

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4016105号
(P4016105)

(45) 発行日 平成19年12月5日(2007.12.5)

(24) 登録日 平成19年9月28日(2007.9.28)

(51) Int. Cl.	F I		
H O 1 L 29/06 (2006.01)	H O 1 L 29/06	G O 1 N	
B 8 2 B 3/00 (2006.01)	B 8 2 B 3/00		
C O 1 B 33/02 (2006.01)	C O 1 B 33/02	Z	

請求項の数 5 (全 6 頁)

(21) 出願番号	特願2003-86558 (P2003-86558)	(73) 特許権者	301023238
(22) 出願日	平成15年3月26日(2003.3.26)		独立行政法人物質・材料研究機構
(65) 公開番号	特開2004-296750 (P2004-296750A)		茨城県つくば市千現一丁目2番地1
(43) 公開日	平成16年10月21日(2004.10.21)	(72) 発明者	野田 哲二
審査請求日	平成15年10月17日(2003.10.17)		茨城県つくば市千現一丁目2番1号
			独立行政法人物質・材料研究機構内
		(72) 発明者	胡 全利
			茨城県つくば市千現一丁目2番1号
			独立行政法人物質・材料研究機構内
		(72) 発明者	施 鷹
			茨城県つくば市千現一丁目2番1号
			独立行政法人物質・材料研究機構内
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 シリコンナノワイヤーの製造法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

キャリアーガスの流通下において、シリコンをその融点よりも低い温度で蒸発させ、キャリアーガスの流通下流域の均熱部において900以上1300以下の温度範囲でシリコンのナノワイヤーを成長させることを特徴とするシリコンナノワイヤーの製造方法。

【請求項2】

1300を超えて1400以下の温度にてシリコンを蒸発させることを特徴とする請求項1のシリコンナノワイヤーの製造方法。

【請求項3】

均熱部の温度は、蒸発温度の降下の過程の温度として、100以内の温度変動幅で安定化されていることを特徴とする請求項1または2のシリコンナノワイヤーの製造方法。

【請求項4】

キャリアーガスは、アルゴンガス、水素ガスまたはその混合ガスであることを特徴とする請求項1ないし3のいずれかのシリコンナノワイヤーの製造方法。

【請求項5】

キャリアーガスの流量が大気圧下において $1\text{ cm}^3/\text{min} \sim 1000\text{ cm}^3/\text{min}$ であって、均熱部の区分長さが5cm以上であることを特徴とする請求項1ないし4のいずれかのシリコンナノワイヤーの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この出願の発明は、半導体等の情報通信用デバイスあるいはナノマシン用部材等として有用なシリコンワイヤーの製造方法に関するものである。さらに詳しくは、この出願の発明は、切断、組み立てが容易で次世代3次元半導体の材料、ナノマシン用軸、ナノピンセット等に好適なシリコンのナノワイヤーの製造方法に関するものである。

【0002】**【従来の技術とその課題】**

従来より、シリコンナノワイヤーは、熔融法等により製造されることが知られている（文献1）。

【0003】

しかしながら、この熔融法では結晶方位や長さが均質なナノワイヤーを得るために不可欠である高精度の温度制御が困難である。

【0004】

また、電気炉による加熱で製造することも報告されている（文献2）。

【0005】

だが、この方法でも、温度が均一でなく、高精度の温度制御が困難であるだけでなく、製造工程においてシリコンの他にSiO₂等の酸化物を加えることが必要であるため不均一な構造のシリコンナノワイヤーしか得られていない。

【0006】**【文献】**

文献1：特願2001-333257号

文献2：Z.W.Pan, Z.R.Dai, L.Xu, S.T.Lee, Z.L.Wang, J.Phys.Chem., B2001, 105, p2507-2514

【0007】

そこで、この出願の発明は、以上のとおりの従来技術の問題点を解消し、簡便でしかも結晶方位が揃いサイズが一定で、かつ直線部分が数mmにもおよぶシリコンナノワイヤーまたはシリコン合金のナノワイヤーの製造を可能とする新しい方法を提供することを課題としている。

【0008】**【課題を解決するための手段】**

この出願の発明は、上記の課題を解決するものとして、第1には、キャリアーガスの流通下において、シリコンあるいはシリコン・ゲルマニウム合金をその融点よりも低い温度で蒸発させ、キャリアーガスの流通下流域の均熱部において900以上1300以下の温度範囲でシリコンのナノワイヤーを成長させることを特徴とするシリコンナノワイヤーの製造方法を提供する。

【0009】

また、第2には、上記方法において、1300を超えて1400以下の温度にてシリコンを蒸発させることを特徴とするシリコンナノワイヤーの製造方法を、第3には、均熱部の温度は、蒸発温度の降下の過程の温度として、100以内の温度変動幅で安定化されていることを特徴とするシリコンナノワイヤーの製造方法を、第4には、キャリアーガスは、アルゴンガス、水素ガスまたはその混合ガスであることを特徴とするシリコンナノワイヤーの製造方法を、第5には、キャリアーガスの流量が1cm³/min~1000cm³/minであって、均熱部の区分長さが5cm以上であることを特徴とするシリコンナノワイヤーの製造方法を提供する。

【0010】**【発明の実施の形態】**

この出願の発明は上記のとおりの特徴をもつものであるが、以下にその実施の形態について説明する。

【0011】

この出願の発明の方法では、前記のとおり、キャリアーガスの流通下において、シリコン

10

20

30

40

50

をその融点よりも低い温度で蒸発させ、キャリアーガスの流通下流域の均熱部において 900 以上 1300 以下の温度範囲でシリコンのナノワイヤーを成長させることにより、これらナノワイヤーの成長速度を高精度に制御することを可能としている。従来法のように、反応過程で酸化物等の異物を添加する必要がなく、しかも均一な温度分布帯が形成される、長尺のナノワイヤー生成領域としての均熱部でナノワイヤーが生成されるため、シリコンナノワイヤーは、その結晶方位が揃い、サイズが一定で、かつ数 mm におよぶ長さの直線的な形状をもつものとなる。

【0012】

この出願の発明においては、シリコンナノワイヤーを製造するが、前記の蒸発では、シリコンの粉末あるいはその圧粉体、さらには仮焼した焼成体のいずれの形態のものでも蒸発の対象とすることができる。この場合の蒸発については、融点より低い温度において行われるが、実際的には、1300 を超えて 1400 以下の温度にてシリコンを蒸発させることが好ましい。

10

【0013】

そして、均熱部の温度は、蒸発温度の降下の過程の温度として、150 以内の、より好ましくは、100 以内の温度変動幅で安定化されていることが考慮される。

【0014】

キャリアーガスとしては、希ガスや水素ガスが考慮されるが、実際的には、アルゴンガス、水素ガスまたはその混合ガスであることが好ましい。

【0015】

反応装置の大きさや形状によっても相違するが、この出願の発明においては、たとえば、キャリアーガスの流量を $1 \text{ cm}^3 / \text{min} \sim 1000 \text{ cm}^3 / \text{min}$ とし、均熱部の区分さを 5 cm 以上とすることが一般的な目安として考慮される。

20

【0016】

たとえば、図 1 は、この出願の発明の方法を実施するための反応装置の一例を示した構成図である。この図 1 に沿って説明すると、キャリアーガス(5)の流通下にある反応管(1)は、蒸発部(A)を有し、均熱部(B-C)の区分を有し、この反応管(1)は、加熱炉(2)内に装入されている。

【0017】

蒸発部(A)では、たとえばシリコン(4)が加熱されて蒸発し、主として、均熱部(B-C)において 900 以上 1300 以下の温度範囲で加熱されることで、シリコンナノワイヤー(3)が成長することになる。

30

【0018】

図 2 はこの反応装置における位置(A)(B)(C)の距離と、温度の分布を例示した図である。この例では、蒸発部(A)において、シリコン(4)の融点(m.p. 1420)より低い温度(1340)でシリコン(4)を蒸発させている。そして、位置(B)および(C)は、各々、1270 および 1290 に保たれ、この位置(B)と(C)の間が均熱部を構成している。

【0019】

そこで以下に、図 1 の反応装置を用い、図 2 の温度分布に沿った実施例を示し、さらに詳しく説明する。もちろん、以下の例によって発明が限定されることはない。

40

【0020】

【実施例】

純度 99.999% のシリコン粉末を乳鉢で 300 メッシュ(約 50 μm 粒径)になるように微粉末化する。得られた微粉末シリコンを 10^{-6} Torr の減圧に保持して 1170 で 2 時間かけて仮焼結する。仮焼結されたシリコンを図 1 に例示した反応装置の反応管(1)内のアルミナポートに入れる。また、ナノワイヤー成長基板を反応管(1)内下流側にセットする。

【0021】

シリコン(4)を、大気圧下で、流量 $20 \text{ cm}^3 / \text{min}$ のアルゴンガスの流通下に、蒸

50

発部 (A) の温度を 1 3 4 0 として蒸発させる。

【 0 0 2 2 】

蒸発部 (A) から 1 0 c m 下流側の地点 (B) から、さらに 1 0 c m 下流側の地点 (C) までの間を均熱部として、図 2 のとおりの温度プロファイルとなるようにした。

【 0 0 2 3 】

均熱部において生成、生成されたシリコンナノワイヤーの走査型電子顕微鏡 (S E M) 像を示したものが図 3 および図 4 である。

【 0 0 2 4 】

生成されたシリコンナノワイヤーは図 3 および図 4 から明らかなように数 m m の直線形状をしている。さらに透過型電子顕微鏡で観察すると図 5 に示すように直線的でかつ、電子線回折パターンから見られるように、結晶性でかつ均一なシリコンナノワイヤーであって、一本一本のナノワイヤーの径は数 5 0 n m ~ 1 0 0 n m であり、長さが数 m m であることが確認される。

10

【 0 0 2 5 】

【 発明の効果 】

以上詳しく説明したとおり、この出願の発明によって、簡便な方法で、切断、組み立てなどが容易な、次世代 3 次元半導体の材料、ナノマシン用軸、ナノピンセット等の部材として好適なシリコンナノワイヤーを製造することができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 図 1 】 反応装置を例示した構成図である。

20

【 図 2 】 図 1 の装置における位置と温度プロファイルを例示した図である。

【 図 3 】 シリコンナノワイヤーの走査型電子顕微鏡写真である。

【 図 4 】 拡大した走査型電子顕微鏡写真である。

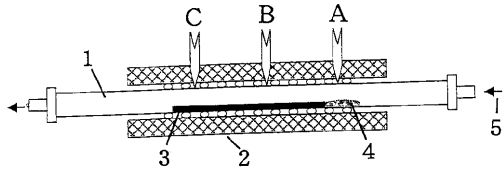
【 図 5 】 シリコンナノワイヤーの透過型電子顕微鏡写真と電子線回折結果を示した図である。

【 符号の説明 】

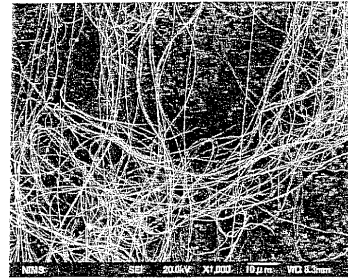
- 1 反応管
- 2 加熱炉
- 3 シリコンナノワイヤー
- 4 シリコン
- 5 キャリアーガス

30

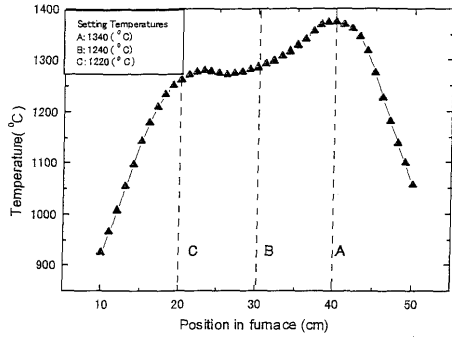
【 図 1 】



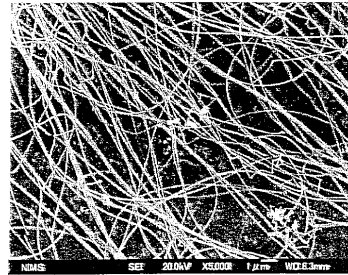
【 図 3 】



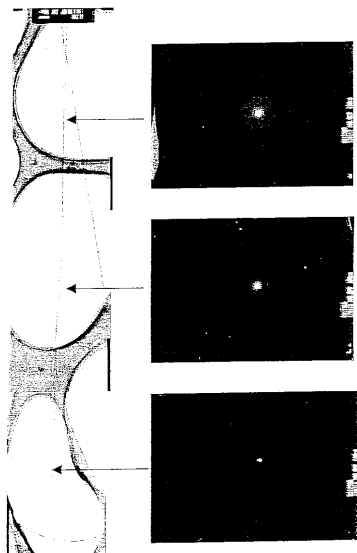
【 図 2 】



【 図 4 】



【 図 5 】



フロントページの続き

(72)発明者 鈴木 裕
茨城県つくば市千現一丁目2番1号 独立行政
法人物質・材料研究機構内

(72)発明者 荒木 弘
茨城県つくば市千現一丁目2番1号 独立行政
法人物質・材料研究機構内

審査官 恩田 春香

(56)参考文献 特開2002-154819(JP,A)
特開2003-142680(JP,A)
特開2004-067433(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 29/06

C01B 33/02

C01B 33/06

B82B 3/00