

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2009年9月17日(17.09.2009)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2009/113472 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 21/205 (2006.01) C23C 16/26 (2006.01)
C01B 31/04 (2006.01) C23C 16/42 (2006.01)
C23C 16/02 (2006.01) C30B 29/02 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2009/054384
- (22) 国際出願日: 2009年3月9日(09.03.2009)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2008-060097 2008年3月10日(10.03.2008) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 国立大学法人東北大学(TOHOKU UNIVERSITY) [JP/JP]; 〒9808577 宮城県仙台市青葉区片平二丁目1番1号 Miyagi (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 末光 真希(SUEMITSU, Maki) [JP/JP]; 〒9808577 宮城県仙台市青葉区片平二丁目1番1号 国立大学法人東北大学内 Miyagi (JP). 今野 篤史(KONNO, Atsushi) [JP/JP]; 〒9808577 宮城県仙台市青葉区片平

二丁目1番1号 国立大学法人東北大学内 Miyagi (JP). 宮本 優(MIYAMOTO, Yu) [JP/JP]; 〒9808577 宮城県仙台市青葉区片平二丁目1番1号 国立大学法人東北大学内 Miyagi (JP).

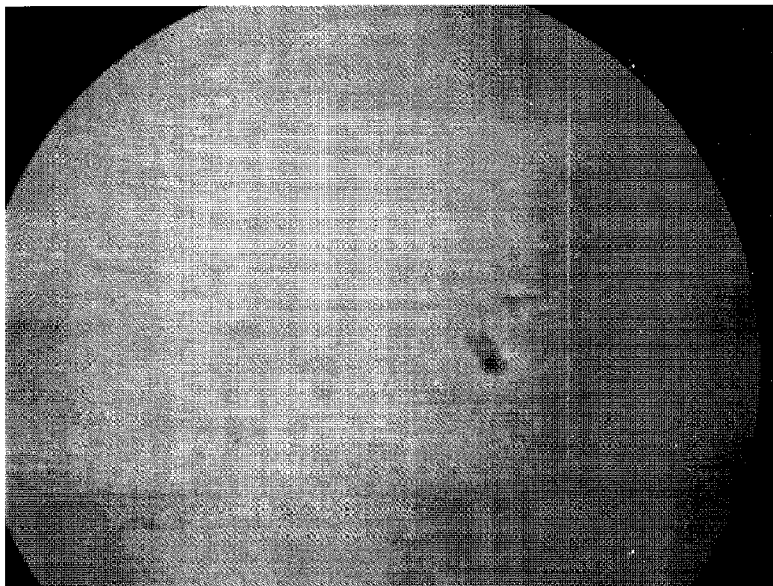
- (74) 代理人: 須田 篤, 外(SUDA, Atsushi et al.); 〒9800012 宮城県仙台市青葉区錦町一丁目2番10-605号 Miyagi (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB,

[続葉有]

(54) Title: GRAPHENE OR GRAPHITE THIN FILM, MANUFACTURING METHOD THEREOF, THIN FILM STRUCTURE AND ELECTRONIC DEVICE

(54) 発明の名称: グラフェンまたはグラファイト薄膜、その製造方法、薄膜構造および電子デバイス

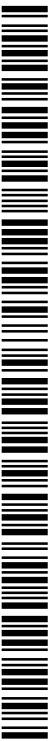
[図3]



(57) Abstract: Provided are a manufacturing method, a thin film structure and an electronic device having the same, whereby high-quality graphene or graphite thin films compatible with a large surface area can be epitaxially formed on an Si substrate. With the present invention it is possible to obtain a graphene or graphite thin film formed on a cubic SiC crystal thin film, using a cubic SiC crystal thin film having a (111) orientation and formed on an Si substrate (1) as the base material. In addition, the development of ultrahigh-speed devices which will support next-generation, high-speed communication services can be advanced by means of an electronic device having a graphene or graphite thin film structure grown as a crystal on a substrate.

(57) 要約: 【課題】高品質、かつ大面積化に対応したグラフェンまたはグラファイト薄膜、それらをSi基板上にエピタキシャルに形成することができる製造方法、薄膜構造およびそれらを

有する電子デバイスを提供する。【解決手段】本発明では、Si基板1の上に形成される(111)方位を有する立方晶SiC結晶薄膜を基材として、立方晶SiC結晶薄膜上に形成されたグラフェンまたはグラファイト薄膜を得ることができる。また、基板上に結晶成長されたグラフェンまたはグラファイト薄膜構造を有する電子デバイスにより、次世代高速通信サービスを支える超高速デバイスの開発を促進させることができる。



WO 2009/113472 A1

GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL,
NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF,
CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD,
TG).

— 発明者である旨の申立て (規則 4.17(iv))

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

規則 4.17 に規定する申立て:

明 細 書

グラフェンまたはグラファイト薄膜、その製造方法、薄膜構造および電子デバイス

技術分野

[0001] 本発明は、Si基板上の表面にグラフェンを形成し、さらにはグラファイト成長を行うグラファイト薄膜、その製造方法、薄膜構造およびそれらを有する電子デバイスに関する。

背景技術

[0002] 近年、次世代高速通信サービスを支える高速電子デバイス材料として、Si基板上に多種の材料を用いて形成される薄膜の研究開発が行われている。超高速電子デバイス材料として、Si(100)基板上にエピタキシャルに形成された立方晶SiC薄膜を用い、この上にグラフェンを形成する技術が注目されている。これはSi(100)基板上に形成された(100)面方位を有する立方晶SiC薄膜を真空中にて、1200～1300℃の温度にて基板を加熱することで、SiC薄膜の最表面をグラフェン薄膜とする技術である。

[0003] グラフェンとは、炭素原子が六角形の網の目状となる二次元構造のシート様の炭素結晶である。このグラフェンシートを積層させることで、グラファイトを形成することができる。

[0004] グラフェン薄膜に関しては、先にSi(100)基板面に形成した立方晶SiCを真空中にて、1050～1080℃で加熱することにより、表面にグラフェン薄膜が形成される技術が開示されている(例えば、非特許文献1参照)。

[0005] しかし、本技術においては、2回対称性を有するSi(100)基板上に3回対称性を有するグラファイト、あるいはグラフェン薄膜を形成しなければならず、高品質のグラフェン薄膜、あるいはグラファイトを形成することが困難だった。

[0006] また、Si基板上にグラフェン薄膜、あるいはグラファイトを形成する別の方法としては、六方晶SiC結晶を真空中にて、1300～1400℃の温度にて加熱し、結晶表面にグラファイトを形成する技術がある。このグラファイト層を粘着性テープにて剥離した後、

Si基板上に形成した熱酸化膜上に転写するのである。従来、例えば、六方晶SiCを1300～1350℃にて真空加熱することにより、表面にグラフェン薄膜が形成できるものがある(例えば、非特許文献2または3参照)。

[0007] なお、本願発明者等により、Si(110)基板上に(111)方位を有する立方晶SiC(3C-SiC)結晶が成長し、特に、SiCの厚さが3ML(原子層)以上になると、Si(110)面上にSiC(111)面が成長することがエネルギー的に最も安定であり、SiCの厚さが8ML以上になると、2.5度傾いた基板の方が更にエネルギー的に安定になることが明らかにされている(例えば、非特許文献4参照)。

[0008] 非特許文献1: Andreas Sandin, J.L.Tedesco, R.J.Nemanich, J.E.(Jack)Rowe, “Interface Studies of Graphene layers on SiC thin films and bulk SiC(0001)”, [online], 2008年3月, American Physical Society, インターネット<http://absimage.aps.org/image/MWS_MAR08-2007-006961.pdf>

非特許文献2: X.N.Xie, H.Q.Wang, A.T.S.We, Kian ping Loh, “The evolution of 3×3 , 6×6 , $\sqrt{3} \times \sqrt{3}R30^\circ$ and $6\sqrt{3} \times 6\sqrt{3}R30^\circ$ superstructures on 6H-SiC (0001) surfaces studied by reflection high energy electron diffraction”, Surf.Sci., 2001, 478, p.57-71

非特許文献3: Joshua Moskowitz, Patrick Ho, Daniel Kuncik, “Princeton Center for Complex Materials”, REU(Research Experience for Undergraduates) Research Projects Summer 2006

非特許文献4: Tomonori Ito, Toru Kanno, Toru Akiyama, Kohji Nakamura, Atsushi Konno, Maki Suemitsu, “Empirical Potential Approach to the Formation of 3C-SiC/Si(110)”, Appl. Phys. Express, 2008年10月31日, Vol.1, No.11, 111201

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0009] しかしながら、Si基板上にSiC薄膜を介して高品質なグラフェンまたはグラファイトを直接エピタキシャル成長させ所望の薄膜を形成することは困難であり、半導体プロセスにおいてはその条件が明確ではないという課題があった。また、その品質も実用化レベルにはほど遠いという課題もあった。一方、転写法においては、SiC基板の制約

から、大面積化が困難である他、原理的に大量生産には不向きであるという課題があった。

[0010] 本発明は、このような課題に着目してなされたもので、高品質、かつ大面積化に対応したグラフェンまたはグラファイト薄膜、それらをSi基板上にエピタキシャルに形成することができる製造方法、薄膜構造およびそれらを有する電子デバイスを提供することを目的としている。

課題を解決するための手段

[0011] 上記目的を達成するために、本発明に係るグラフェンまたはグラファイト薄膜は、Si基板上に形成される(111)方位を有する立方晶SiC結晶薄膜を基材として、前記立方晶SiC結晶薄膜上に形成されていることを、特徴とする。

[0012] 本発明に係るグラフェンまたはグラファイト薄膜の製造方法は、(111)方位を有する立方晶SiC結晶薄膜をSi基板上に形成し、前記立方晶SiC結晶薄膜を基材として、その上にグラフェンまたはグラファイト薄膜を形成することを、特徴とする。

[0013] 本発明に係る薄膜構造は、Si基板と、前記Si基板上に形成される(111)方位を有する立方晶SiC結晶薄膜と、前記立方晶SiC結晶薄膜を基材として、その上に形成されたグラフェンまたはグラファイト薄膜とを、有することを特徴とする。

[0014] 本発明に係るグラフェンまたはグラファイト薄膜、その製造方法および薄膜構造では、Si基板上に形成される立方晶SiC結晶薄膜は、(111)方位を有していることが好ましいが、(111)方位から5度以下程度であれば、ずれていてもよい。

[0015] また、本発明に係るグラフェンまたはグラファイト薄膜で、前記立方晶SiC結晶薄膜は、Si(111)基板上に形成されたSiC薄膜であることが好ましい。本発明に係るグラフェンまたはグラファイト薄膜の製造方法は、前記立方晶SiC結晶薄膜をSi(111)基板上に形成することが好ましい。本発明に係る薄膜構造で、前記立方晶SiC結晶薄膜は、Si(111)基板上に形成されたSiC薄膜であることが好ましい。これらの場合、Si基板は、Si(111)基板であることが好ましいが、Si(111)基板から5度以下程度であれば、ずれていてもよい。

[0016] また、本発明に係るグラフェンまたはグラファイト薄膜で、前記立方晶SiC結晶薄膜は、Si(110)基板上に形成されたSiC薄膜であってもよい。本発明に係るグラフェン

またはグラファイト薄膜の製造方法は、前記立方晶SiC結晶薄膜をSi(110)基板上に形成してもよい。本発明に係る薄膜構造で、前記立方晶SiC結晶薄膜は、Si(110)基板上に形成されたSiC薄膜であってもよい。これらの場合、Si基板は、Si(110)基板であることが好ましいが、Si(110)基板から5度以下程度であれば、ずれていてもよい。

[0017] また、本発明に係るグラフェンまたはグラファイト薄膜は、前記立方晶SiC結晶薄膜を、真空中にて1200～1400℃の温度で加熱することにより、表面近傍のSi成分を気化除去して形成されたことが好ましい。本発明に係るグラフェンまたはグラファイト薄膜の製造方法は、前記立方晶SiC結晶薄膜を、真空中にて1200～1400℃の温度で加熱することにより、表面近傍のSi成分を気化除去してグラフェンまたはグラファイト薄膜を形成することが好ましい。これらの場合、立方晶SiC結晶薄膜は立方晶SiC結晶が層状を成して形成されているため、その表面近傍、すなわち立方晶SiC結晶薄膜の表面から所定の深さまでに存在するSi成分を除去することにより、残されたC成分で、Si成分が除去されていない立方晶SiC結晶薄膜上に、グラフェンまたはグラファイト薄膜を形成することができる。

[0018] また、本発明に係るグラフェンまたはグラファイト薄膜で、前記立方晶SiC結晶薄膜は、Si-H結合とSi-C結合とを有する有機珪素ガスを用いて形成されたことが好ましい。本発明に係るグラフェンまたはグラファイト薄膜で、前記有機珪素ガスは、モノメチルシラン、ジメチルシランおよびトリメチルシランのうち少なくともいずれか1つから成ることが好ましい。本発明に係るグラフェンまたはグラファイト薄膜の製造方法は、前記立方晶SiC結晶薄膜を、Si-H結合とSi-C結合とを有する有機珪素ガスを用いて形成することが好ましい。本発明に係るグラフェンまたはグラファイト薄膜の製造方法で、前記有機珪素ガスは、モノメチルシラン、ジメチルシランおよびトリメチルシランのうち少なくともいずれか1つから成ることが好ましい。

[0019] 本発明に係る電子デバイスは、本発明に係るグラフェンもしくはグラファイト薄膜、または、本発明に係る薄膜構造を有することを、特徴とする。

発明の効果

[0020] 本発明によれば、SiC基板上にグラフェンまたはグラファイト薄膜を発現させること

ができる。また、グラファイト薄膜の発現が確かめられたことで、グラファイト薄膜を繰り返し積層状にしたとしても、グラファイト薄膜の上層のグラファイト薄膜の膜の平坦性を維持、安定化することができ、次世代高速通信サービスを支える高速電子デバイス材料の開発に極めて有効な技術を確立することができた。

[0021] 本発明によれば、高品質、かつ大面積化に対応したグラフェンまたはグラファイト薄膜、それらをSi基板上にエピタキシャルに形成することができる製造方法、薄膜構造およびそれらを有する電子デバイスを提供することができる。

発明を実施するための最良の形態

[0022] 以下、図面を参照して本発明の実施の形態について詳細に説明する。

本発明においては、後述する実施例の形態に限定されるものではない。

図1は、本発明の基本概念となるSiC薄膜成長を行う半導体製造装置の構成を示す模式図である。半導体製造装置においては、真空槽11は2台のターボ分子ポンプTMP(Turbo Molecular Pump)が備えられ、真空槽11内の雰囲気気を排気することで、 10^{-8} Pa以下の圧力を実現することができる機能を有している。

[0023] この半導体製造装置を用いてのグラフェンまたはグラファイト薄膜の形成方法について説明する。

まず、半導体製造装置の真空槽11内にSi基板1を設置し、 10^{-7} Pa以下の圧力まで真空引きを行う。そして、温度コントローラ(特に図示せず)の制御により、 $900\sim 1000^{\circ}\text{C}$ にSi基板1を加熱する。Si基板1を加熱後、半導体製造装置に備えられているガス噴射管12より、真空槽11内にモノメチルシラン(MMSi)を $10^{-4}\sim 10^{-2}$ Paの圧力で噴出させる。約1時間の成膜処理により、立方晶SiC(3C-SiC)薄膜が形成される。

[0024] 次に、グラフェンまたはグラファイト薄膜をSi基板1の上に形成する方法を説明する。

まず、グラフェンまたはグラファイト薄膜の形成には、同じ3回対称性を持つSiC結晶面が必要となる。すなわち、Si基板1を用いた場合にはSi基板1の上にSiCのエピタキシャル成長を必要とし、そのため、SiC結晶としてSi基板1の上に唯一成長する多型(ポリタイプ)である、立方晶(3C-)SiCとしなければならない。

- [0025] より具体的には、SiC結晶面方位として、3回対称性を持つ3C-SiC(111)面を用いることになる。
- [0026] 3C-SiC(111)面を容易に形成する方法としては、例えば、Si(111)基板を用い、この基板上に3C-SiC(111)面をエピタキシャル成長させる半導体プロセスが必要になる。
- [0027] 本発明では上述した実施例を踏まえ、Si基板上の3C-SiC(111)薄膜形成における半導体プロセスにおいて、Si(110)基板またはSi(111)基板に有機シランガスを触媒として化学気相成長させる成膜技術を用いた。この成膜技術より、Si(110)基板またはSi(111)基板の上に3C-SiC(111)面を形成させるのである。
- [0028] 尚、本発明のSi基板上の3C-SiC(111)薄膜形成による、Si(110)基板上に形成された3C-SiC(111)薄膜と、Si(111)基板の上に形成された3C-SiC(111)薄膜との比較では、Si(110)基板の上に形成された3C-SiC(111)薄膜の方が、結晶としての歪が約1/4に低減されることを見出しており、高品質の薄膜を得ることができる。
- [0029] 次に、Si(111)基板の上に3C-SiC(111)薄膜およびグラフェン薄膜を形成する方法について説明する。
- まず、図1に示す半導体製造装置の真空槽11の内部に設置したSi(111)基板1に、有機シランガスを触媒として、3C-SiC(111)薄膜を化学気相成長させる。図2に、Si(111)基板の上に形成された3C-SiC(111)薄膜のX線回折図を示す。図2に示すピークから、Si(111)基板の上に3C-SiC(111)が形成されていることが解る。
- [0030] その後、真空中で、1200°C、10分間熱処理(アニール処理)することにより、3C-SiC(111)薄膜の表面近傍のSi成分が気化除去されて、Si基板1の表面にグラフェン薄膜が発現する。
- [0031] 図3には、3C-SiC(111)/Si(111)の基板表面にグラフェン薄膜が形成された状態の光学顕微鏡写真を示す。
- [0032] 以上説明したグラフェン薄膜は、次のように説明される。
- [0033] 図4は、3C-SiC(111)/Si(111)の改質により、グラフェンの形成が検証されたことを示すラマン散乱分光スペクトル解析結果の図である。図4に示すように、Gピー

クおよびG'ピークは共に、グラフェン中炭素原子の特定の振動モードを励起するようなラマン過程に対応している。両者の違いは、振動モードの対称性の違いである。G'ピークは、グラフェンの電子状態(価電子帯、伝導帯の様子)を敏感に反映するため、グラフェン評価によく用いられている。

[0034] 図4に示すように、Si(111)基板の上に3C-SiC(111)が形成され、欠陥を含むグラフェンのスペクトルと一致していることがわかる。これは、バルク・グラファイト結晶からのスペクトルと一致することで、Si(111)基板の表面にSiC薄膜を介してグラフェンが形成されているからである。なお、図4中のDピークは、完全なグラフェンでは本来見えないはずのものであり、これが見えるということは、このグラフェンの膜が、まだ欠陥を伴っていることを示している。

[0035] このようにしてグラフェン薄膜を形成した本発明により、大面積化するSiC基板の表面上にグラフェン薄膜を形成するための技術的糸口が見出せたものといえる。SiC基板上にグラフェン薄膜を発現させることにより、グラフェン薄膜を繰り返し積層状にしたとしても、グラフェン薄膜の上層のグラフェン薄膜の膜の平坦性を維持、安定化することができる。このため、高品質かつ大面積化に対応したグラフェン薄膜を形成することができる。

産業上の利用可能性

[0036] 本発明に係るグラフェンまたはグラファイト薄膜の製造方法は、実用的な半導体製造装置の軽妙な改造により実現可能であり、これにより高品質なグラフェン及びグラファイト薄膜を形成できる。

[0037] 本発明はこの実施例に限定されるものではなく、本発明の要旨に逸脱しない範囲内において適宜の変更が可能である。薄膜の性質は、熱処理条件などの雰囲気や格子定数などの最適化に依存し、適宜変化する。

図面の簡単な説明

[0038] [図1]本発明の実施の形態のグラフェンまたはグラファイト薄膜の製造方法で使用される、SiC薄膜成長を行う半導体製造装置の一例を示す構造図である。

[図2]本発明の実施の形態のグラフェン薄膜の製造方法で、図1に示す半導体製造装置によりSi基板上に形成された3C-SiC薄膜のX線回折を示すグラフである。

[図3]本発明の実施の形態のグラフェン薄膜の製造方法で、図1に示す半導体製造装置によりSi基板上に発現したグラフェンの光学顕微鏡写真である。

[図4]本発明の実施の形態のグラフェン薄膜の製造方法で、3C-SiC(111)/Si(111)の改質により、グラフェンの形成が検証されたことを示すラマン散乱分光スペクトル解析結果のグラフである。

符号の説明

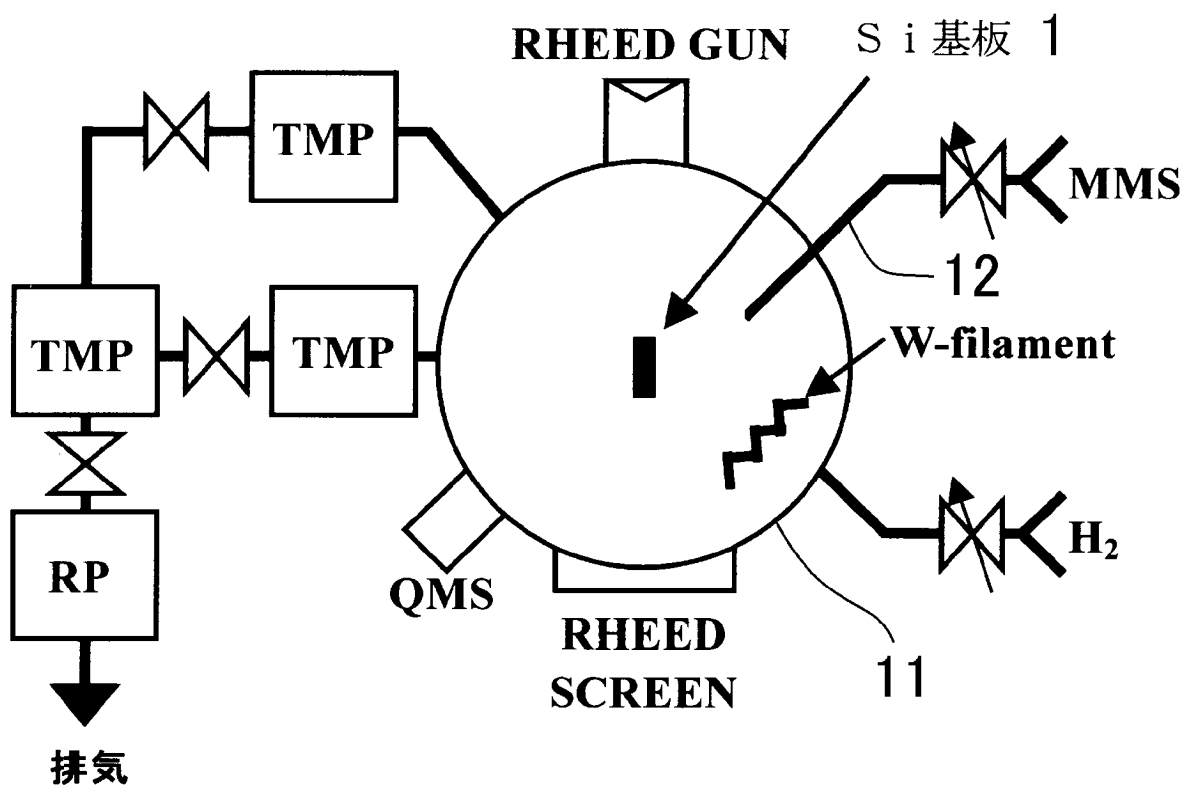
- [0039] 1 Si基板(Si(111)基板)
11 真空槽
12 ガス噴射管

請求の範囲

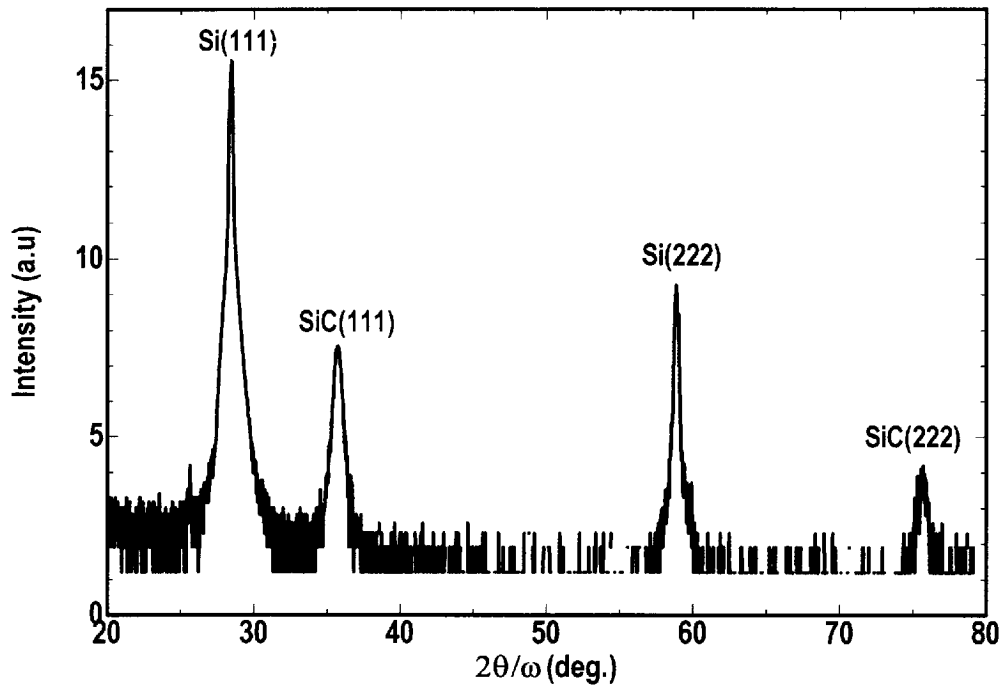
- [1] Si基板上に形成される(111)方位を有する立方晶SiC結晶薄膜を基材として、前記立方晶SiC結晶薄膜上に形成されていることを、特徴とするグラフェンまたはグラファイト薄膜。
- [2] 前記立方晶SiC結晶薄膜は、Si(111)基板上に形成されたSiC薄膜であることを、特徴とする請求項1記載のグラフェンまたはグラファイト薄膜。
- [3] 前記立方晶SiC結晶薄膜は、Si(110)基板上に形成されたSiC薄膜であることを、特徴とする請求項1記載のグラフェンまたはグラファイト薄膜。
- [4] 前記立方晶SiC結晶薄膜を、真空中にて1200～1400°Cの温度で加熱することにより、表面近傍のSi成分を気化除去して形成されたことを、特徴とする請求項1乃至3のいずれか1項に記載のグラフェンまたはグラファイト薄膜。
- [5] 前記立方晶SiC結晶薄膜は、Si-H結合とSi-C結合とを有する有機珪素ガスを用いて形成されたことを、特徴とする請求項1乃至4のいずれか1項に記載のグラフェンまたはグラファイト薄膜。
- [6] 前記有機珪素ガスは、モノメチルシラン、ジメチルシランおよびトリメチルシランのうち少なくともいずれか1つから成ることを特徴とする請求項5記載のグラフェンまたはグラファイト薄膜。
- [7] (111)方位を有する立方晶SiC結晶薄膜をSi基板上に形成し、前記立方晶SiC結晶薄膜を基材として、その上にグラフェンまたはグラファイト薄膜を形成することを、特徴とするグラフェンまたはグラファイト薄膜の製造方法。
- [8] 前記立方晶SiC結晶薄膜をSi(111)基板上に形成することを、特徴とする請求項7記載のグラフェンまたはグラファイト薄膜の製造方法。
- [9] 前記立方晶SiC結晶薄膜をSi(110)基板上に形成することを、特徴とする請求項7記載のグラフェンまたはグラファイト薄膜の製造方法。
- [10] 前記立方晶SiC結晶薄膜を、真空中にて1200～1400°Cの温度で加熱することにより、表面近傍のSi成分を気化除去してグラフェンまたはグラファイト薄膜を形成することを、特徴とする請求項7乃至9のいずれか1項に記載のグラフェンまたはグラファイト薄膜の製造方法。

- [11] 前記立方晶SiC結晶薄膜を、Si-H結合とSi-C結合とを有する有機珪素ガスを用いて形成することを、特徴とする請求項7乃至10のいずれか1項に記載のグラフェンまたはグラファイト薄膜の製造方法。
- [12] 前記有機珪素ガスは、モノメチルシラン、ジメチルシランおよびトリメチルシランのうち少なくともいずれか1つから成ることを特徴とする請求項11に記載のグラフェンまたはグラファイト薄膜の製造方法。
- [13] Si基板と、
前記Si基板上に形成される(111)方位を有する立方晶SiC結晶薄膜と、
前記立方晶SiC結晶薄膜を基材として、その上に形成されたグラフェンまたはグラファイト薄膜とを、
有することを特徴とする薄膜構造。
- [14] 前記立方晶SiC結晶薄膜は、Si(111)基板上に形成されたSiC薄膜であることを、特徴とする請求項13記載の薄膜構造。
- [15] 前記立方晶SiC結晶薄膜は、Si(110)基板上に形成されたSiC薄膜であることを、特徴とする請求項13記載の薄膜構造。
- [16] 請求項1乃至6のいずれか1項に記載のグラフェンもしくはグラファイト薄膜、または、請求項13乃至15のいずれか1項に記載の薄膜構造を有することを、特徴とする電子デバイス。

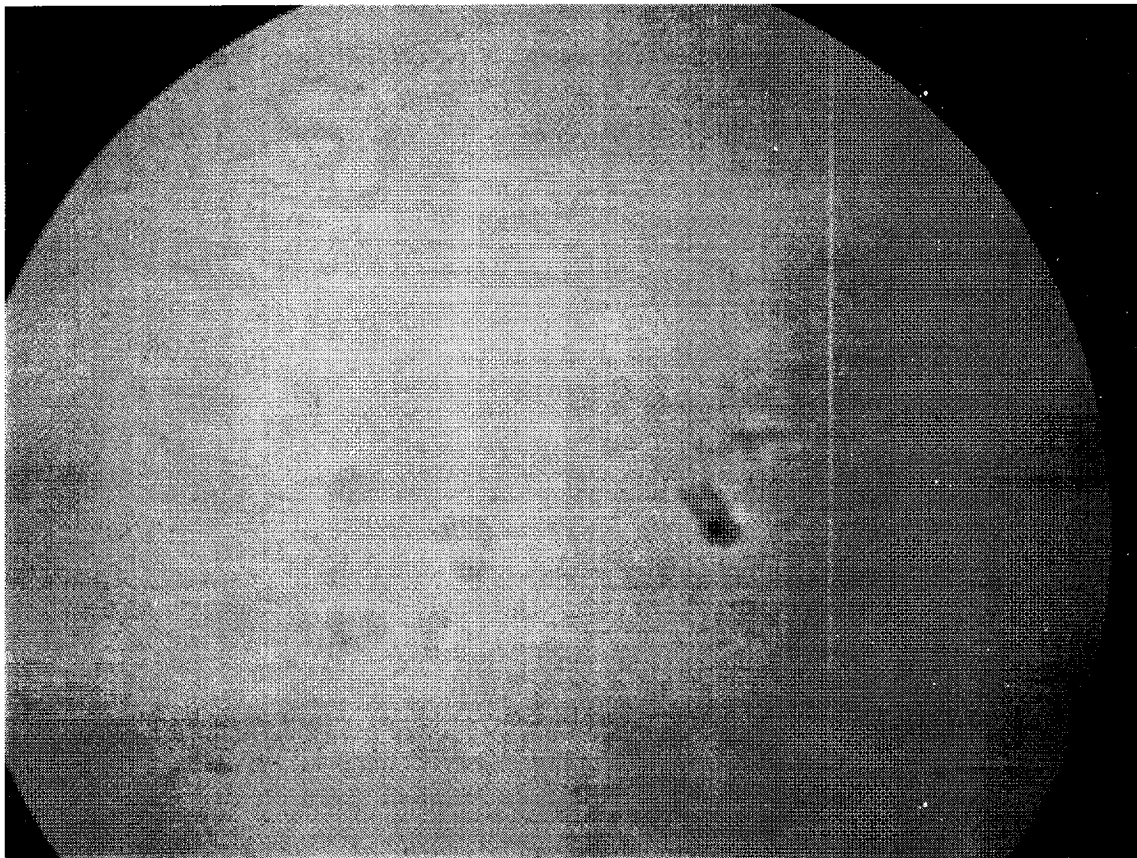
[図1]



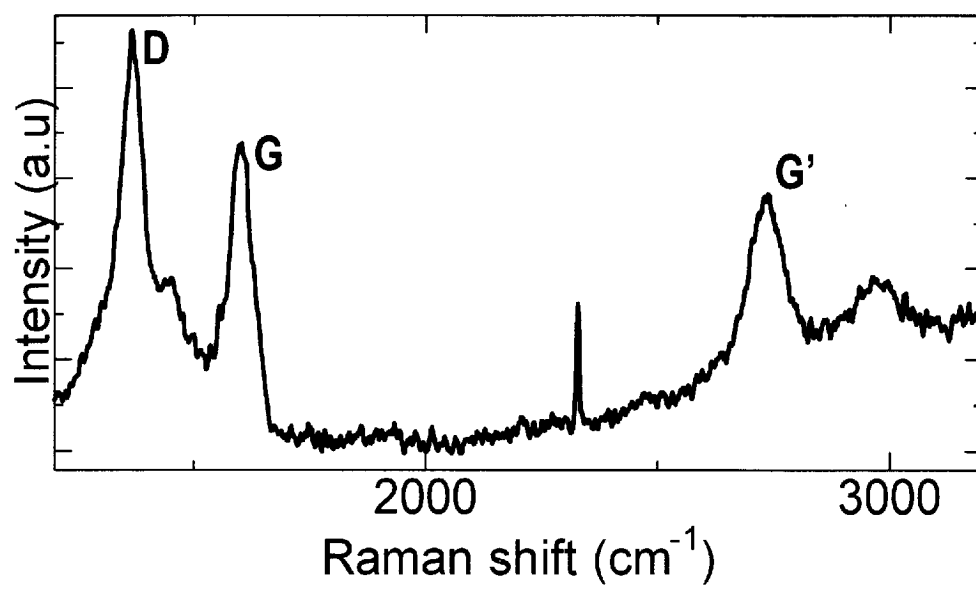
[図2]



[図3]



[図4]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/054384

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L21/205(2006.01)i, C01B31/04(2006.01)i, C23C16/02(2006.01)i, C23C16/26(2006.01)i, C23C16/42(2006.01)i, C30B29/02(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01L21/205, C01B31/04, C23C16/02, C23C16/26, C23C16/42, C30B29/02

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2009
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2009	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2009

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	Maki SUEMITSU et al., "Si Kiban Jo SiC Goku Usumaku no Teion Keisei to Ubiquitous Device eno Oyo", The Institute of Electrical Engineers of Japan Kenkyukai Shiryo, EFM-06 15-24, 2006, pages 45 to 48	1-16
A	JP 2007-335532 A (National University Corporation Hokkaido University), 27 December, 2007 (27.12.07), Full text (Family: none)	1-16
A	Yasuhiro OGAWA et al., "SiC Usuaku o Mochiita Netsu Bunkaiho ni yoru Carbon Nano Kozo", 2007 Nen Shuki Dai 68 Kai Extended abstracts; the Japan Society of Applied Physics, No.1, page 536	1-16

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
25 May, 2009 (25.05.09)

Date of mailing of the international search report
02 June, 2009 (02.06.09)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/054384

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	T.NAGANO et al., Preparation of Silicon-on-Insulator Substrate on Large Free-Standing Carbon Nanotube Film Formation by Surface Decomposition of SiC Film, Japanese Journal of Applied Physics, 2003, Vol.42, p.1717-1721	1-16
A	G.CHOLLON, Structural and textural analyses of SiC-based and carbon CVD coatings by Raman Microspectroscopy, Thin Solid Films, 2007, Vol.516, p.388-396	1-16
E,A	JP 2009-062247 A (National University Corporation University of Fukui), 26 March, 2009 (26.03.09), Full text (Family: none)	1-16

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H01L21/205(2006.01)i, C01B31/04(2006.01)i, C23C16/02(2006.01)i, C23C16/26(2006.01)i, C23C16/42(2006.01)i, C30B29/02(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H01L21/205, C01B31/04, C23C16/02, C23C16/26, C23C16/42, C30B29/02

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2009年
日本国実用新案登録公報	1996-2009年
日本国登録実用新案公報	1994-2009年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	末光眞希、外6名, Si 基板上 SiC 極薄膜の低温形成とエレクトロニクスへの応用, 電気学会研究会資料, EFM-06 15-24, 2006, p. 45-48	1-16
A	JP 2007-335532 A (国立大学法人北海道大学) 2007. 12. 27, 全文 (ファミリーなし)	1-16
A	小川泰弘、外4名, SiC 薄膜を用いた熱分解法によるカーボンナノ構造, 2007 年秋季第 68 回応用物理学会学術講演会講演予稿集, No. 1, p. 536	1-16

C 欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献
 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日
25. 05. 2009

国際調査報告の発送日
02. 06. 2009

国際調査機関の名称及びあて先
 日本国特許庁 (ISA/J P)
 郵便番号 100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)
 中村 善子
 電話番号 03-3581-1101 内線 3416

4G	4141
----	------

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	T. NAGANO et al., Preparation of Silicon-on-Insulator Substrate on Large Free-Standing Carbon Nanotube Film Formation by Surface Decomposition of SiC Film, Japanese Journal of Applied Physics, 2003, Vol. 42, p. 1717-1721	1-16
A	G. CHOLLON, Structural and textural analyses of SiC-based and carbon CVD coatings by Raman Microspectroscopy, Thin Solid Films, 2007, Vol. 516, p. 388-396	1-16
E, A	JP 2009-062247 A (国立大学法人福井大学) 2009. 03. 26, 全文 (ファミリーなし)	1-16