(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第4387672号
(P4387672)
(45)発行日　平成21年12月16日(2009.12.16)　(24)登録日　平成21年10月9日(2009.10.9)

(51)Int.Cl.　F I
B82B 3/00 (2006.01)　B82B 3/00

請求項の数 15　(全 7 頁)

(21)出願番号	特願2002-583317(P2002-583317)	(73)特許権者	590000514
(86)(22)出願日	平成14年4月17日(2002.4.17)		コミツサリア　タ　レネルジー　アトミーク
(65)公表番号	特表2004-524984(P2004-524984A)		フランス・７５０１５・パリ・バティマン・”ル・ポナン・デー”・リュ・ルブラン・２５
(43)公表日	平成16年8月19日(2004.8.19)	(74)代理人	100064908
(86)国際出願番号	PCT/FR2002/001326		弁理士　志賀　正武
(87)国際公開番号	WO2002/085778	(74)代理人	100108578
(87)国際公開日	平成14年10月31日(2002.10.31)		弁理士　高橋　詔男
審査請求日	平成17年3月4日(2005.3.4)	(74)代理人	100089037
(31)優先権主張番号	01/05314		弁理士　渡邊　隆
(32)優先日	平成13年4月19日(2001.4.19)	(74)代理人	100101465
(33)優先権主張国	フランス(FR)		弁理士　青山　正和

最終頁に続く

(54)【発明の名称】一次元ナノ構造の作製方法及びその方法により得られたナノ構造

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

一次元ナノ構造を作製する方法であって：

－平行な原子ライン（４）をシリコンカーバイドの基板（２）の表面に形成する段階と、

－前記原子ラインの間に選択的に吸着し、前記原子ラインの上には吸着しない材料を選択し、当該材料を堆積する段階、を備え、

前記材料の堆積によって、原子ライン間の前記材料のストリップ（６，８）を形成し、

前記原子ライン（４）はシリコンから成る

ことを特徴とする方法。

【請求項２】

シリコンカーバイドは立方構造を有し、その表面は立方シリコンカーバイド基板の（100）面である請求項１に記載の方法。

【請求項３】

前記材料はパッシベートされたストリップ（６）を形成するように選択されている請求項１又は２のいずれかに記載の方法。

【請求項４】

前記材料が水素である請求項３に記載の方法。

【請求項５】

前記材料が酸素、又はその下の表面をパッシベートすることが可能な他の分子である請

求項３に記載の方法。
【請求項６】
前記材料は導電性ストリップ（８）を形成するように選択されている請求項１又は２のいずれかに記載の方法。
【請求項７】
前記材料が金属である請求項６に記載の方法。
【請求項８】
前記金属がアルカリ金属及び遷移金属からなる群から選択されている請求項７に記載の方法。
【請求項９】
前記金属が銀、金、又は銅である請求項７に記載の方法。
【請求項１０】
前記材料が有機分子である請求項１又は２のいずれかに記載の方法。
【請求項１１】
前記材料が無機分子である請求項１又は２のいずれかに記載の方法。
【請求項１２】
請求項１から１１のいずれか一項に記載の方法で得られたナノ構造。
【請求項１３】
前記材料が、ＮＯ、N_2O、N_2、NH_3及び硫黄からなる群から選択された少なくとも一つである請求項５に記載の方法。
【請求項１４】
前記有機分子が、ポリマー、ベンゼン分子、ペンタセン分子又は一次元有機分子からなる群から選択された少なくとも一つである請求項１０に記載の方法。
【請求項１５】
前記無機分子がハロゲン又は硫黄である請求項１１に記載の方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、一次元ナノ構造の作製方法及びその方法により得られたナノ構造に関するものである。本発明では特に、パッシベーション化又は金属化されたストリップを有するナノ構造を作製することを可能とする。本発明は特に、ナノエレクトロニクスの分野に応用できる。
【背景技術】
【０００２】
参考すべき以下の文献によれば、シリコンカーバイド（ＳｉＣ）の基板の一次元に“原子ライン”とも称される一次元ナノ構造を作製する方法がすでに知られている。
[１]国際出願PCT/FR97/02298、国際公開パンフレットWO98/27578、発明の名称“Fils atomiques de grande longuer et de grande stabilite, procede, de fabrication de ces fils, application en nanoelectronique”、発明者デュジャディン（G.Dujardin），メイン（A.Mayne），セモンド（F.Semond）及びソウキアシン（P.Soukiassian）。
[２]Phys. Rev .Lett, 79(1997)2498、ソウキアシン（P.Soukiassian）ら。
【発明の開示】
【発明が解決しようとする課題】
【０００３】
本発明は、予め画定された電気的状態、すなわち電気的絶縁状態又は伝導状態を有する一次元ナノ構造の作製に係る問題を解決することにある。
【０００４】
特に、本発明は、ナノメートルスケールの長くかつ幅広の絶縁性又は伝導性一次元構造を作製するものである。
【０００５】

このような構造又はストリップの長さは1ミクロンを越え、その幅は1nmから10nmの範囲内に調整されるだろう。

【課題を解決するための手段】

【０００６】

さらに詳細には、本発明の目的は、一次元ナノ構造の作製方法であって：

－並行原子ラインはシリコンカーバイドの基板の表面に形成し、

－材料がこの表面上において、原子ライン間に選択的に吸着し、原子ライン上には吸着しないように堆積し、このため、原子ライン間のこの材料のストリップを形成するものである。

【０００７】

原子ラインはシリコンから成るのが好ましい。

【０００８】

本発明の方法の第１の実施形態では、シリコンカーバイドは立方（キュービック）構造（晶系）を有し、その表面は立方シリコンカーバイド基板の表面である。

【０００９】

本発明の方法の第１の実施形態では、材料はパッシベーション化されたストリップを形成するように選択される。

【００１０】

この場合、材料は、水素又は酸素又はその下の表面をパッシベート（不動態化）することが可能な他の分子例えば、ＮＯ、$Ｎ_2Ｏ$、$Ｎ_2$、$ＮＨ_3$及び硫黄である。

【００１１】

本発明の方法の第２の実施形態では、材料は導電性ストリップを作製するために選択される。

【００１２】

この場合、材料は例えば、金属である。この金属は例えば、銀、又は金、銅あるいはアルカリ金属及び遷移金属からなる群から選択された金属であってもよい。

【００１３】

本発明の方法の他の実施形態では、材料は有機分子又は無機分子から成る。

【００１４】

本発明はまた、本発明の方法で得られたナノ構造に関するものである。

【発明を実施するための最良の形態】

【００１５】

本発明は、本発明で得られるナノ構造の断面図である図面を参照して、例示目的であって限定的でない以下に示す特定の実施形態の記載を読むことによってさらに理解が深まるだろう。、

【００１６】

パッシベートされた一次元ナノ構造の作製を可能にする本発明の方法の第１の実施例を示す。

【００１７】

このようなナノ構造を作製するために、シリコン基板２を、その表面がセルフオーガナイズ（自己構成）してc(4x2)表面となるように処理し、その結果、表面が平行なシリコン原子ライン４を備えるようにされたシリコン基板２（図参照）を用いる。

【００１８】

文献[１]には、表面を3x2構造に終端するように変換され、その後に適切にアニーリングされたβ-SiC(100)立方相のSiCの単結晶基板の表面上にSi-Siダイマーの直線鎖（原子ライン）を得る方法が説明されている。

【００１９】

引き続いて、1100℃でアニーリング処理を行って、3x2対称を有するこの表面は、原子スケールの構造がc(4x2)対称となるまで変換される（再構成）。

【００２０】

次いで、この表面を、室温（約20℃）に維持したまま、低圧（約10^{-8}hPa）で超純粋な水素分子に曝す。

【００２１】

表面を、飽和するまで水素分子に曝す（50L以上）のが特徴である。この飽和に達しているか否かをSTMすなわち、Scanning Tunneling Microscopyで観察しながら、水素分子の曝露量を制御してもよい。

【００２２】

原子ライン４は水素とは反応せず、その下の表面をパッシベートする。

【００２３】

従って、水素だけが原子ライン間に吸着し、原子ライン間にパッシベートされたストリップ６を形成する。

【００２４】

酸素を水素の代わりに用いることができることに留意されたい。

【００２５】

金属化された一次元ナノ構造を作製できる本発明の方法の第２の実施例を示す。

【００２６】

これは、立方SiCの基板の（100）面に形成されたナノメートルスケール幅の金属ストリップである。

【００２７】

表面が自己構成されるという特性を、シリコン原子の完全表面上にシリコン原子ラインを並べて形成するために利用する。これらのライン間の距離は、超高真空中でSiC基板の精密なアニーリング処理によって決定してもよい。

【００２８】

次いで、この面にカリウム原子を堆積する。カリウムは、ライン自体を金属化することなく、シリコンラインの間のスペースを金属化する。このようにして、ストリップを原子ラインによって分離する調整可能な幅で形成する。

【００２９】

さらに詳細には、これらの金属“ナノストリップ”の作製の第１の段階は、カリウム源の準備とキャリブレーション（較正）とから成る。手順を以下に示す。

【００３０】

カリウム原子源を超高真空チャンバに配備し、非常に精密に脱ガスを行う。カリウム原子の単層が蒸着される間に、チャンバーの圧力が$2x10^{-9}$Paを越えないときは、カリウム原子源は十分に脱ガスされていると考えることができる。

【００３１】

次いで、カリウム原子源をキャリブレートしなければならない。カリウム原子の蒸着速度を決定できるいかなる方法を用いてもよい。

【００３２】

例えば、完全にc(4x2)型の再構成を有するシリコン原子から成る立方SiCの（100）面を準備し、コアレベルK3pから得られるXPS信号の強度の変化を調べることができる。

【００３３】

この強度は増大していき、カリウムの量がちょうど単層に等しいときに飽和する。

【００３４】

低エネルギー電子回折（LEED）を用いて、このc(4x2)表面から2x3表面、さらに2x1表面への変換を調べることもできる。

【００３５】

このような2x3表面に完全に対応する回折像は、単層の2/3の被覆率に対応する。

【００３６】

次いで、第２の段階は、SiC表面にシリコン原子ラインを形成することである。この点は文献[１]を参照できる。

【００３７】

手順を以下に示す：

ａ）立方シリコンカーバイド（3c-SiC）のサンプルを$5x10^{-10}$hPaチャンバ内に配備し、650℃で数時間、次いで、1100℃で1分間を数回、この試料に直接電流を流すことによって加熱する。

ｂ）1300℃に加熱されたシリコン源を用いて、数層のシリコン層を立方SiCの(100)表面に堆積する。

ｃ）アニーリングを用いて、堆積されたシリコンの一部を、原子スケールの表面構造が3x2対称（再構成）となるまで蒸発するように制御する。この表面対称性を、電子回折の手法を用いて制御してもよい。

ｄ）この3x2表面は、完全にシリコン原子から成る表面上に並んだ極端に密なシリコン原子ラインから成る。さらなるアニーリング操作によって、制御されたやり方でこれらのラインの密度を低減することができる。

【００３８】

第３の段階は、この表面にカリウム原子を堆積することである。

【００３９】

以下にこの手順を示す。

【００４０】

シリコン原子ラインを備えたSiC表面を、カリウム源から約3cmの距離に配備する。次いで、カリウム原子をSiC表面に堆積する。このカリウム原子はシリコン原子ライン間に堆積するのが好ましい。堆積されるべきカリウムの量は、ライン間のスペースを充填する量に対応しなければならない。

【００４１】

ライン間に位置するスペースは、c(4x2)型のオーダー（秩序）に対応する。発明者は、UPS/XPS技術とSTM/STS技術とを用いて、表面がカリウムで飽和すると、このオーダーが2x1になり、金属的性質を備えることを確認した。他方、表面がカリウムで飽和してもシリコンラインは金属的でない。

【００４２】

従って、例えば、、堆積したカリウムの量が正確な所望量をわずかに越えたとしても、これは結果に対しては決定的ではない：ライン間のスペースは、非金属原子ラインによって分離された金属ストリップ８（図面参照）を形成する。

【００４３】

他のアルカリ金属、及び、より一般的に金属例えば、銀を使用しても、同じ結果が得られる。

【００４４】

一般的ルールとして、金属ナノストリップの作製は、以下の２つの特性を有する吸着物によって実施できる：

－吸着物がシリコンライン間に選択的に吸着されるという特性、

－吸着物がライン間のスペースを金属化（メタライズ）する（例えば、立方ＳｉＣのｃ（４ｘ２）型再構成の金属化）という特性。

【００４５】

本発明は、原子ライン間のナノストリップの形成のために水素、酸素又は金属の使用に限定されない：材料は、例えば、ブリッジ又はコンタクトを形成するために、無機分子例えば、ハロゲン（F，Cl，Br，I）又は硫黄、有機分子例えば、導電ポリマー及び有機半導体ポリマー（例えば、PCDTA又はチオール）を含むポリマー、例えばベンゼン若しくはペンタセン（pentacene）型の分子、及び一次元有機分子を用いてもよい。

【００４６】

原子ライン間の無機分子を堆積するために、同じ方法を例えば、酸素に対して用いる：表面は、真空中で分子に曝し、又は蒸発を用いる（例えば、Br，S，及びIに対して）。

【００４７】

有機分子を堆積するために、例えば、真空蒸発による堆積を用いてもよい。

【図面の簡単な説明】

【００４８】

【図１】本発明で得られるナノ構造の断面積である。

【符号の説明】

【００４９】

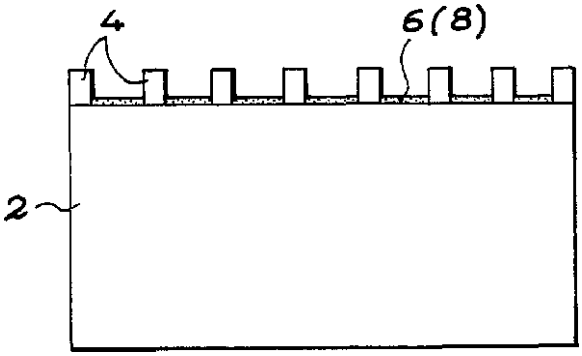
２　基板

４　原子ライン

６、８　ストリップ

10

【図１】



フロントページの続き

(74)代理人 100094400
弁理士 鈴木 三義
(74)代理人 100107836
弁理士 西 和哉
(74)代理人 100108453
弁理士 村山 靖彦
(74)代理人 100110364
弁理士 実広 信哉
(72)発明者 マリー・ダンジェロ
フランス・Ｆ－７５０１４・パリ・リュ・デュ・ムーラン－ヴェール・６５
(72)発明者 ヴィクトル・アリストフ
フランス・Ｆ－９１４００・オルセー・アンパッス・デュ・ヴェルダン・６
(72)発明者 ヴィンセント・デリーク
アメリカ合衆国・ニューヨーク・１０５６２・オシニング・ゲイツ・アヴェニュ・１３
(72)発明者 ファブリス・セモン
フランス・Ｆ－０６２５０・ムーガン・ル・オー・プラス・デ・ザルカーデ・２２
(72)発明者 パトリック・スキアシャン
フランス・Ｆ－７８４７０・サン・レミ・レ・シェヴルーズ・リュ・アレクサンドル・デュマ・１８

審査官 小林 紀史

(56)参考文献 国際公開第９８／０２７５７８（WO，Ａ１）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
B82B 1/00 - 3/00