

# 公告本

申請日期	Pc. 4.12
案 號	Pc108750
類 別	H01L 21/65

A4  
C4

486750

(以上各欄由本局填註)

發 明 專 利 說 明 書		
一、發明 名稱	中 文	用以使用低能量氮氣植入形成在半導體晶圓內超淺界面之方法
	英 文	METHODS FOR FORMING ULTRASHALLOW JUNCTIONS IN SEMICONDUCTOR WAFERS USING LOW ENERGY NITROGEN IMPLANTATION
二、發明 創作人	姓 名	1. 桑狄普.梅它 2. 諾沙得.奇薩克夫阿瑞安 3. 鄭又教 4. 劉金寧
	國 籍	1. 印度 2. 美國 3. 韓國 4. 中國大陸
三、申請人	住、居所	1. 美國麻州 01915 比佛利布洛坦路 104 號 2. 美國奧勒岡州 97222 波特蘭西南卡思木路 8495 號 3. 美國麻州 01810 安多佛泰西耳路 4 號 4. 美國麻州 01915 比佛利卡波街 71 號
	姓 名 (名稱)	維瑞安半導體設備公司
代 表 人 姓 名	國 籍	美 國
	住、居所 (事務所)	美國麻州 01930 葛勞徹斯特多瑞路 35 號
	代 表 人 姓 名	蓋瑞 L. 洛瑟

裝 訂 線

經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

(由本局填寫)

承辦人代碼：
大類：
IPC分類：

A6  
B6

本案已向：

美 國(地區) 申請專利，申請日期： 2000.04.17 案號： 09/550,576 ， 有 無主張優先權

有關微生物已寄存於： ， 寄存日期： ， 寄存號碼：

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁各欄)

裝 訂 線

經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

## 五、發明說明 ( / )

### 發明之領域

本發明關於用以在半導體晶圓內以離子植入法形成超淺接面之方法，特別關於以使用低能量而將氮及摻雜材料植入半導體晶圓以形成超淺接面之方法。

### 發明背景

離子植入係一標準技術以導引傳導率變化之摻雜材料進入半導體晶圓。在傳統離子植入系統中，理想之摻雜材料在一離子源中離子化，離子被加速以形成規定能量之離子束，且離子束被導入晶圓之表面。離子束中之高能離子貫穿半導體材料之本體，並嵌入半導體材料之晶格中。於離子植入後，該半導體晶圓係被退火，以活化該摻雜材料。退火涉及加溫半導體晶圓至規定之溫度及時間。

半導體工業中一知名趨勢，係為較小、較快速之裝置。特別是，在半導體裝置中之橫向尺寸及特性深度正降低之中。現行技術之半導體裝置需要接面深度少於 1000 埃，甚至需要接面深度在 200 埃之等級或更少。

摻雜材料之植入深度由植入半導體晶圓之離子之能量決定。以低植入能量可獲得淺接面。但用以啟動植入摻雜劑材料之退火程序，造成摻雜材料自半導體晶圓區之擴散。此一擴散之結果，接面之深度因退火而增加。為反制此一由退火引起之接面增加，植入能量可降低，俾理想接面深度在退火之後可以獲得。此方法可提供滿意結果，但超淺接面除外。在退火期間造成之摻雜材料之擴散，可以降低植入能量可獲得接面深度之限度可達成。

## 五、發明說明(二)

可利用迅速熱處理以使退火期間引起之擴散最小。但大幅改變退火程序，如降低退火溫度，將降低啟動之摻雜劑之量，並影響半導體裝置之作業特性。曾有許多努力選擇熱處理參數，其可達到摻雜劑材料之活化，而能限制摻雜材料之擴散。

降低植入能量及修改熱處理參數之策略，在製造業中帶來嚴重限制。當離子植入器之植入能量降低時，離子束電流劇烈降低，因而限制每一機器之晶圓輸出。此外，以低能量離子源及低效率作業，此舉可導致增加之維護需求及降低機器可用率。對於大多數次-250 毫微米頻道長度裝置而言，熱處理係以迅速熱退火器完成。對於長度為 130 毫微米及更少之通道長度而言，建議利用尖峰退火程序，其中，以快速上升及下降率，晶圓之最後溫度之時間係幾乎為零。但由於難以控制退火程序之溫度，尖峰退火處理可導致晶源摻雜均勻性及重複性之退化。

二基本機構限制了以離子植入及熱處理方法形成超淺接面。首先，在活化期間，摻雜材料如硼之擴散可由數機構發生。包括硼之固有擴散及機構引起之瞬時增加之擴散(TED)。此增加之擴散係由於植入或熱處理期間引進之空隙點缺陷之擴散機構所引起。其次，高劑量之硼需要最佳之電特性。多利用  $1E14-3E15/cm^2$  之植入硼劑量。以此高劑量之硼，固有之擴散加上硼增加之擴散，限制了接面之淺度。

對申請人而言，無習知技藝曾提供滿意之製造超淺接

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

## 五、發明說明( )

面之方法，特別是，所需之接面深度無法由降低離子能量而獲得。準此，需要一改進之方法以製造半導體中之超淺接面。

### 發明概要

根據本發明之一個特性，提供一方法以形成一半導體晶圓中之一淺接面。此方法包含以下步驟：植入硼進入半導體晶圓中以形成一淺接面，以小於 10KeV 之能量植入氮於半導體晶圓中，由半導體晶圓之熱處理，以選擇之溫度與選擇之時間，將硼活化。氮之能量加以選擇，俾植入氮之深度約等於或小於植入硼之深度。

硼典型以小於或等於 1KeV 之能量植入，氮則以能量 5KeV 或以下植入。氮植入劑量較佳為大於  $2.5E14/cm^2$ 。在第一例中，硼以 1KeV 能量植入，氮以 2.6KeV 能量植入。在第二例中，硼以 500eV 植入，氮以 1.3KeV 植入。在第三例中，硼以 250eV 植入，氮以 0.6KeV 或以下植入。硼植入步驟包含植入  $B^+$  離子或  $BF_2^+$  離子，氮植入步驟含植入  $N_2^+$  離子。氮植入步驟可在硼植入前或後植入。

根據本發明之另一特性，係提供一形成一淺接面於半導體晶圓中之方法。此方法包含以下步驟：將摻雜材料植入半導體晶圓中，以形成一淺接面，以能量小於 10KeV 將氮植入半導體晶圓中，及以選擇之溫度與選擇之時間，以半導體晶圓熱處理以活化摻雜材料以形成一淺接面。氮之能量加以選擇，俾氮植入深度約等於或小於摻雜材料植入深度。

## 五、發明說明(4)

熱處理期間，氮植入可延遲摻雜材料之擴散，因此可使超淺接面形成。氮植入不會負面影響製造在半導體晶圓上裝置之電特性。

### 圖式簡單說明

為較佳瞭解本發明，參考併入此間之伴隨圖式，其中：

圖 1 為一簡化之半導體晶圓之部份剖面圖；

圖 2A 及 2B 為流程圖，顯示本發明製造超淺接面於半導體晶圓中之方法；

圖 3 為在每一立方公分原子中之硼濃度圖，作為不同方法深度埃之函數，包括本發明之氮方法之實施例；

圖 4 為在每一立方公分原子之硼濃度圖，作為以 1.3KeV 及 15KeV 氮植入深度埃之函數；及

圖 5 為每立方公分原子中硼濃度圖，作為不同氮植入深度埃之函數。

### 元件符號說明

- 10.晶圓
- 12.離子束
- 14.植入區
- 16.植入光罩
- 20.雜質區
- 50.選擇氮能量及劑量
- 52.植入氮
- 54.植入摻雜材料
- 56.晶圓之熱處理

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

## 五、發明說明 ( 5 )

### 詳細說明

圖 1 顯示一高度簡化半導體晶圓之部份剖面圖。一摻雜材料之一離子束 12 導向晶圓 10，產生一植入區 14。植入區 14 之邊界由植入光罩 16 限定。晶圓以快速熱處理器加以退火，以活化摻雜材料。退火程序造成摻雜材料之擴散至雜質區 20，其大於植入區 14。雜質區 20 之特徵為接面深度  $X_j$ ，其為雜質區 20 之深度，與晶圓表面 10 正交。退火產生之接面深度增加，構成一可達成之接面深度  $X_j$  之下限。

吾人發現，與習知技藝方法利用低能量氮植入，及以摻雜材料植入及延遲退火期間之擴散相較，接面深度  $X_j$  可以降低。在一例中，氮可在低能量硼植入之前植入。或者，氮可在低能量硼植入後植入。氮能量及劑量須根據硼能量及劑量加以選擇。典型為，以  $N_2^+$  離子型式植入，植入能量在少 10KeV 及大於  $2.5E14/cm^2$  之劑量。(符號  $2.5E14/cm^2$  代表每立方公分原子  $2.5 \times 10^{14}$  之植入劑量)。氮能量須加以選擇，俾氮植入深度約等於或小於硼植入深度。氮及硼植入後，利用選擇使硼擴散最小之處理參數，以半導體晶圓之熱處理將硼活化。氮植入方法可利用其他摻雜材料，如砷及磷。

圖 2A 為一流程圖說明本發明氮處理之一例。步驟 50，氮植入之劑量及能量，根據摻雜材料植入之劑量及能量加以選擇。通常，氮能量之選擇俾使氮之植入深度等於或小於摻雜材料之植入深度。典型利用小於 10KeV 之氮能量

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

## 五、發明說明(6)

。特殊舉例如下。氮劑量為大於  $2.5E14/cm^2$ 。通常，氮劑量隨摻雜材料之增加而增加。在步驟 52，以選擇之能量及劑量將氮植入半導體晶圓中。步驟 54 中，摻雜材料如硼植入半導體晶圓中。可利用單一植入光罩供氮及摻雜材料之植入。此方法可用於製造 P-型及 N-型 MOS 裝置之源極/汲極製造中。步驟 56 中，摻雜材料由選擇之溫度與時間，以半導體晶圓之熱處理加以活化以形成超淺接面。熱處理典型包括以 900 度 C-1050 度 C 將半導體晶圓退火 0.1 至 10 秒，但不限於此範圍。應了解，任何本發明範疇內適當之熱處理參數均可利用。

圖 2B 為一流程圖說明本發明氮處理之第二例。圖 2B 之方法與圖 2A 相同，但氮植入步驟 52 及摻雜材料植入步驟 54 在處理步驟中反轉。因此，氮植入在圖 2B 中之摻雜材料植入之後。

本發明之氮處理之優點如圖 3 之硼摻雜輪廓所說明。如圖 3 之摻雜輪廓，係由二次離子質譜儀(SIMS)獲得。圖 3 中，每立方公分原子之硼濃度以自晶圓表面以埃為深度函數所繪。此時，矽晶圓係以硼在能量 500KeV 及劑量  $1E15/cm^2$  植入。接面深度  $X_j$  此例中自晶圓表面限定，該處之硼濃度降至低於  $4E18/cm^2$ 。圖 3 中，曲線 70 代表一晶體矽晶圓，其以硼植入有如上述，及以溫度 1050 度 C 作尖峰退火 10 秒；曲線 72 代表晶矽晶圓，其以硼植入如上所述，在溫度 1050 度下作尖峰退火 0 至 1 秒；曲線 74 代表銲預非晶化矽晶圓，其以上述之硼植入並以 1050 度 C



## 五、發明說明 ( 7 )

溫度尖峰退火 0 至 1 秒。氮未植入以曲線 70,72 及 74 代表之晶圓中。曲線 76 代表晶矽晶圓，其中之氮在硼植入前植入。特別是， $N^+$ 氮離子以 1.3KeV 能量，劑量  $1E15/cm^2$  植入。曲線 76 代表之晶圓在溫度 1050 度 C 下尖峰退火 0 至 1 秒，其中之退火時間係自快速熱處理系統之溫度輪廓所建立。

如圖 3 所示，氮植入由曲線 76 代表之晶圓，與其他方法比較，有一降低之接面深度。利用上述之接面深度定義，以氮處理獲得之接面深度，如曲線 76 所代表為 246 埃，與無氮植入以相同退火條件比較，如曲線 72 所代表為 402 埃。

為達成本發明氮植入方法之優點，氮植入之能量及質量加以選擇其與硼或其他摻雜材料之能量與劑量有關。為達此目地，氮植入條件已供數種硼植入能量發展而出。氮植入能量需加以選擇，俾氮及硼植入矽之深度相同。通常， $N_2^+$ 氮離子之植入能量為約 5KeV 或更低。應瞭解  $N^+$ 氮離子可以一半之植入能量被植入，並獲得相同之植入深度。同理， $BF_2^+$ 離子可被增加之植入能量植入以獲得相同之硼植入深度。

高於 10KeV 之氮植入能量時，氮離子植入期間引進之缺失，可造成硼之瞬間增加之擴散，及產生較深之接面。在硼摻雜輪廓之效應如圖 4 說明。圖 4 中每立方公分原子中硼濃度以自晶圓表面之深度埃為函數繪出。此情況下，矽晶圓以硼在能量 500eV 及劑量  $1E15/cm^2$  植入。此摻雜輪

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

## 五、發明說明 ( 8 )

廓係由 SIMS 所獲得。曲線 80 代表以  $N_2^+$  氮離子在能量 1.3KeV 植入之晶圓。曲線 82 代表以  $N_2^+$  氮離子在能量 15KeV 之下植入之晶圓。此情況下，氮劑量為  $1E15/cm^2$ 。此等晶圓在溫度 1050 度 C 下，尖峰退火 0-1 秒。曲線 82 代表較深之接面深度，及摻雜物之分隔，如摻雜物輪廓有一個以上之尖峰所表示者。晶圓之傳輸電子顯微鏡(TEM)分析顯示，在較高之氮植入能量時，發現形成數個延伸之缺點。對比之下，在低氮植入能量時，晶圓則無延伸缺點。出現延伸之缺點可產生在晶圓上構成之裝置，具有不良之電效應。

以氮植入能量有效形成淺接面之例已經建立。在以下每一例中， $B^+$  硼離子及  $N_2^+$  氮離子被植入。在 500eV 硼植入時，氮植入能量在 1.3KeV 或以下；在 250eV 硼植入時，氮植入能量為 0.6KeV 或以下；在 1KeV 硼植入時，氮植入能量為 2.6KeV 或以下。較高氮植入能量在需要較深接面時可以使用。

除能量外，氮劑量必須選擇。氮劑量在硼植入輪廓之影響如圖 5 說明。每立方公分原子硼濃度以自不同氮植入劑量之晶圓表面，以埃為深度之函數繪出。摻雜劑輪廓以 SIMS 獲得。此例中，半導體晶圓以硼在能量 500eV，劑量  $1E15/cm^2$  及  $N_2^+$  氮離子以 1.3KeV 能量植入。曲線 90 代表無氮植入之硼輪廓；曲線 92 代表硼輪廓與氮劑量  $5E13/cm^2$  (曲線 90 及 92 在圖 5 中重疊)；曲線 94 代表以氮劑量  $2.5E14/cm^2$  之硼輪廓；曲線 96 代表以氮劑量

## 五、發明說明( 9 )

$1E15/cm^2$  之硼輪廓。每一情況下，晶圓在溫度 1050 度 C 之下，尖峰退火 0 至 1 秒。圖 5 中，接面深度之降低在氮摻雜劑約  $2.5E14/cm^2$  時所觀察到。因此，此位準或更大之氮摻雜劑為較佳。通常，降低氮植入劑量至能獲得理想接面深度所需之位準，最為理想，俾可輸出中降低氮植入劑之負面影響為最小。

以上已檢討氮植入劑方法之變化。此等變化包括(1)在氮及硼植入劑之間引進一退火步驟，及(2)在硼植入之前及以後，多次氮植入。

本發明之較佳實施例已說明及顯示如上，對熟悉此技藝人士而言，不同改變及修改在不悖離本發明限定於申請專利範圍之範疇時，均屬可行。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

四、中文發明摘要(發明之名稱: )

用以使用低能量氮氣植入形成在半導體晶圓內超淺接面之方法

一種用以在半導體晶圓中形成一淺接面之方法，包含以下步驟，植入摻雜材料如硼至半導體晶圓以形成淺接面，以 10KeV 或小於此能量植入氮至半導體晶圓，及在選擇之溫度之下，以半導體晶圓之熱處理活化摻雜材料一段選擇之時間。氮之能量係被選擇，俾氮植入深度約等於或小於摻雜材料植入深度。氮劑量較佳大於約  $2.5E14/cm^2$ 。植入氮步驟可在植入摻雜材料之前或以後實施。

英文發明摘要(發明之名稱: METHODS FOR FORMING ULTRASHALLOW JUNCTIONS IN SEMICONDUCTOR WAFERS USING LOW ENERGY NITROGEN IMPLANTATION )

A method for forming a shallow junction in a semiconductor wafer includes the steps of implanting a dopant material, such as boron, into the semiconductor wafer for forming a shallow junction, implanting nitrogen into the semiconductor wafer at an energy less than 10 keV, and activating the dopant material by thermal processing of the semiconductor wafer at a selected temperature for a selected time to form the shallow junction. The energy of the nitrogen is selected such that the implanted depth of the nitrogen is approximately equal to or less than the implanted depth of the dopant material. The nitrogen dose is preferably greater than about  $2.5E14/cm^2$ . The step of implanting nitrogen may be performed before or after the step of implanting the dopant material.

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁各欄)

裝

訂

線

## 六、申請專利範圍

1.一種用以形成半導體晶圓中之一淺接面之方法，該方法包含下列步驟：

植入硼於半導體晶圓中，以形成一淺接面；

以小於 10KeV 之能量植入氮於半導體晶圓中，其中，氮之能量係被選擇，俾氮之植入深度約等於或小於硼之植入深度；及

於選擇之溫度之下，以半導體晶圓之熱處理活化硼一段選擇之時間，以形成該淺接面。

2.如申請專利範圍第 1 項之方法，其中植入硼步驟包含以 1KeV 植入硼，其中植入氮之步驟包含以低於 2.6KeV 植入氮。

3.如申請專利範圍第 1 項之方法，其中植入硼之步驟包含以 500eV 植入硼，其中植入氮之步驟包含以 1.3KeV 植入氮。

4.如申請專利範圍第 1 項之方法，其中植入硼之步驟包含也 250eV 植入硼，其中植入氮之步驟包含以或低於 0.6KeV 植入氮。

5.如申請專利範圍第 1 項之方法，其中植入硼步驟包含以或低於 1KeV 之能量植入硼，其中植入氮之步驟包含以等於或低於 5KeV 之能量植入氮。

6.如申請專利範圍第 1 項之方法，其中植入硼步驟包含植入  $B^+$  離子。

7.如申請專利範圍第 1 項之方法，其中植入硼步驟包含植入  $BF_2^+$  離子。

## 六、申請專利範圍

8.如申請專利範圍第 1 項之方法，其中植入氮步驟包含植入  $N_2^+$ 離子。

9.如申請專利範圍第 1 項之方法，其中植入氮步驟在植入硼步驟之前實施。

10.如申請專利範圍第 1 項之方法，其中植入氮之步驟在植入硼步驟之後實施。

11.如申請專利範圍第 1 項之方法，其中活化硼之步驟包含，以約 900 度 C 至 1050 度 C 之溫度退火半導體晶圓約 0.1 至 10 秒。

12.如申請專利範圍第 1 項之方法，其中植入氮步驟包含，以在或大於  $2.5E14/cm$  之劑量植入氮。

13.如申請專利範圍第 1 項方法，其中植入硼之步驟包含，為形成用於 MOS 裝置之源極/汲極延伸。

14.一種用以於半導體晶圓中形成淺接面之方法，包含以下步驟：

植入一摻雜材料於半導體晶圓中，以形成一淺接面；

以小於 10KeV 之能量植入氮於半導體晶圓中，其中，氮之能量係被選擇，俾氮之植入深度與摻雜材料之植入深度大約相等或為少；及

於選擇之溫度之下，以半導體晶圓之熱處理活化摻雜材料一段選擇之時間，以形成該淺接面。

15.如申請專利範圍第 14 項之方法，其中植入氮步驟在植入摻雜材料步驟前實施。

16.如申請專利範圍第 14 項之方法，其中植入氮步驟在植入摻雜材料後實施。

## 六、申請專利範圍

17.如申請專利範圍第 14 項之方法，其中植入氮步驟包含，以大於  $2.5E14/cm^2$  之劑量植入氮。

18.如申請專利範圍第 14 項之方法，其中植入氮步驟包含，以等於或低於 5KeV 之能量植入氮。

19.一種用以在半導體晶圓中形成一淺接面之方法，包含下列步驟：

植入硼於半導體晶圓中，以形成一淺接面；

選擇小於 10KeV 之氮能量，以產生半導體晶圓中一植入深度，其約等於或小於硼之植入深度；

以選擇之能量及大於約  $2.5E14/cm^2$  之劑量植入氮於半導體晶圓中；及

於選擇之溫度下，以半導體晶圓之熱處理活化硼一段選擇之時間，以形成該淺接面。

20.如申請專利範圍第 19 項之方法，其中植入氮步驟在植入硼步驟之前實施。

21.如申請專利範圍第 19 項之方法，其中植入氮步驟在植入硼步驟之後實施。

22.如申請專利範圍第 19 項之方法，其中植入硼步驟包含以或低於 1KeV 能量植入硼，其中植入氮步驟包含以或低於 5KeV 能量植入氮。

23.如申請專利範圍第 19 項之方法，其中植入硼步驟包含植入  $B^+$  離子。

24.如申請專利範圍第 19 項之範圍，其中植入氮步驟包括植入  $N_2^+$  離子。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂  
線

## 六、申請專利範圍

25.如申請專利範圍第 19 項之方法，其中活化硼步驟包括，以約 900 度 C 至 1050 度 C 溫度退火半導體晶圓約 0.1 至 10 秒。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂  
線



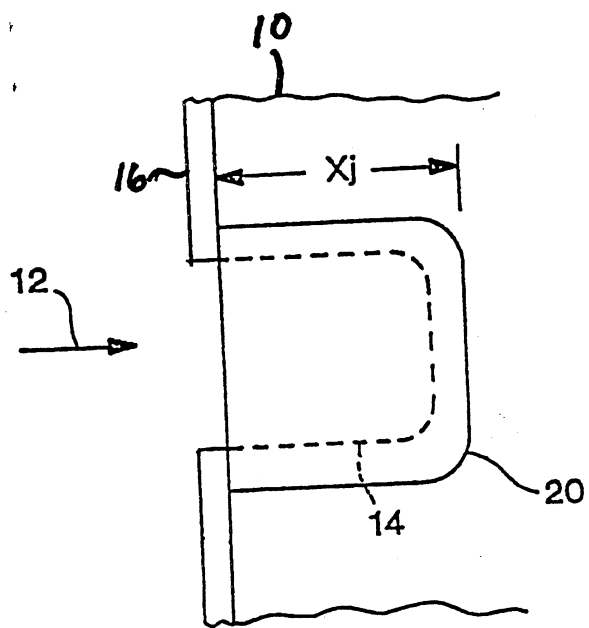


圖 1

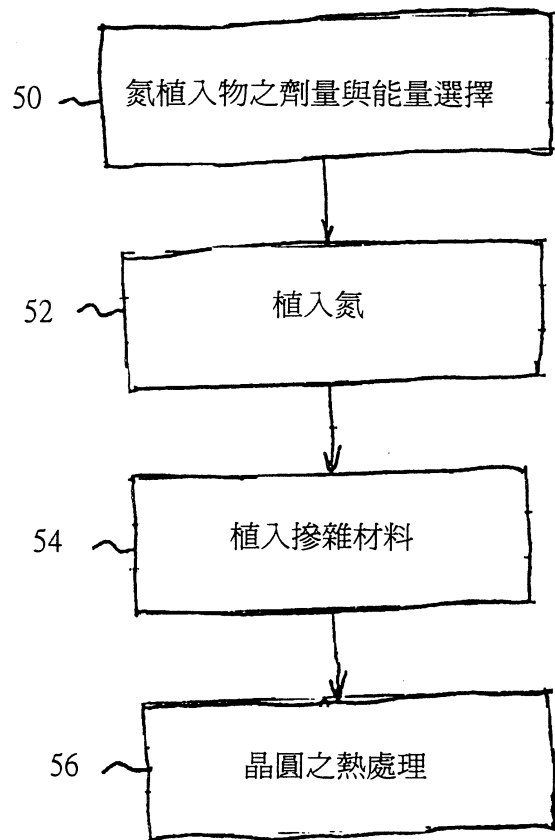


圖 2A

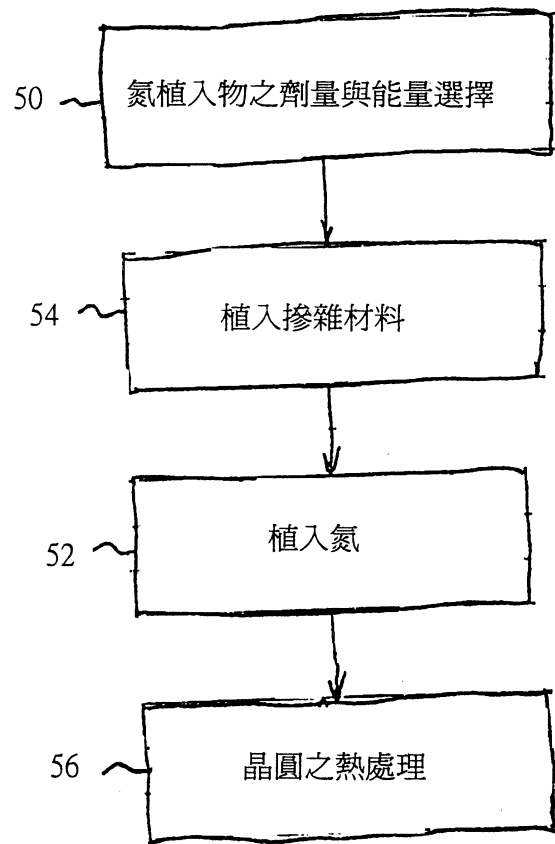


圖 2B

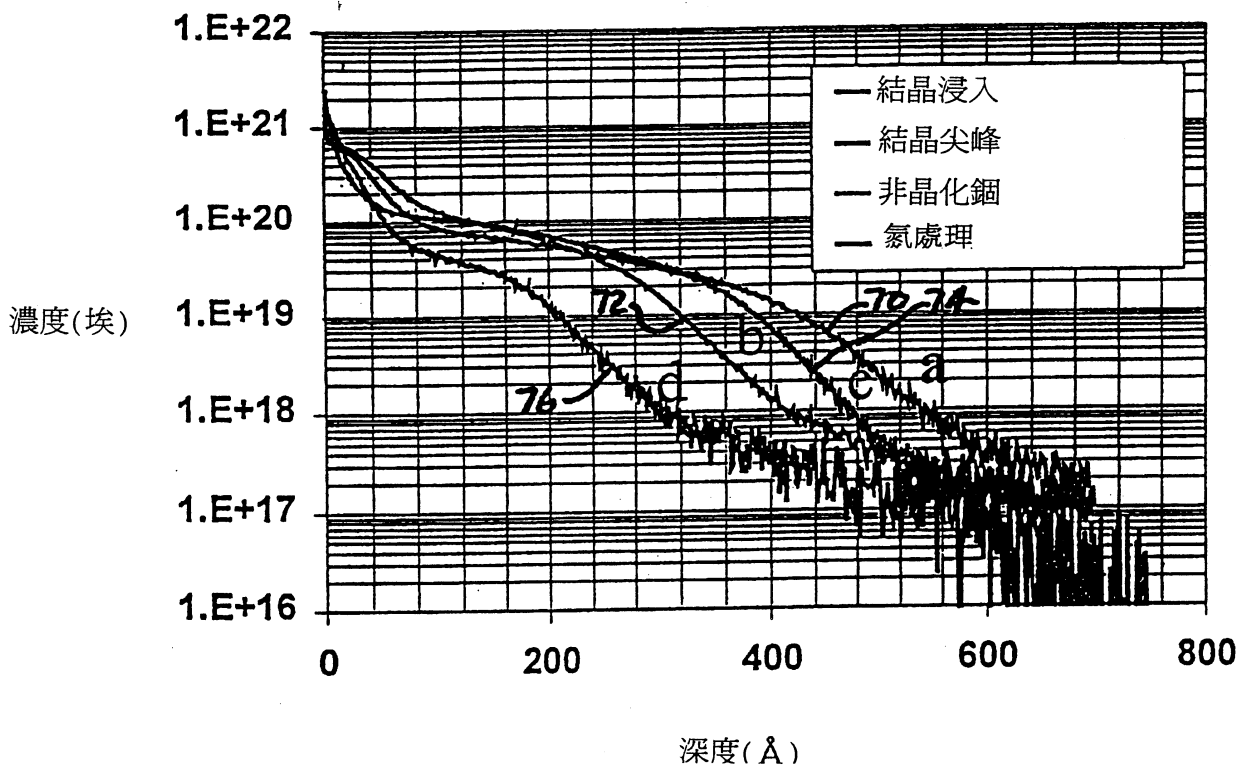


圖 3

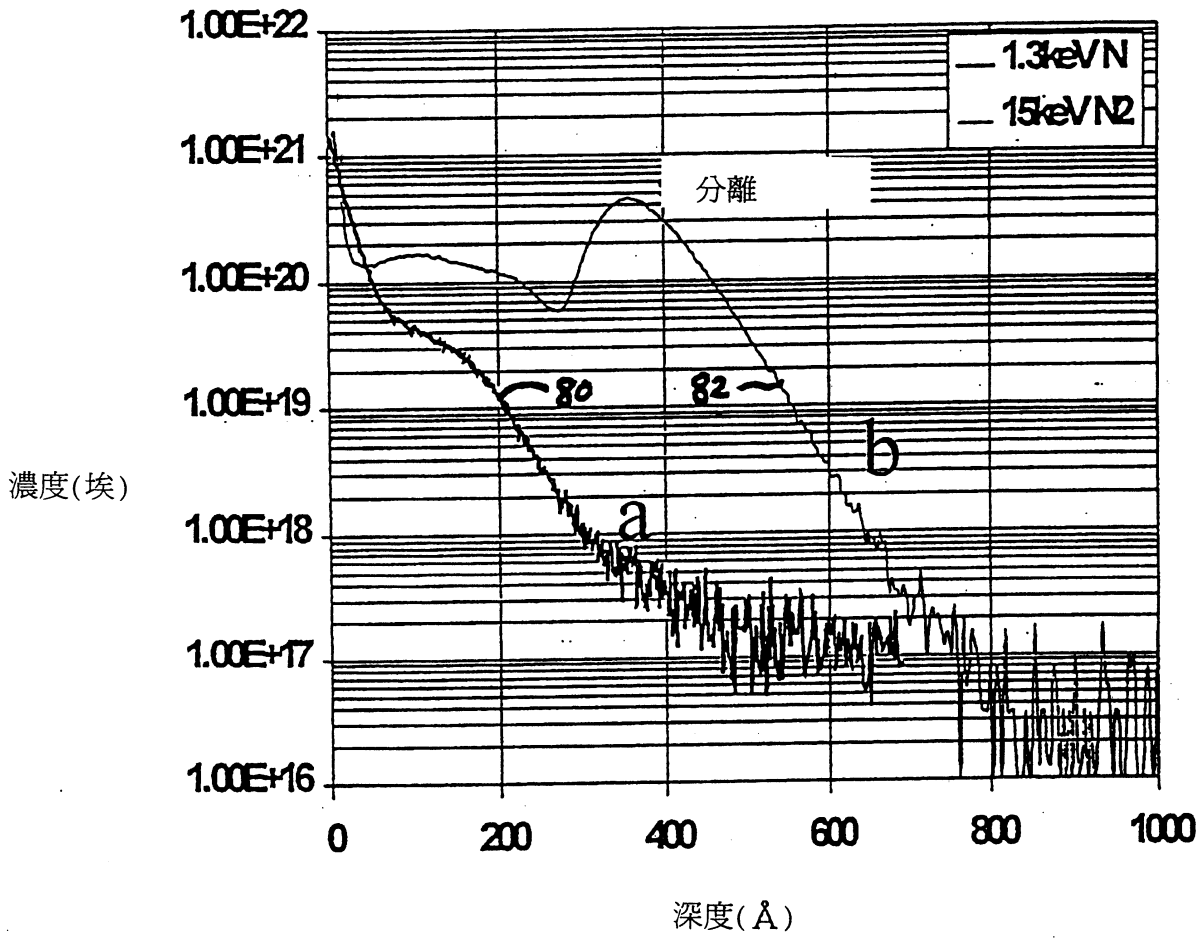


圖 4

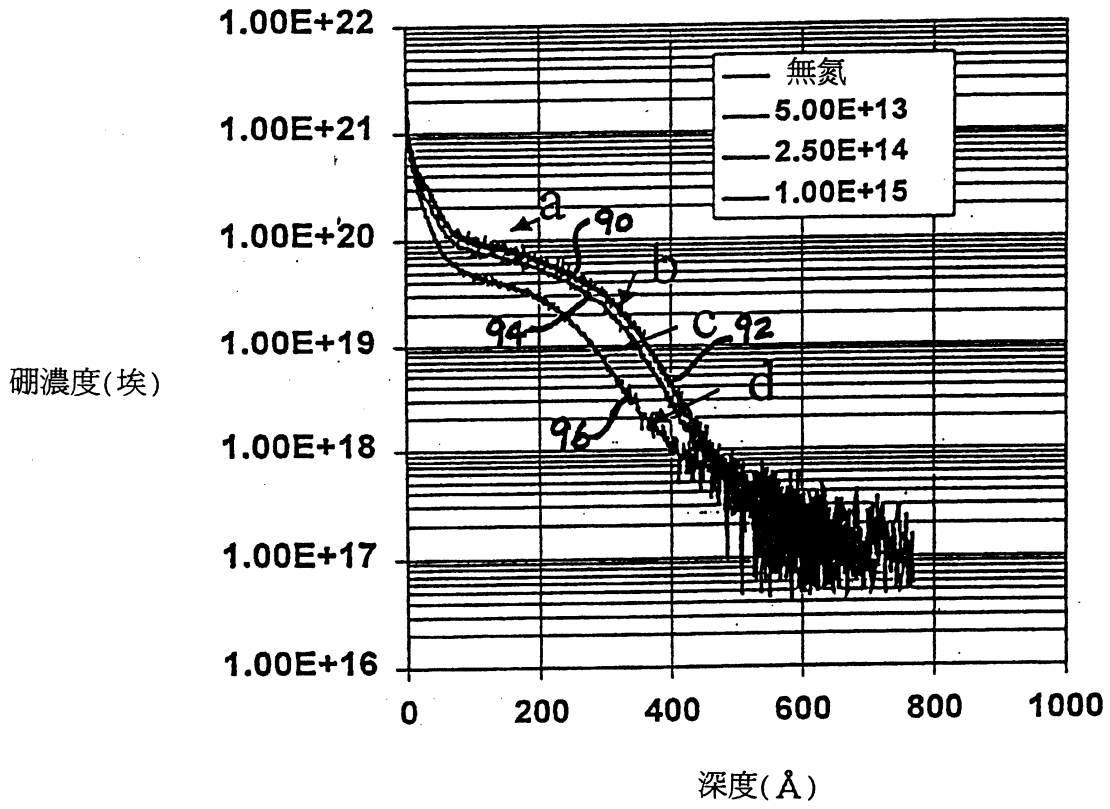


圖 5