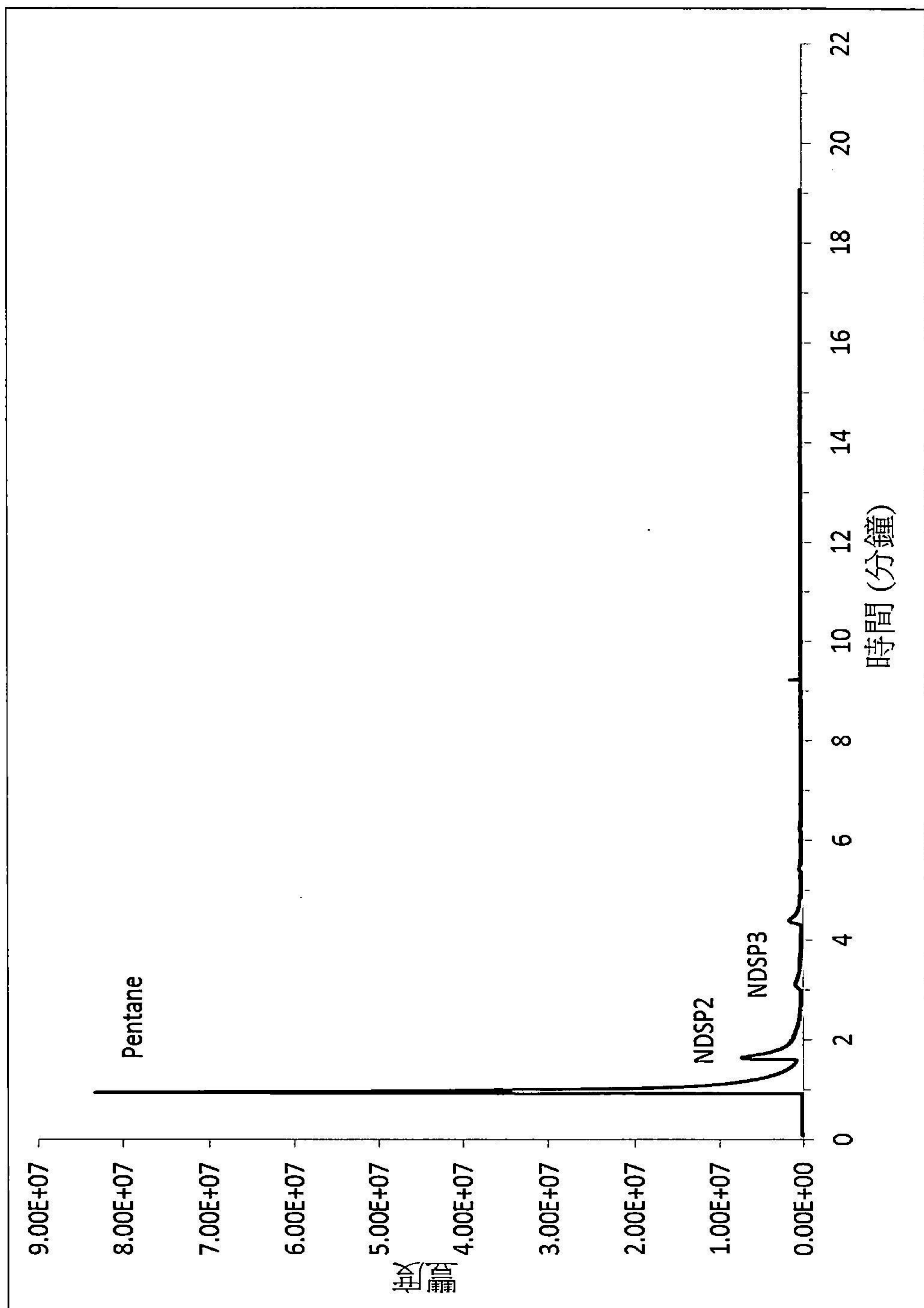


圖2

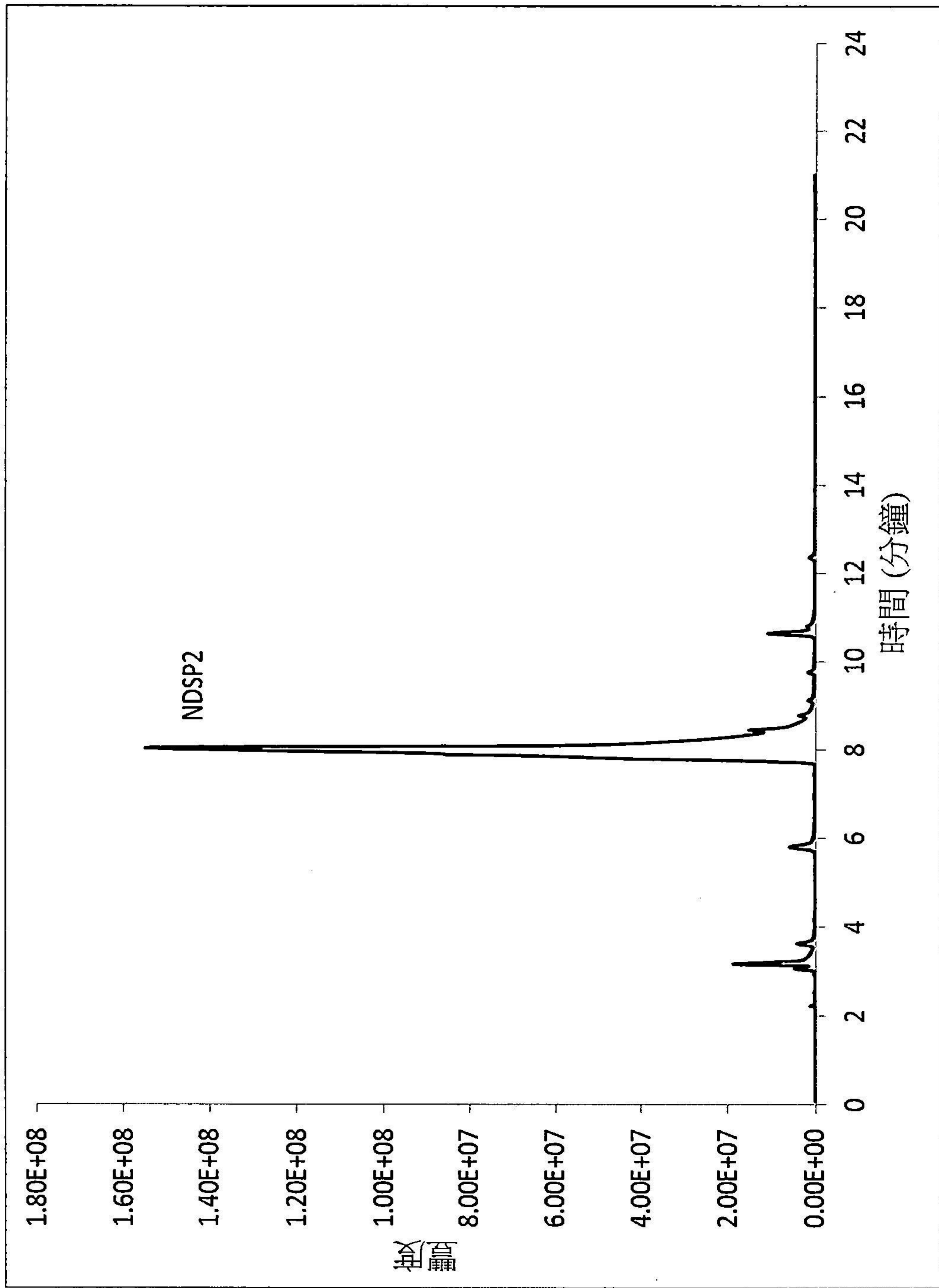


圖3

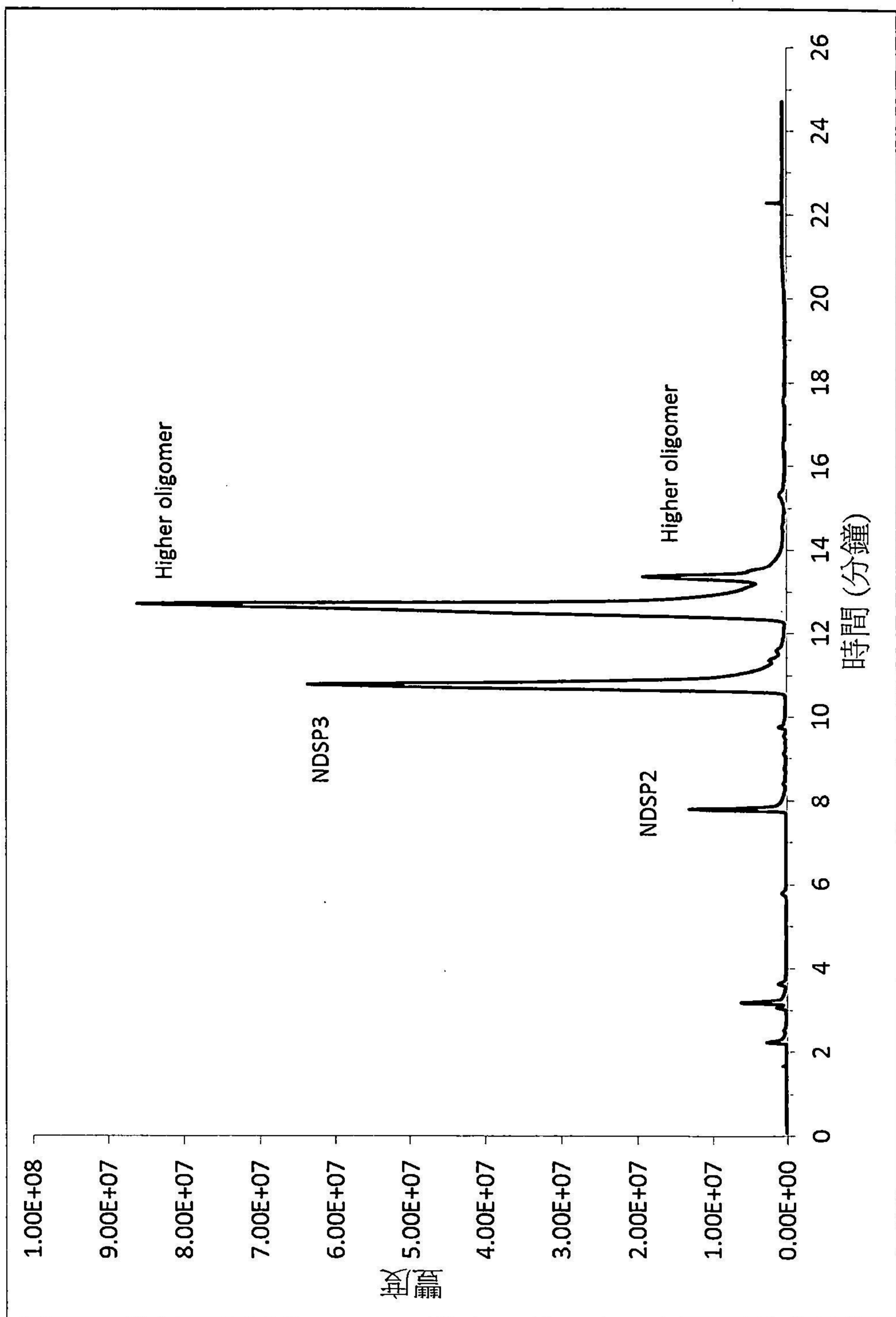


圖4

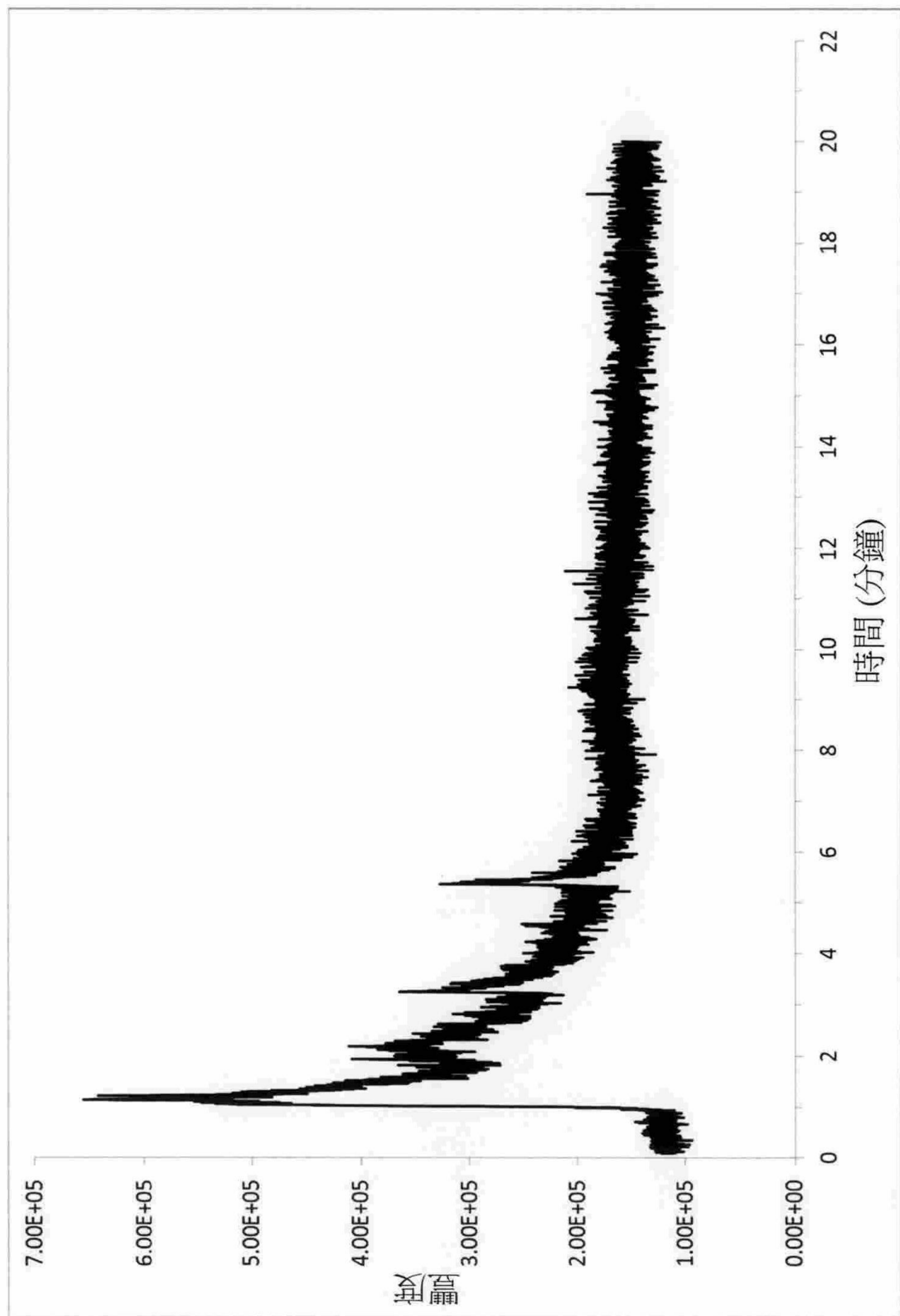


圖5

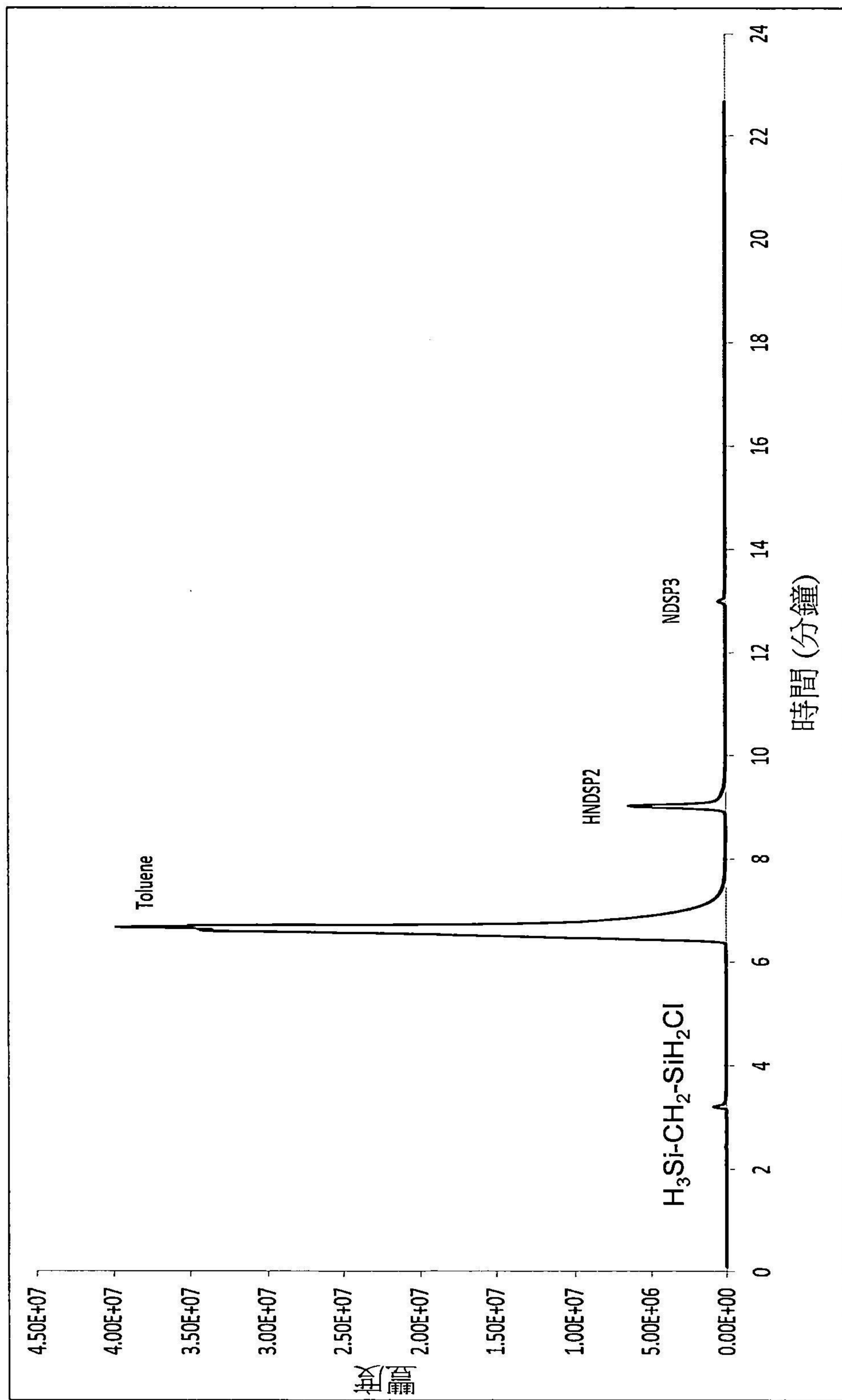


圖6a

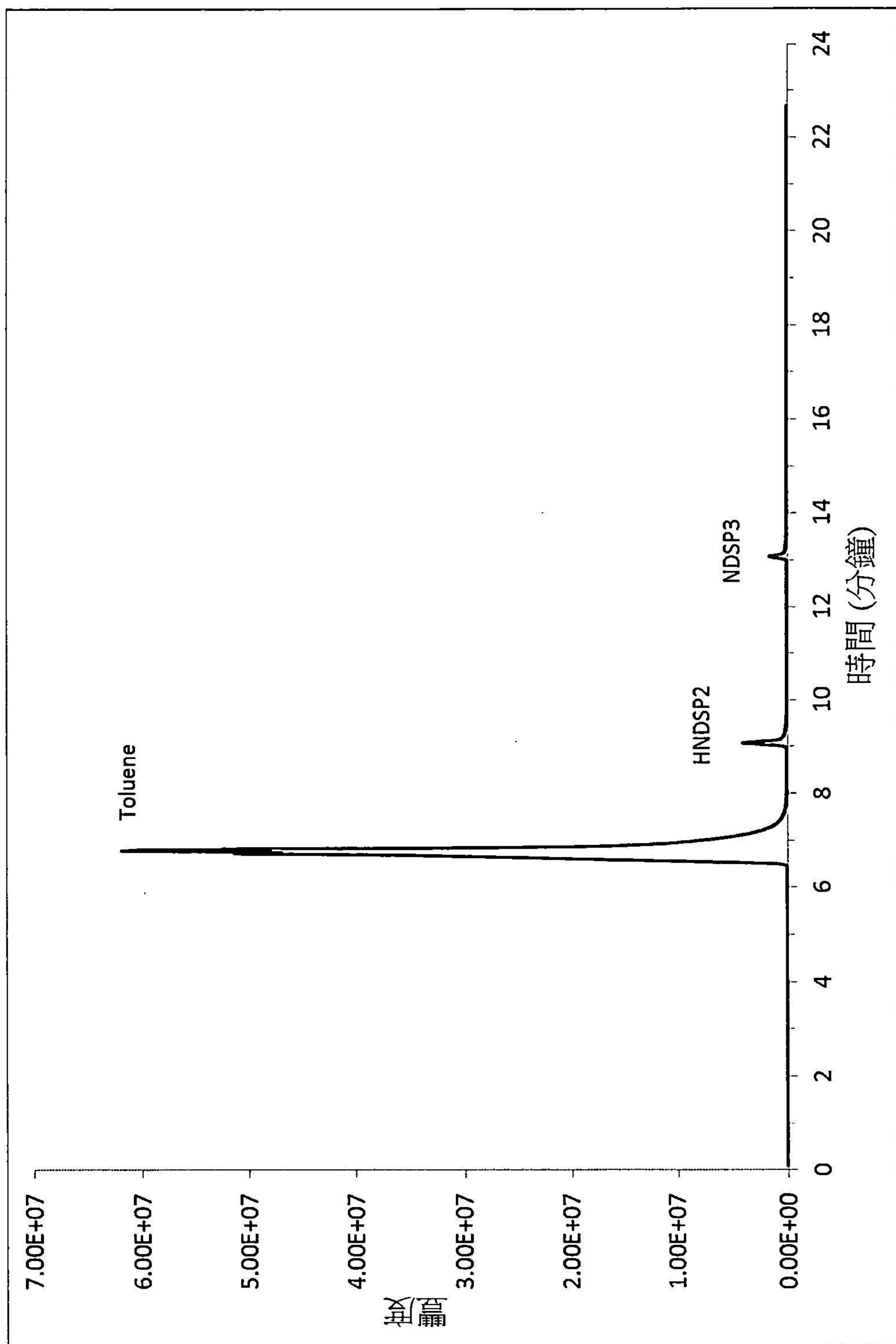
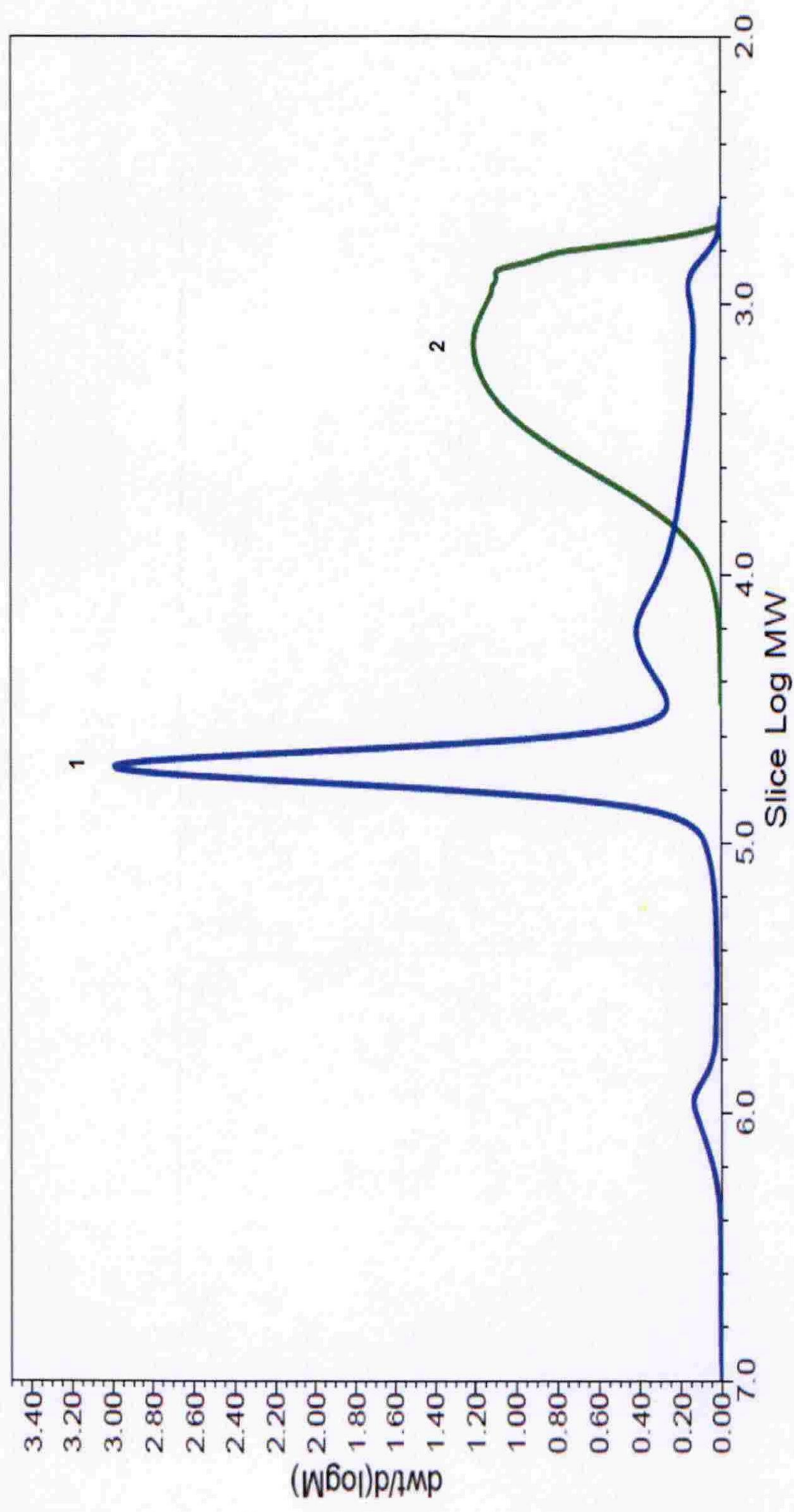


圖6b





- 1. SK-586-89-3 - 無色油
- 2. SK-586-96-1 - 在THF中的無色油

圖7