

(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  
2013年3月14日(14.03.2013)



(10) 国際公開番号

WO 2013/035472 A1

(51) 国際特許分類:

C30B 29/16 (2006.01) C30B 29/20 (2006.01)  
C23C 14/08 (2006.01) H01L 21/205 (2006.01)  
C23C 16/40 (2006.01) H01L 21/363 (2006.01)

(74) 代理人: 平田 忠雄(HIRATA, Tadao); 〒1020075 東京都千代田区三番町1番地13 ワールド・ワイド・センター 平田国際特許事務所 Tokyo (JP).

(21) 国際出願番号:

PCT/JP2012/069975

(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, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, 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, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(22) 国際出願日:

2012年8月6日(06.08.2012)

(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, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI

(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 2011-196429 2011年9月8日(08.09.2011) JP

(71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 株式会社タムラ製作所 (TAMURA CORPORATION)  
[JP/JP]; 〒1788511 東京都練馬区東大泉1丁目19番43号 Tokyo (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 佐々木 公平(SASAKI, Kohei) [JP/JP]; 〒1788511 東京都練馬区東大泉1丁目19番43号 株式会社タムラ製作所内 Tokyo (JP).

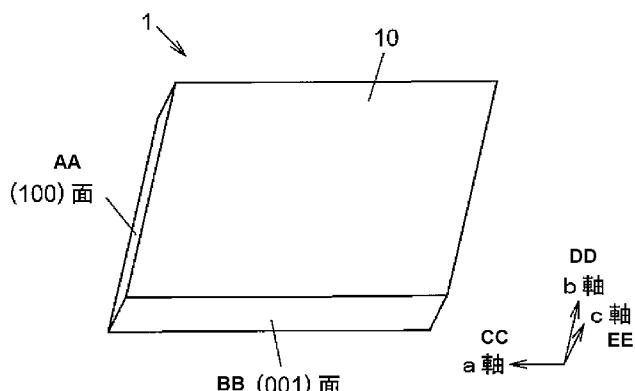
[続葉有]

(54) Title: SUBSTRATE FOR EPITAXIAL GROWTH, AND CRYSTAL LAMINATE STRUCTURE

(54) 発明の名称: エピタキシャル成長用基板及び結晶積層構造体

【図1A】

図 1 A



AA Face (100)  
BB Face (001)  
CC a-Axis  
DD b-Axis  
EE c-Axis

(57) Abstract: Provided is a substrate for epitaxial growth, which enables the improvement in quality of a Ga-containing oxide layer that is formed on a  $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> single-crystal substrate. A substrate (1) for epitaxial growth comprises  $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> single crystals, wherein face (010) of the single crystals or a face that is inclined at an angle equal to or smaller than 37.5° with respect to the face (010) is the major face. A crystal laminate structure (2) comprises: the substrate (1) for epitaxial growth; and epitaxial crystals (20) which are formed on the major face (10) of the substrate (1) for epitaxial growth and each of which comprises a Ga-containing oxide.

(57) 要約:  $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 単結晶基板上に形成される Ga 含有酸化物層の高品質化を図ることができるエピタキシャル成長用基板を提供する。エピタキシャル成長用基板 1 は、 $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 系単結晶からなり、その (010) 面、又は (010) 面に対して 37.5° 以内の角度範囲で傾斜した面を主面とする。また、結晶積層構造体 2 は、エピタキシャル成長用基板 1 と、エピタキシャル成長用基板 1 の主面 10 に形成された Ga 含有酸化物からなるエピタキシャル結晶 20 とを有する。

WO 2013/035472 A1



(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, 添付公開書類:

NE, SN, TD, TG).

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

## 明細書

### 発明の名称：エピタキシャル成長用基板及び結晶積層構造体

#### 技術分野

[0001] 本発明は、エピタキシャル成長用基板に関し、特に $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>系単結晶からなるエピタキシャル成長用基板及び結晶積層構造体に関する。

#### 背景技術

[0002] 従来、 $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>単結晶からなる素子基板にGa含有酸化物を積層した半導体素子が知られている（例えば、特許文献1参照）。

[0003] この種の半導体素子は、 $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>単結晶基板の正面にMBE（Molecular Beam Epitaxy）法等の物理的気相成長法やCVD（Chemical Vapor Deposition）法等の化学的気相成長法により、n型やp型の導電性を示す層を積層することで構成されている。

[0004] また、 $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>単結晶基板の正面としては、劈開性が強く、平坦な面が容易に得られる(100)面が用いられている（例えば、特許文献2参照）。

#### 先行技術文献

#### 特許文献

[0005] 特許文献1：特開2005-235961号公報

特許文献2：特開2008-156141号公報

#### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

[0006] ところで、近年の半導体素子のさらなる高性能化のため、素子基板とその上に形成されるエピタキシャル層、及び積層されたエピタキシャル層間における急峻な界面の形成、及びエピタキシャル層の高精度な膜厚の形成が課題となっている。

[0007] 従って、本発明の目的は、 $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>単結晶基板上に形成されるGa含有酸化物層の高品質化を図ることができるエピタキシャル成長用基板及び結

晶積層構造体を提供することにある。

### 課題を解決するための手段

- [0008] 本発明者は、上記目的を達成するために鋭意研究し、 $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>単結晶の何れの結晶面を主面とするかによって、その上に形成されるGa含有酸化物層の品質に変化が現れることを見出し、さらに実験を繰り返すことによって本発明をなすに至った。
- [0009] 本発明は、この実験によって得られた知見に基づくものであり、下記のエピタキシャル成長用基板及び結晶積層構造体を提供する。
- [0010] [1]  $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>系単結晶からなり、その(010)面、又は(010)面に対して37.5°以内の角度範囲で傾斜した面を主面とするエピタキシャル成長用基板。
- [0011] [2] 前記主面が、 $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>系単結晶の(010)面、又は(010)面から(310)面に至る間の面である、[1]に記載のエピタキシャル成長用基板。
- [0012] [3] 前記主面が $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>系単結晶の(010)面又は(310)面である、[2]に記載のエピタキシャル成長用基板。
- [0013] [4]  $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>系単結晶からなり、その(010)面、又は(010)面に対して37.5°以内の角度範囲で傾斜した面を主面とするエピタキシャル成長用基板と、前記エピタキシャル成長用基板の前記主面に形成されたGa含有酸化物からなるエピタキシャル結晶とを有する結晶積層構造体。
- [0014] [5] 前記主面が、 $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>系単結晶の(010)面、又は(010)面から(310)面に至る間の面である、[4]に記載の結晶積層構造体。
- [0015] [6] 前記主面が $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>系単結晶の(010)面又は(310)面である、[5]に記載の結晶積層構造体。

### 発明の効果

- [0016] 本発明によれば、 $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>単結晶基板上に形成されるGa含有酸化物層の高品質化を図ることができる。

### 図面の簡単な説明

[0017] [図1A]図1 Aは、第1の実施の形態に係るエピタキシャル成長用基板の斜視図である。

[図1B]図1 Bは、図1 Aに示すエピタキシャル成長用基板の面方位を規定した結晶構造を示す立体図である。

[図2]図2は、結晶積層構造体の構成例を示す断面図である。

[図3]図3は、結晶積層構造体の形成に用いられるMBE装置の断面図である。

[図4A]図4 Aは、エピタキシャル成長用基板上にAlを20%含んだ(AlGa)<sub>2</sub>O<sub>3</sub>層を1層のみエピタキシャル成長した時の、結晶積層構造体のX線回折測定結果を示すXRD  $\theta-\theta$ スペクトルである。

[図4B]図4 Bは、エピタキシャル結晶の表面の状態を示す原子間力顕微鏡像である。

[図5A]図5 Aは、複数の(AlGa)<sub>2</sub>O<sub>3</sub>層及びGa<sub>2</sub>O<sub>3</sub>層を交互に形成した結晶積層構造体のTEM観察像である。

[図5B]図5 Bは、この結晶積層構造体のXRD  $\theta-\theta$ スペクトルである。

[図6A]図6 Aは、比較例として示す、(100)面を正面として成長させたエピタキシャル結晶の表面の状態を示す原子間力顕微鏡像である。

[図6B]図6 Bは、比較例として示す、(001)面を正面として成長させたエピタキシャル結晶の表面の状態を示す原子間力顕微鏡像である。

[図7A]図7 Aは、(100)面を正面とする $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>系単結晶からなるエピタキシャル成長用基板に、複数の(AlGa)<sub>2</sub>O<sub>3</sub>層及びGa<sub>2</sub>O<sub>3</sub>層を交互に形成した結晶積層構造体のTEM観察像である。

[図7B]図7 Bは、図7 Aの結晶積層構造体のXRD  $\theta-\theta$ スペクトルである。

[図8A]図8 Aは、第1の実施の形態の変形例に係るエピタキシャル成長用基板の斜視図である。

[図8B]図8 Bは、 $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>系単結晶の(310)面を示す立体図である。

[図8C]図8Cは、 $\beta-\text{Ga}_2\text{O}_3$ 系単結晶の(310)面が(010)面となす角度 $\delta$ を示す図である。

[図9]図9は、エピタキシャル成長用基板の(310)面に形成したエピタキシャル結晶の表面を観察した原子間力顕微鏡像である。

[図10]図10は、本発明の第2の実施の形態に係る高電子移動トランジスタの構成例を示す断面図である。

[図11]図11は、本発明の第3の実施の形態に係るM E S F E Tの構成例を示す断面図である。

[図12]図12は、本発明の第4の実施の形態に係るショットキーバリアダイオードの構成例を示す断面図である。

### 発明を実施するための形態

[0018] 図1Aは、本発明の第1の実施の形態に係るエピタキシャル成長用基板の斜視図である。このエピタキシャル成長用基板1は、 $\beta-\text{Ga}_2\text{O}_3$ （酸化ガリウム）系単結晶からなり、その(010)面を主面10とする。

[0019] エピタキシャル成長用基板1は、所定の面方位を有して板状に形成されている。 $\beta-\text{Ga}_2\text{O}_3$ の結晶構造の方位軸は、a軸<100>、b軸<010>、c軸<001>で構成され、エピタキシャル成長用基板1は、これら3つの軸により規定される所定の面方位、すなわち、(010)面、(100)面、(001)面により板状に形成されている。このうち(010)面は、半導体素子を作製する場合にGa含有酸化物のエピタキシャル結晶成長が行なわれる主面10であり、他の面に比較して広い面積を有するように形成されている。

[0020] 図1Bは、図1Aに示すエピタキシャル成長用基板の面方位を規定した結晶構造を示す立体図である。 $\beta-\text{Ga}_2\text{O}_3$ は单斜晶であり、 $\alpha = \gamma = 90^\circ$ 、 $\beta = 103.8^\circ$ で、a軸格子定数( $a_0$ ) = 12.23 Å、b軸格子定数( $b_0$ ) = 3.04 Å、c軸格子定数( $c_0$ ) = 5.8 Åで形成されている。

[0021] なお、このエピタキシャル成長用基板1は、上記のように $\beta-\text{Ga}_2\text{O}_3$ 単結晶からなることを基本とするが、Cu、Ag、Zn、Cd、Al、In、

S<sub>i</sub>、GeおよびSnからなる群から選ばれる1種以上を添加した、Gaを主成分とする酸化物で構成してもよい。これらの元素を添加することにより、格子定数あるいはバンドギャップエネルギー、電気伝導特性を制御することができる。例えば、AlやInの元素を加えることにより、(Ga<sub>x</sub>Al<sub>y</sub>In<sub>(1-x-y)</sub>)<sub>2</sub>O<sub>3</sub>（ただし、0<x≤1、0≤y≤1、0<x+y≤1）で表わされるエピタキシャル成長用基板1を得ることができる。Alを加えた場合にはバンドギャップが広がり、Inを加えた場合にはバンドギャップが狭くなる。

[0022] (エピタキシャル成長用基板1の製造方法)

エピタキシャル成長用基板1は、まず、FZ (Floating Zone) 法あるいはEFG (Edge Defined Film Fed Growth) 法等によりバルク結晶を作製し、これを切断又は劈開等により切り出して板状に形成することにより製造される。

[0023] FZ法では、例えば赤外線加熱単結晶製造装置によりバルク結晶を作製する。具体的には、まず種結晶の一端をシードチャックに保持し、棒状の多結晶素材の上端部を素材チャックに保持する。上部回転軸の上下位置を調節して種結晶の上端と多結晶素材の下端を接触させる。ハロゲンランプの光を種結晶の上端と多結晶素材の下端との部位に集光するように、上部回転軸および下部回転軸の上下位置を調節する。これらの調整をして、種結晶の上端と多結晶素材の下端の部位を加熱して、その加熱部位を溶解し、溶解滴を形成する。このとき、種結晶のみを回転させておく。ついで、多結晶素材と種結晶とが十分になじむように当該部を反対方向に回転させながら溶解し、多結晶素材および種結晶を互いに反対方向に引っ張りながら、適度の長さ及び太さの単結晶を形成することでバルク結晶を作製する。

[0024] EFG法では、ルツボに原料となるβ-Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>を所定量入れ、加熱して溶解し、β-Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>融液とする。ルツボ内に配置されたスリットダイに形成するスリットによりβ-Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>融液を毛細管現象によりスリットダイ上面に上昇させ、種結晶にβ-Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>融液を接触させて冷却し、任意の形状

の断面を有するバルク結晶を作製する。

[0025] なお、これらの製法で作製される $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>バルク結晶には、所望の導電型を得るための不純物を添加してもよい。

[0026] 上記のように作成された $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>バルク結晶を、例えばワイヤーソーによって(010)面が正面として露出するように成形し、厚さが例えば1mmで所望の形状を有する薄板状の $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>を得る。その後、厚さが600μm程度になるまで研削研磨工程を施し、エピタキシャル成長用基板1を得る。

[0027] そして、このエピタキシャル成長用基板1に対してメタノール、アセトン、メタノールの順序で3分間ずつの有機洗浄を行い、さらに超純水を用いた流水洗浄、15分間のフッ酸浸漬洗浄、5分間の硫酸過水浸漬洗浄、及び超純水を用いた流水洗浄を行う。その後、800°Cにおいて10分間のサーマルクリーニングを行うことで、エピタキシャル成長用基板1の正面にGa含有酸化物をエピタキシャル成長させることが可能な状態となる。

[0028] (結晶積層構造体及びその形成方法)

次に、本実施の形態に係る結晶積層構造体及びその形成方法について、図2及び図3を参照して説明する。

[0029] 図2は、本実施の形態に係る結晶積層構造体の構成例を示す断面図である。この結晶積層構造体2は、上記のエピタキシャル成長用基板1の正面10上に、Ga含有酸化物からなるエピタキシャル結晶20を積層して構成される。

[0030] このエピタキシャル結晶20は、例えばGaを含む $\beta$ -ガリア構造を有する結晶体であり、より具体的には、主としてGa<sub>2</sub>O<sub>3</sub>からなる結晶体、又はGa<sub>2</sub>O<sub>3</sub>とAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>とを含みAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>が0wt%より多くかつ60wt%以下である混晶体であり、主として $\beta$ -ガリア構造を有する結晶層である。また、エピタキシャル結晶20には、その導電型を規定する不純物を添加してもよい。

[0031] エピタキシャル成長用基板1の正面10にエピタキシャル結晶20を形成

する方法としては、例えばPLD (Pulsed Laser Deposition) 法、CVD (Chemical Vapor Deposition) 法、スパッタリング法、MBE (Molecular Beam Epitaxy) 法等があるが、本実施の形態では、MBE法を用いた薄膜成長法を採用する。MBE法は、分子線エピタキシー法とも呼ばれ、単体あるいは化合物の固体をセルと呼ばれる蒸発源で加熱し、加熱により生成された蒸気を分子線として基板表面に供給する結晶成長方法である。

[0032] 図3は、結晶積層構造体2の形成に用いられるMBE装置の断面図である。このMBE装置3は、真空槽30と、この真空槽30内に支持され、エピタキシャル成長用基板1を保持する基板ホルダ31と、基板ホルダ31に保持された加熱装置32と、エピタキシャル結晶20を構成する原子又は分子ごとに設けられた複数のセル33 (33a, 33b, 33c, 33d) と、複数のセル33を加熱するためのヒータ34 (34a, 34b, 34c, 34d) と、真空槽30内に酸素ガスを供給するガス供給パイプ35と、真空槽30内の空気を排出するための真空ポンプ36とを備えている。基板ホルダ31は、シャフト310を介して図示しないモータにより回転可能に構成されている。

[0033] 第1のセル33aには、エピタキシャル結晶20の材料となるGaが充填されている。第2のセル33bには、同じくエピタキシャル結晶20の材料となるAlが充填されている。また、第3のセル33cには、ドナーとしてドーピングされるSiあるいはSn等の材料が充填されている。第4のセル33dには、アクセプタとしてドーピングされるMgあるいはZn等の材料が充填されている。第1～第4のセル33a～33dには、それぞれ図示しないシャッターが設けられており、不要の場合にはこのシャッターを閉じることができるように構成されている。

[0034] 次に、結晶積層構造体2の製造手順について説明する。まず、エピタキシャル成長用基板1をMBE装置3の基板ホルダ31に取り付ける。次に、真空ポンプ36を作動させ、真空槽30内の気圧を $10^{-10}$ Torr程度まで減圧する。そして、加熱装置32によってエピタキシャル成長用基板1を加熱

する。

- [0035] エピタキシャル成長用基板1が所定の温度に加熱された後、ガス供給パイプ35から真空槽30内に、図示しない酸素発生器によって生成した酸素ガスを供給する。
- [0036] 真空槽30内に酸素ガスを供給した後、エピタキシャル結晶20をGa<sub>2</sub>O<sub>3</sub>からなる結晶とする場合には、基板ホルダ31を回転させながら第1のセル33aの第1のヒータ34aを加熱し、Ga蒸気の供給を開始する。また、エピタキシャル結晶20をGa<sub>2</sub>O<sub>3</sub>とAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>との混晶とする場合には、基板ホルダ31を回転させながら、第1のセル33aの第1のヒータ34aと第2のセル33bの第2のヒータ34bとを加熱し、Ga蒸気及びAl蒸気の供給を開始する。
- [0037] このエピタキシャル結晶20の成長条件は、エピタキシャル結晶20をGa<sub>2</sub>O<sub>3</sub>からなる結晶とする場合には、例えば成長温度が700°C、Gaの等価ビーム圧(Beam Equivalent Pressure: BEP)が $3 \times 10^{-5}$ Pa、成長時間が1時間である。また、エピタキシャル結晶20をGa<sub>2</sub>O<sub>3</sub>とAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>との混晶とする場合には、上記の成長条件のうち、Gaの等価ビーム圧を例えば $1.5 \times 10^{-5}$ Paとし、Alの等価ビーム圧を例えば $5 \times 10^{-7}$ Paとすることができます。
- [0038] これにより、エピタキシャル成長用基板1の主面10上にGa含有酸化物からなるエピタキシャル結晶20が成長し、結晶積層構造体2が得られる。
- [0039] また、エピタキシャル結晶20にn型の導電性を持たせる場合には、第3のヒータ34cを加熱して第3のセル33cからドナーとなるSiあるいはSn等の材料を供給する。また、p型の導電性を持たせる場合には、第4のヒータ34dを加熱して第4のセル33dからアクセプタとなるMgあるいはZn等の材料を供給する。
- [0040] (結晶積層構造体の解析)

図4Aは、上記の方法によって製造されたAlを20%含んだ1層の $\beta$ -(AlGa)<sub>2</sub>O<sub>3</sub>からなるエピタキシャル結晶20を有する結晶積層構造体

2 の X 線回折測定結果を示す X R D (X-ray diffraction) 2 θ – θ スペクトルである。このグラフの縦軸は X 線の散乱強度を対数で示している。このグラフに示すように、エピタキシャル成長用基板 1 によるピーク 1 a、及びエピタキシャル結晶 2 0 によるシャープなピーク 2 0 a が表れている。そして、ピーク 1 a とピーク 2 0 a の間に明瞭なフリンジが確認される。この明瞭なフリンジパターンから、急峻な界面を有する結晶積層構造が形成されていることを確認できる。

- [0041] 図 4 B は、上記の方法によって製造された A 1 を 20 % 含んだ 1 層の  $\beta$  – ( $\text{AlGa}$ )<sub>2</sub> $\text{O}_3$  からなるエピタキシャル結晶 2 0 の表面状態を示す原子間力顕微鏡像である。図中の矢印 A は、エピタキシャル成長用基板 1 の [100] 方向を示している。この写真から、エピタキシャル結晶 2 0 は、エピタキシャル成長用基板 1 の主面 1 0 ((010) 面) に対して垂直方向又は垂直に近い方向に成長していることが確認できる。
- [0042] 図 5 A は、エピタキシャル成長用基板 1 の主面 1 0 に、エピタキシャル成長によって形成された複数の ( $\text{AlGa}$ )<sub>2</sub> $\text{O}_3$  層 2 1 と、複数の  $\text{Ga}_2\text{O}_3$  層 2 2 を交互に形成した場合における結晶積層構造体 2 A の透過型電子顕微鏡 (Transmission Electron Microscope : TEM) による観察像である。このような結晶積層構造体 2 A は、MBE 装置 3 の第 1 のセル 3 3 a 及び第 2 のセル 3 3 b のシャッターを開閉操作することによって ( $\text{AlGa}$ )<sub>2</sub> $\text{O}_3$  層 2 1 及び  $\text{Ga}_2\text{O}_3$  層 2 2 の膜厚を所定の膜厚に調整し、それぞれの層を交互に積層させることで形成することができる。
- [0043] この TEM 観察像に示すように、結晶積層構造体 2 A は、エピタキシャル成長用基板 1 上に、6 層の厚さ 6 nm の ( $\text{AlGa}$ )<sub>2</sub> $\text{O}_3$  層 2 1 と、5 層の厚さ 4 nm の  $\text{Ga}_2\text{O}_3$  層 2 1 とが交互に積層されている。そして、縞状に表れた ( $\text{AlGa}$ )<sub>2</sub> $\text{O}_3$  層 2 1 と  $\text{Ga}_2\text{O}_3$  層 2 2 を明瞭に観察することができ、急峻な界面を有するこれらの層が高精度な膜厚で形成されていることが分かる。
- [0044] 図 5 B は、図 5 A に示した結晶積層構造体 2 A の X 線回折測定結果を示す

XRD 2θ - θスペクトルのグラフである。このグラフに示すように、エピタキシャル成長用基板1によるピーク1a、複数の $(\text{AlGa})_2\text{O}_3$ 層21による複数のサテライトピーク21a、及びその間の複数のフリンジ21bが明瞭に表れており、X線回折測定結果からも急峻な界面を有する結晶積層構造が形成されていることが確認できる。

[0045] (比較例)

図6は、比較例として示す、 $\beta-\text{Ga}_2\text{O}_3$ 系単結晶からなる基板の(100)面及び(001)面を主面として、上記と同様の製造方法により $\beta-\text{Ga}_2\text{O}_3$ からなるエピタキシャル結晶を成長させた場合におけるエピタキシャル結晶の表面の状態を示す原子間力顕微鏡像であり、図6Aは(100)面を主面とした場合、図6Bは(001)面を主面とした場合の表面の状態を示す。図6A及び図6Bに示す矢印Bは、基板の[010]方向を示している。

[0046] 図6A及び図6Bに示すように、これらの比較例では、[010]方向に針状に成長した結晶が、主面としての(100)面あるいは(001)面に垂直な方向に積み重なるようにして形成されていることが分かる。これは、[100]方向や[001]方向に比べて、[010]方向への成長速度が速いために発生する現象であると考えられる。

[0047] また、(100)面又は(001)面を主面とした場合には、GaとO以外の元素(例えば、Al, In, Si, Sn, Mg, Zn等)を加えた場合には、元素によって基板面方位と成長速度の関係に差異があるため、エピタキシャル結晶の一部にこれらの元素が偏在してしまい、均質なエピタキシャル結晶が得られないことが本発明者らによって確認されている。

[0048] 図7Aは、(100)面を主面とする $\beta-\text{Ga}_2\text{O}_3$ 系単結晶からなるエピタキシャル成長用基板に、MBE装置3を用いたエピタキシャル成長によって複数の $(\text{Al}_{1-x}\text{Ga}_x)_2\text{O}_3$ 層( $x=0.6$ )と、複数の $\text{Ga}_2\text{O}_3$ 層とを交互に形成した場合における結晶積層構造体の透過型電子顕微鏡による観察像である。また、図7Bは、図7Aに示す結晶積層構造体のX線回折測定結

果を示すXRD  $2\theta - \theta$ スペクトルのグラフである。

[0049] 図7Aに示すように、この結晶積層構造体では  $(Al_{1-x}Ga_x)_2O_3$ 層と  $Ga_2O_3$ 層との界面が不明瞭であり、図5Aに示したような縞模様が観察されていない。また、図7Bに示すXRD  $2\theta - \theta$ スペクトルでは、エピタキシャル成長用基板の  $\beta-Ga_2O_3$  (400)面からの回折によるピーク1bが表れ、その周辺には  $(Al_{1-x}Ga_x)_2O_3$ 層と  $Ga_2O_3$ 層との結晶積層構造に由来すると考えられる複数のピーク23a～23cが観測されているが、これらのピークの間隔には周期性がなく、良好な積層構造が形成できていないものと考えられる。

[0050] (第1の実施の形態の効果)

本実施の形態によれば、 $\beta-Ga_2O_3$ 系単結晶からなるエピタキシャル成長用基板1の(010)面を主面10としたので、この主面10と、その上に形成されるGa含有酸化物からなるエピタキシャル結晶20との界面を急峻にすることができると共に、エピタキシャル結晶20の厚みを高精度に形成することができる。また、エピタキシャル結晶20の元素の取り込まれ量のムラを抑制し、均質化することができる。

[0051] (第1の実施の形態の変形例)

次に、本発明の第1の実施の形態の変形例について、図8を参照して説明する。

[0052] 図8Aは、第1の実施の形態の変形例に係るエピタキシャル成長用基板1Bの斜視図である。このエピタキシャル成長用基板1Bは、上記のエピタキシャル成長用基板1と同様  $\beta-Ga_2O_3$ 系単結晶からなるが、その(310)面を主面10Bとする構成が上記エピタキシャル成長用基板1とは異なっている。

[0053] 図8Bは、 $\beta-Ga_2O_3$ 系単結晶の(310)面を示す立体図である。また、図8Cは、 $\beta-Ga_2O_3$ 系単結晶の(310)面が(010)面となす角度 $\delta$ を示す図である。これらの図に示すように、 $\beta-Ga_2O_3$ 系単結晶の(310)面は、(010)面に対して $\delta = 37.5^\circ$ 傾斜した面である。

- [0054] このエピタキシャル成長用基板 1 Bについても、上記と同様の方法によつて主面 10 B ((310) 面) にエピタキシャル結晶 20 を形成し、結晶積層構造体を得ることができる。
- [0055] 図 9 は、エピタキシャル成長用基板 1 B の主面 10 B に上記の方法によつてエピタキシャル結晶 20 を形成し、その表面を観察した原子間力顕微鏡像である。図中の矢印 C は、c 軸方向を示している。
- [0056] この図に示すように、エピタキシャル結晶 20 は針状成長ではなく、主面 10 B に交差する方向へ延びるように形成されている。
- [0057] このエピタキシャル成長用基板 1 B を用いた場合でも、急峻な界面を有し、エピタキシャル結晶 20 の厚みを高精度に形成することが可能な結晶積層構造体を得ることができる。また、エピタキシャル結晶 20 の元素の取り込まれ量のムラを抑制し、均質化することが可能である。すなわち、(010) 面に対して 37.5° 以内の角度範囲で傾斜した面を主面とするエピタキシャル成長用基板であっても、上記第 1 の実施の形態について述べた効果と同様の効果を奏すことができる。
- [0058] [第 2 の実施の形態]
- 次に、本発明の第 2 の実施の形態について、図 10 を参照して説明する。
- 図 10 は、本実施の形態に係る半導体装置の一例としての高電子移動トランジスタ (High Electron Mobility Transistor : H E M T) の構成例を示す断面図である。
- [0059] この高電子移動トランジスタ 4 は、第 1 の実施の形態に係る素子基板としてのエピタキシャル成長用基板 1 を有し、このエピタキシャル成長用基板 1 の主面 10 上に、第 1 の Ga 含有酸化物層としての i 型  $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 層 4 1 と、第 2 の Ga 含有酸化物層としての n 型  $\beta$ - (AlGa)<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 層 4 2 とがエピタキシャル成長により積層されている。また、n 型  $\beta$ - (AlGa)<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 層 4 2 上には、ゲート電極 4 3 g、ソース電極 4 3 s、及びドレイン電極 4 3 d が設けられている。
- [0060] ゲート電極 4 3 g は n 型  $\beta$ - (AlGa)<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 層 4 2 の表面 4 2 a に接触

してショットキー接合を形成する。また、ソース電極43s及びドレイン電極43dは、これら電極間にゲート電極43gを挟んで配置され、n型 $\beta$ -(AlGa)<sub>2</sub>O<sub>3</sub>層42の表面42aにオーム接觸して形成されている。

- [0061]  $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>単結晶は、酸素欠陥により一般的にはn型の導電型を示すが、本実施の形態に係るエピタキシャル成長用基板1は、Mg等のII族の元素が所定量添加され、高抵抗を有するように形成されている。
- [0062] i型 $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>層41は、アンドープの電子走行層であり、エピタキシャル成長用基板1の主面10にエピタキシャル成長により形成されている。このi型 $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>層41は、ガス供給パイプ35から供給する酸素ガスにオゾンを例えば5重量%以上混合することによって形成することができる。
- [0063] n型 $\beta$ -(AlGa)<sub>2</sub>O<sub>3</sub>層42は、SiあるいはSn等のドナーが添加された電子供給層であり、i型 $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>層41上にエピタキシャル成長により形成されている。
- [0064] i型 $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>層41とn型 $\beta$ -(AlGa)<sub>2</sub>O<sub>3</sub>層42とはバンドギャップが異なるので、その界面ではバンドの不連続が生じ、n型 $\beta$ -(AlGa)<sub>2</sub>O<sub>3</sub>層42のドナーから発生した電子がi型 $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>層41側に集まって界面近傍の領域に分布し、二次元電子ガスと呼ばれる電子層が形成される。
- [0065] このように、n型 $\beta$ -(AlGa)<sub>2</sub>O<sub>3</sub>層42には、ゲート電極43gのショットキー接合により発生する第1の空乏層と、二次元電子ガスの形成による第2の空乏層とが発生する。n型 $\beta$ -(AlGa)<sub>2</sub>O<sub>3</sub>層42は、第1の空乏層と第2の空乏層とが接する厚さに形成されている。
- [0066] そして、ゲート電極43gに電圧を加えることにより、第1及び第2の空乏層の厚さを変化させて二次元電子ガスの濃度を調節し、ドレイン電流を制御することが可能となる。
- [0067] i型 $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>層41の厚さは、特に限定はないが、0.1nm以上に

形成することが望ましい。また、n型 $\beta$ - $(\text{AlGa})_2\text{O}_3$ 層42の厚さは、ドーピング濃度に応じて0.1nm～10μmに設定される。

[0068] (第2の実施の形態の効果)

本実施の形態によれば、エピタキシャル成長用基板1を構成する $\beta$ - $\text{Ga}_2\text{O}_3$ 系単結晶の(010)面である主面10に急峻な界面を有するi型 $\beta$ - $\text{Ga}_2\text{O}_3$ 層41を高精度な層厚で形成することができ、これによりi型 $\beta$ - $\text{Ga}_2\text{O}_3$ 層41とn型 $\beta$ - $(\text{AlGa})_2\text{O}_3$ 層42との界面をも急峻にすることができる。また、n型 $\beta$ - $(\text{AlGa})_2\text{O}_3$ 層42の層厚を高精度に形成できる。従って、高性能で品質が安定した高電子移動トランジスタ4を生産することが可能となる。

[0069] [第3の実施の形態]

次に、本発明の第3の実施の形態について、図11を参照して説明する。

図11は、本実施の形態に係る半導体装置の他の一例としての、電界効果トランジスタの一例であるMESFET (Metal-Semiconductor Field Effect Transistor) の構成例を示す断面図である。

[0070] このMESFET5は、第1の実施の形態に係る素子基板としてのエピタキシャル成長用基板1を有し、このエピタキシャル成長用基板1の主面10((010)面)上に、エピタキシャル成長により形成されたn型 $\beta$ - $\text{Ga}_2\text{O}_3$ 層51が設けられている。また、n型 $\beta$ - $\text{Ga}_2\text{O}_3$ 層51上には、ゲート電極52g、ソース電極52s、及びドレイン電極52dが設けられている。

[0071] ゲート電極52gはn型 $\beta$ - $\text{Ga}_2\text{O}_3$ 層51の表面51aに接触してショットキー接合を形成する。また、ソース電極52s及びドレイン電極52dは、これら電極間にゲート電極52gを挟んで配置され、n型 $\beta$ - $\text{Ga}_2\text{O}_3$ 層51の表面51aにオーム接觸して形成されている。

[0072] n型 $\beta$ - $\text{Ga}_2\text{O}_3$ 層51は、ソース電極52s及びドレイン電極52dとの接触部付近においてSiあるいはSn等の添加によりドナー濃度が高くなっている。また、ゲート電極52gとの接触部付近を含むその他の領域は、

ソース電極 5 2 s 及びドレイン電極 5 2 d との接触部付近よりもドナー濃度が低くなっている。

[0073] 本実施の形態に係るエピタキシャル成長用基板 1 は、Mg 等のII族の元素が所定量添加され、高抵抗を有するように形成されている。

[0074] 上記のように構成されたMESFET 5 は、ゲート電極 5 2 g に印加するバイアス電圧の調節によってn型 $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>層 5 1 における空乏層の厚さを変化させ、ドレイン電流を制御することが可能である。

[0075] (第3の実施の形態の効果)

本実施の形態によれば、エピタキシャル成長用基板 1 を構成する $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>系単結晶の(010)面である主面 1 0 に急峻な界面を有するn型 $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>層 5 1 を高精度な層厚で形成することができる。従って、高性能で品質が安定したMESFET 5 を生産することが可能となる。

[0076] [第4の実施の形態]

次に、本発明の第4の実施の形態について、図12を参照して説明する。

図12は、本実施の形態に係る半導体装置の他の一例としての、ショットキーバリアダイオードの構成例を示す断面図である。

[0077] このショットキーバリアダイオード 6 は、第1の実施の形態に係る素子基板としてのエピタキシャル成長用基板 1 を有し、このエピタキシャル成長用基板 1 の主面 1 0 ((010)面) 上に、エピタキシャル成長により形成されたn型 $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>層 6 1 が設けられている。

[0078] n型 $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>層 6 1 上には、n型 $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>層 6 1 の表面 6 1 a にショットキー接觸するショットキー電極 6 2 が設けられている。また、エピタキシャル成長用基板 1 のn型 $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>層 6 1 とは反対側の面には、エピタキシャル成長用基板 1 にオーム接觸するオーム電極 6 3 が設けられている。

[0079] また、本実施の形態に係るエピタキシャル成長用基板 1 は、酸素欠損又は不純物のドープにより、n型の導電型を示すように形成されている。n型 $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>層 6 1 は、エピタキシャル成長用基板 1 よりもドナー濃度が低濃

度となるように形成されている。

[0080] そして、ショットキーダイオード6に対して順方向（ショットキー電極62側が正電位）に電圧を加えると、エピタキシャル成長用基板1からn型 $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>層61側へ移動する電子による電流が増大する。これにより、順方向電流がショットキー電極62からオームик電極63へ向かって流れる。

[0081] 一方、ショットキーダイオード6に対して逆方向（ショットキー電極層2側が負電位）の電圧を加えると、ショットキーダイオード6を流れる電流はほぼゼロとなる。

[0082] （第4の実施の形態の効果）

本実施の形態によれば、エピタキシャル成長用基板1を構成する $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>系単結晶の(010)面である主面10に急峻な界面を有するn型 $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>層61を高精度な層厚で形成することができる。従って、高性能で品質が安定したショットキーダイオード6を生産することが可能となる。

[0083] [他の実施の形態]

以上、本発明に好適な実施の形態を説明したが、本発明はこれらの実施の形態に限定されるものではなく、その要旨を変更しない範囲内で種々の変形、応用が可能である。

[0084] 例えば、上記第1の実施の形態及びその変形例では、 $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>系単結晶の(010)面又は(310)面を主面としたが、(010)面から(310)面に至る間の面を主面としてもよい。また、(010)面から(310)面方向以外の方向に37.5°以内の角度範囲で傾斜した面を主面としてもよい。

[0085] また、上記第2の実施の形態では、(010)面を主面10とするエピタキシャル成長用基板1上にi型 $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>層41を形成したが、(310)面を主面10Bとするエピタキシャル成長用基板1B上にi型 $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>層41を形成して高電子移動トランジスタを構成してもよい。またさらに、(010)面から37.5°以内の角度範囲で傾斜した面を主面とし、この

主面上に*i*型 $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>層41を形成してもよい。

[0086] また、上記第3及び第4の実施の形態では、(010)面を正面10とするエピタキシャル成長用基板1上にn型 $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>層51、n型 $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>層61を形成したが、(010)面から37.5°以内の角度範囲で傾斜した面を正面とし、この主面上にn型 $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>層51、n型 $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>層61を形成してもよい。

[0087] また、上記第2～第4の実施の形態では、高電子移動トランジスタ、MESFET、及びショットキーバリアダイオードのエピタキシャル成長用基板に本発明を適用した場合について説明したが、本発明の適用対象となる半導体装置はこれらに限らない。

### 産業上の利用可能性

[0088]  $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>単結晶基板上に形成されるGa含有酸化物層の高品質化を図ることができるエピタキシャル成長用基板及び結晶積層構造体を提供する。

### 符号の説明

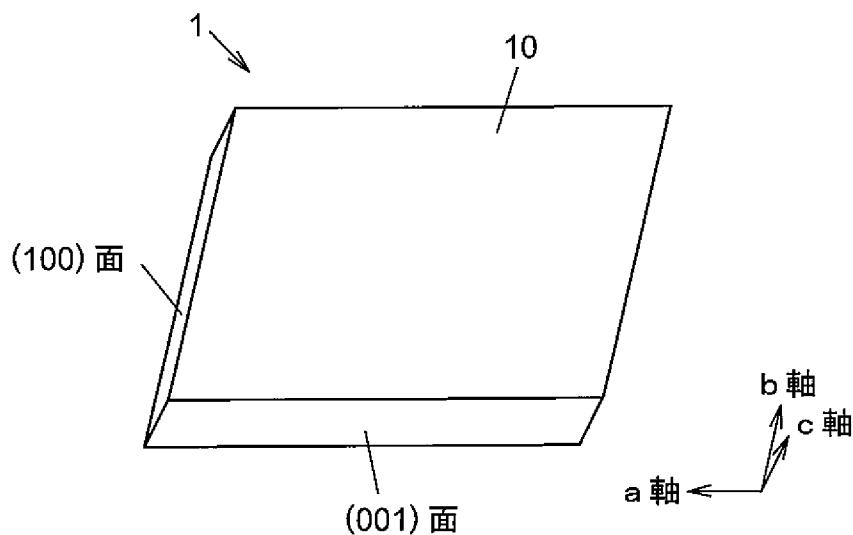
[0089] 1, 1B…エピタキシャル成長用基板、2, 2A…結晶積層構造体、3…M  
BE装置、4…高電子移動トランジスタ、5…MESFET、6…ショットキーバリアダイオード、10, 10B…正面、20…エピタキシャル結晶、20a…サテライトピーク、21…(AlGa)<sub>2</sub>O<sub>3</sub>層、21a…サテライトピーク、21b…フリンジピーク、22…Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>層、30…真空槽、31…基板ホルダ、32…加熱装置、33, 33a-33d…セル、34, 34a-34d…ヒータ、35…ガス供給パイプ、36…真空ポンプ、41…*i*型 $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>層、42…n型 $\beta$ -(AlGa)<sub>2</sub>O<sub>3</sub>層、42a…表面、43d…ドレイン電極、43g…ゲート電極、43s…ソース電極、51…n型 $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>層、52g…ゲート電極、52s…ソース電極、52d…ドレイン電極、61…n型 $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>層、62…ショットキー電極、63…オームイック電極、310…シャフト

## 請求の範囲

- [請求項1]  $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>系単結晶からなり、その(010)面、又は(010)面に対して37.5°以内の角度範囲で傾斜した面を主面とするエピタキシャル成長用基板。
- [請求項2] 前記主面が、 $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>系単結晶の(010)面、又は(010)面から(310)面に至る間の面である、  
請求項1に記載のエピタキシャル成長用基板。
- [請求項3] 前記主面が $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>系単結晶の(010)面又は(310)面である、  
請求項2に記載のエピタキシャル成長用基板。
- [請求項4]  $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>系単結晶からなり、その(010)面、又は(010)面に対して37.5°以内の角度範囲で傾斜した面を主面とするエピタキシャル成長用基板と、  
前記エピタキシャル成長用基板の前記主面に形成されたGa含有酸化物からなるエピタキシャル結晶とを有する結晶積層構造体。
- [請求項5] 前記主面が、 $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>系単結晶の(010)面、又は(010)面から(310)面に至る間の面である、  
請求項4に記載の結晶積層構造体。
- [請求項6] 前記主面が $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>系単結晶の(010)面又は(310)面である、  
請求項5に記載の結晶積層構造体。

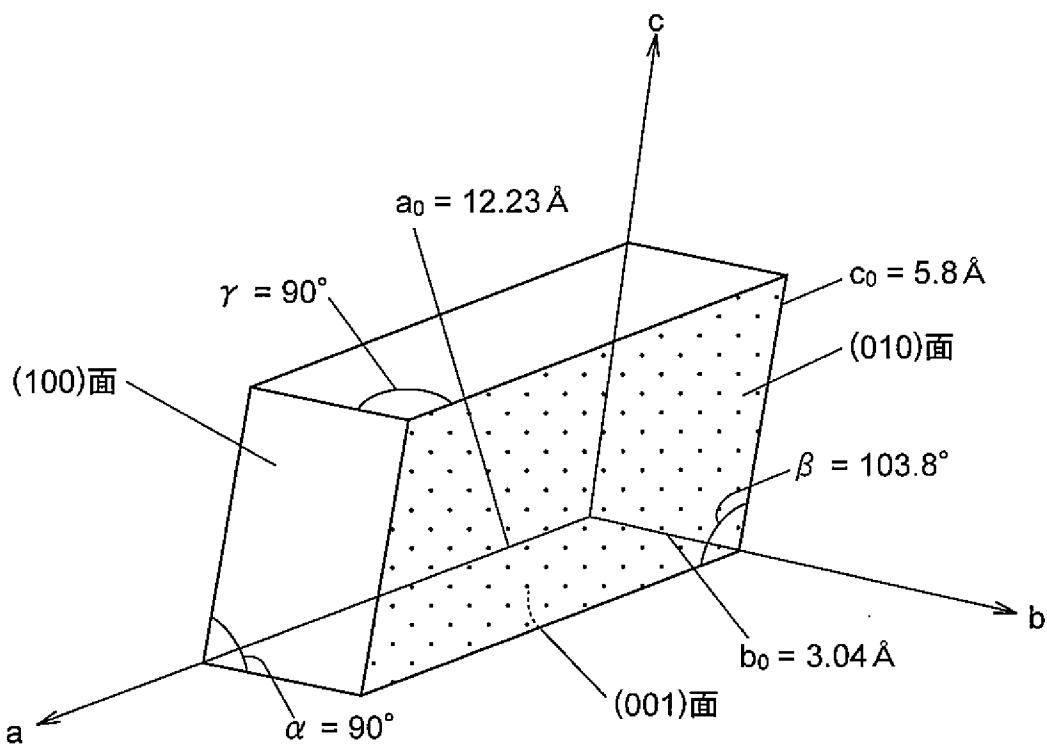
[図1A]

図 1 A



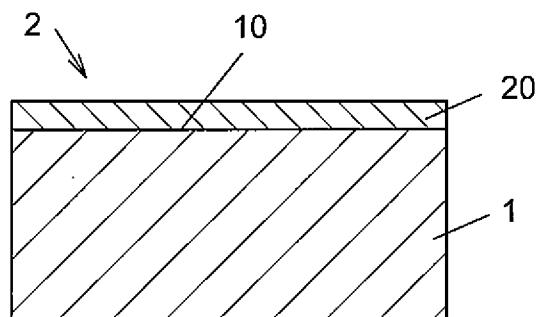
[図1B]

図 1 B



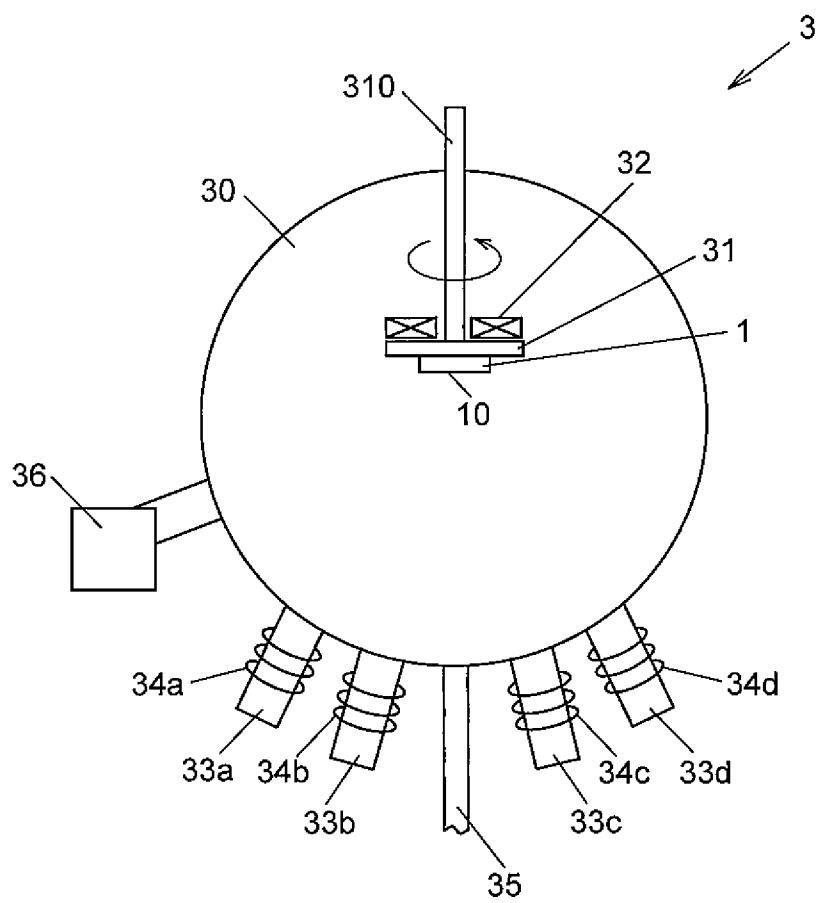
[図2]

図 2



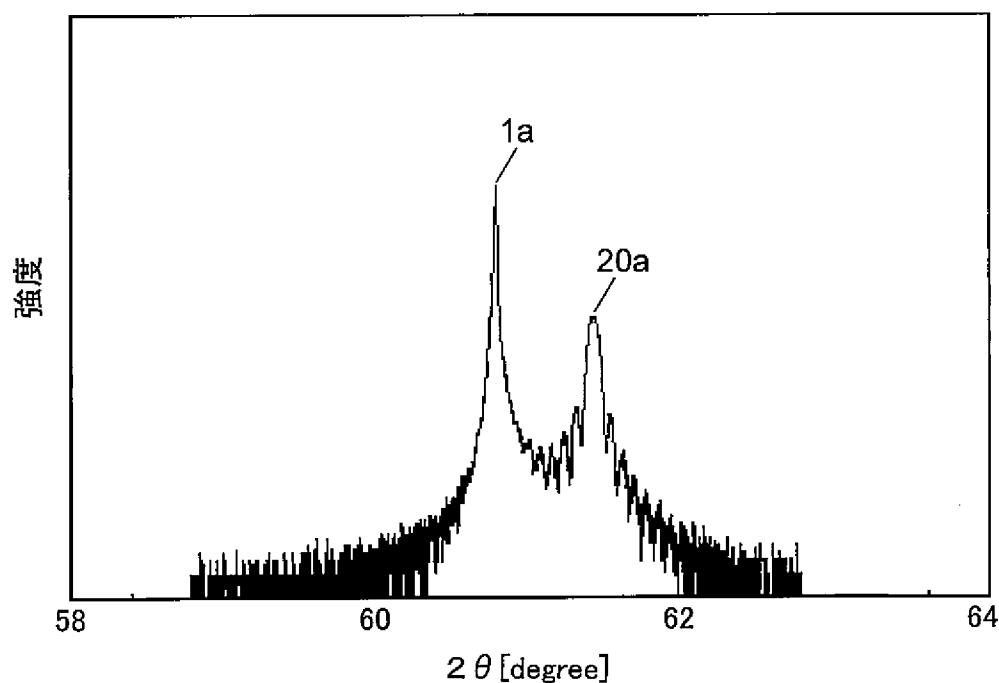
[図3]

図 3



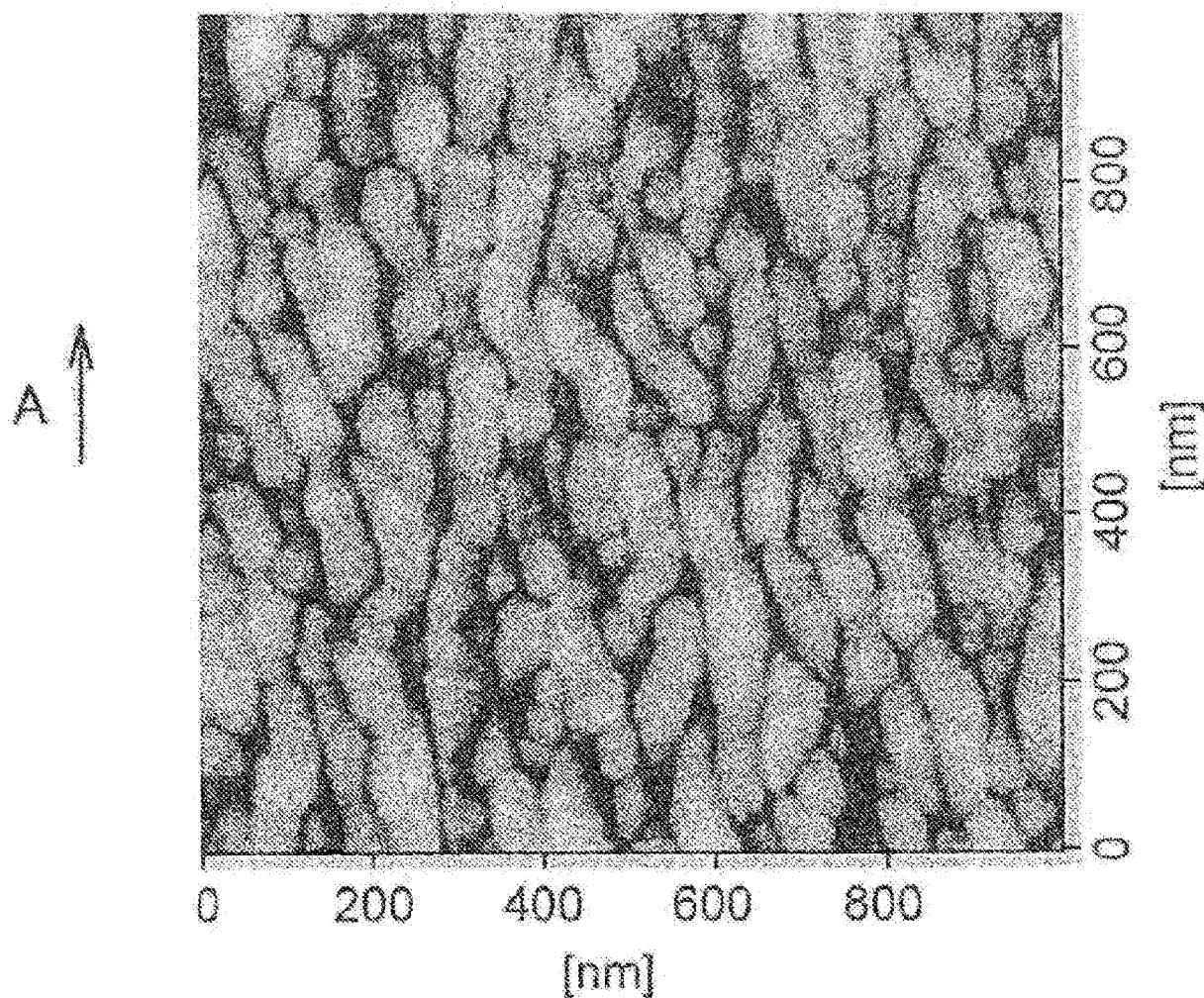
[図4A]

図 4 A



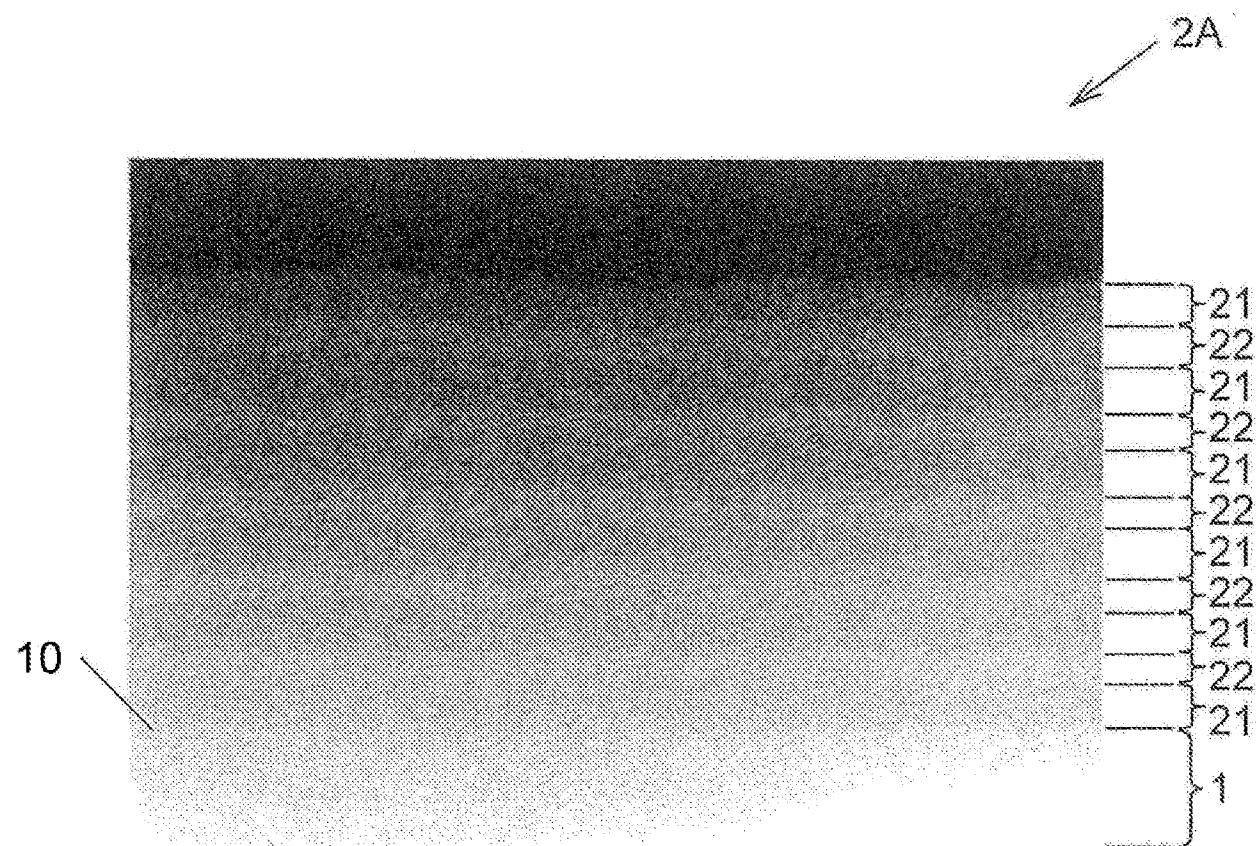
[図4B]

図4B



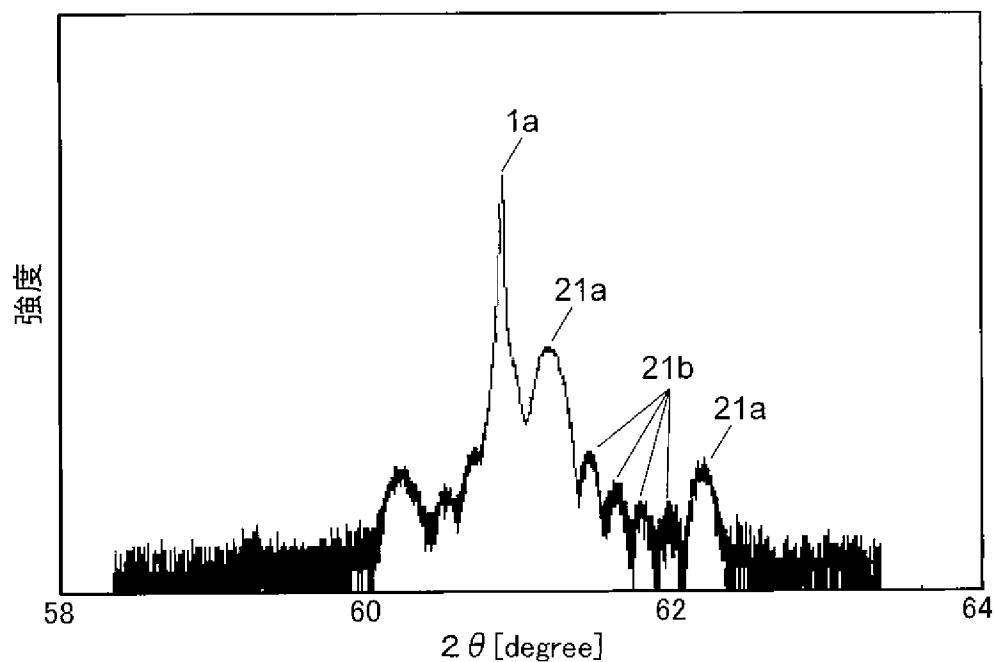
[図5A]

図5A



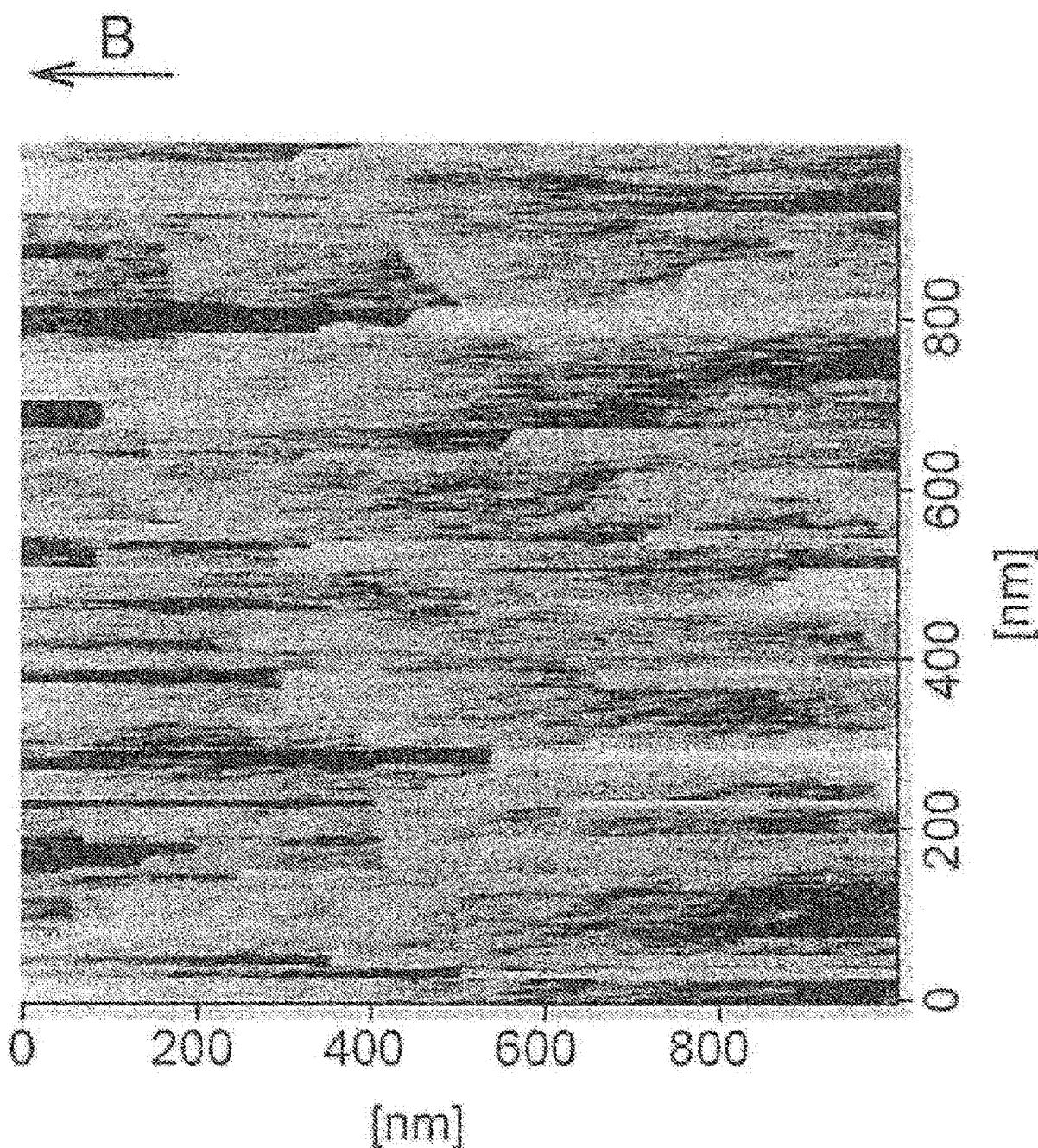
[図5B]

図5B



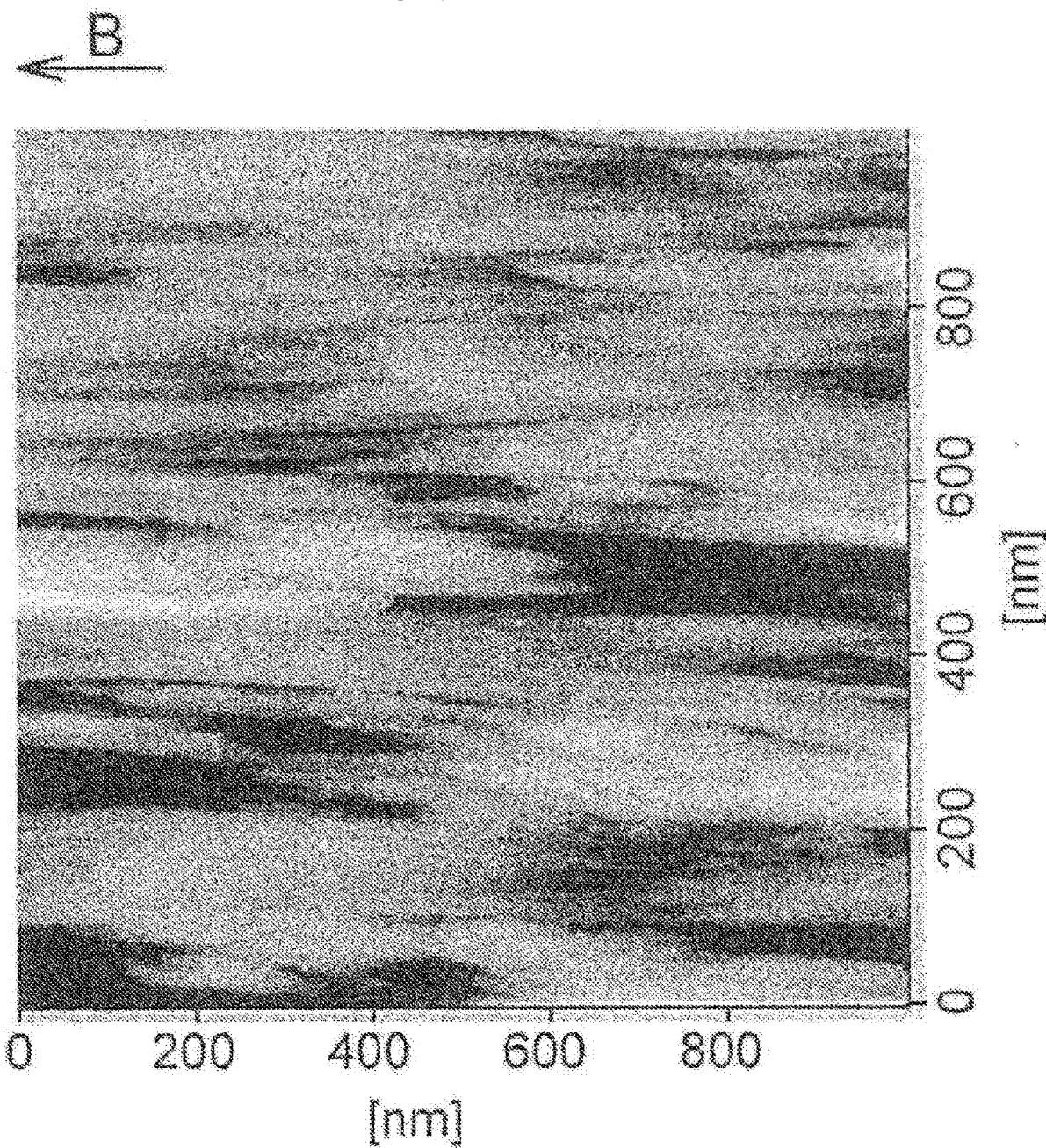
[図6A]

図6A



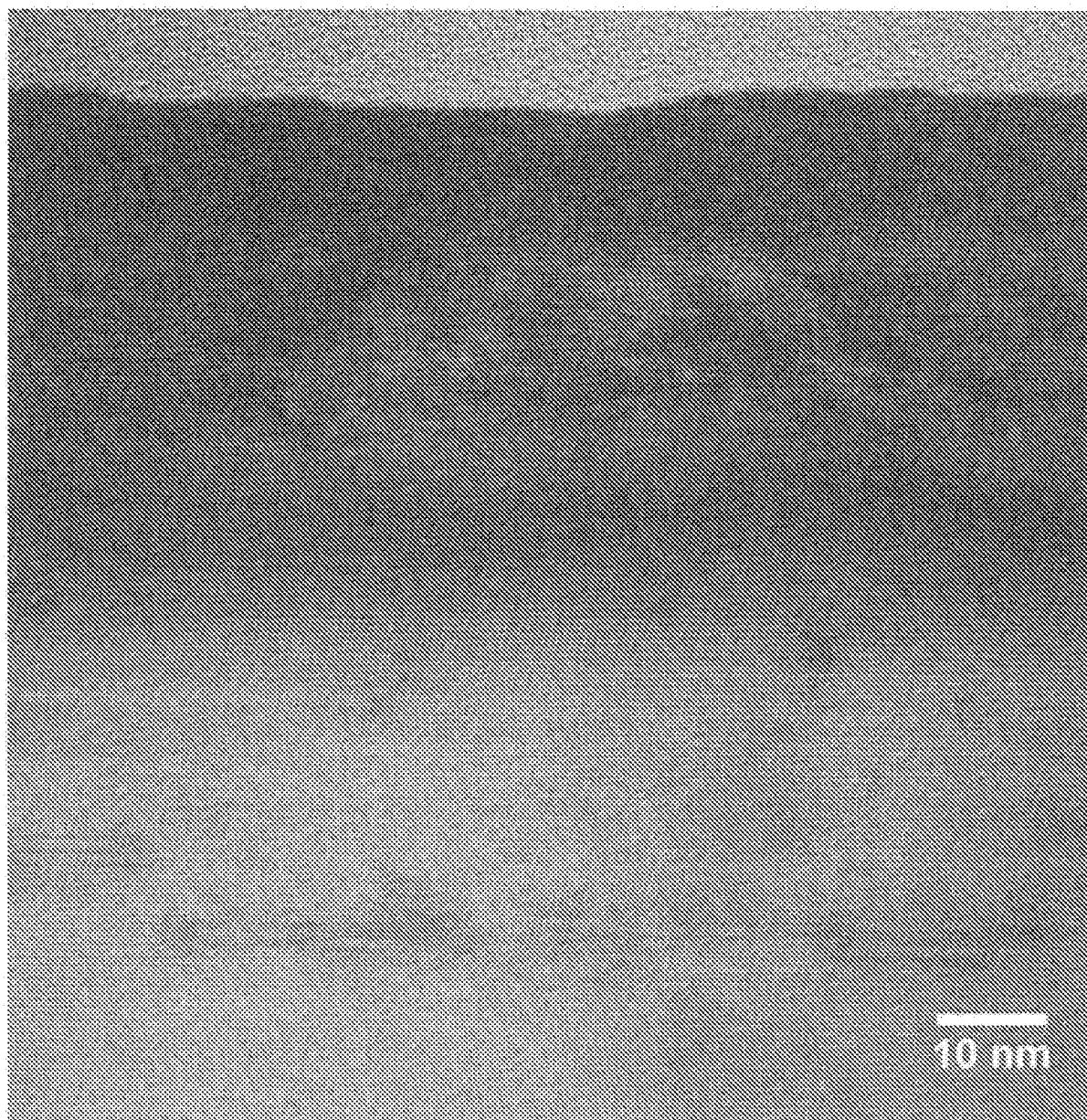
[図6B]

図6B



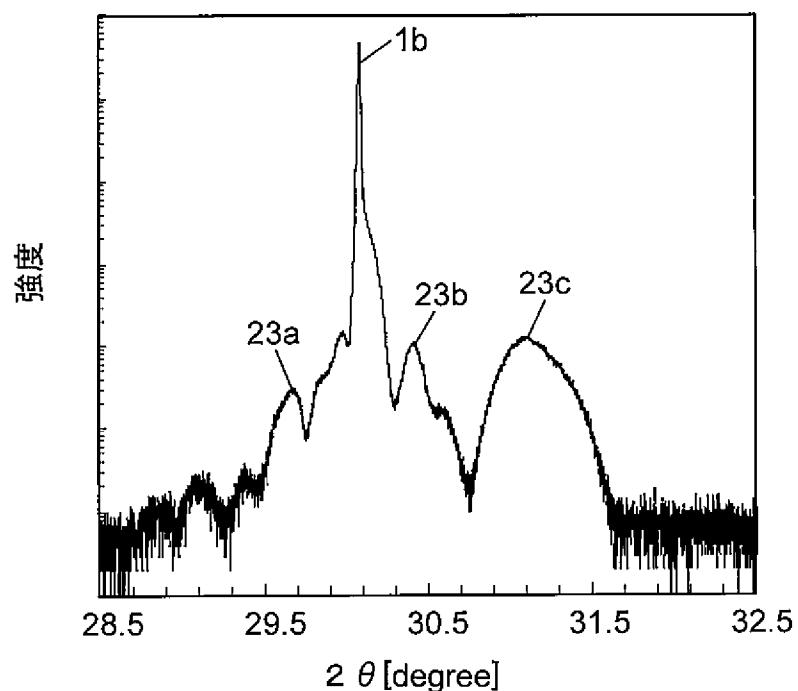
[図7A]

図7A



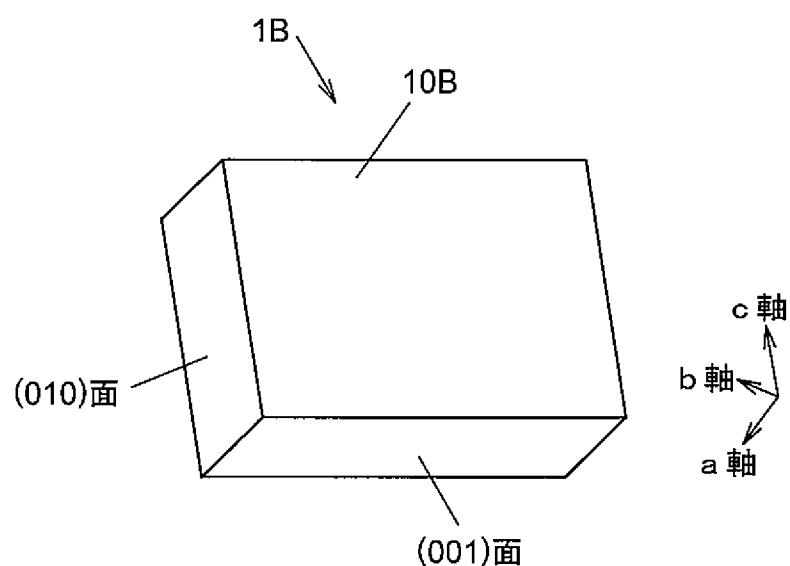
[図7B]

図 7 B



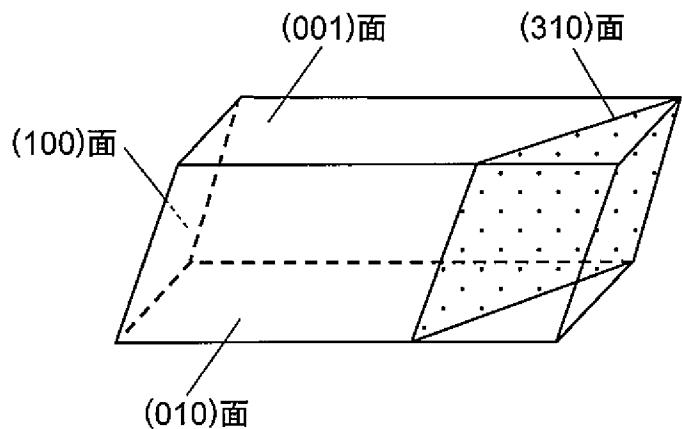
[図8A]

図 8 A



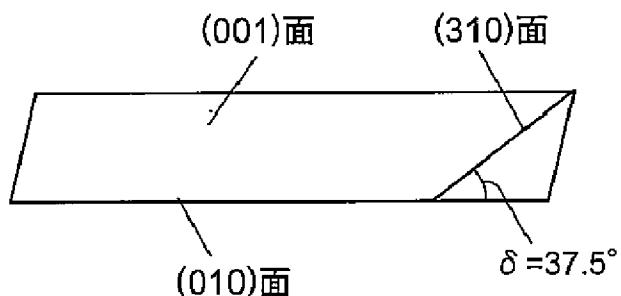
[図8B]

図 8 B



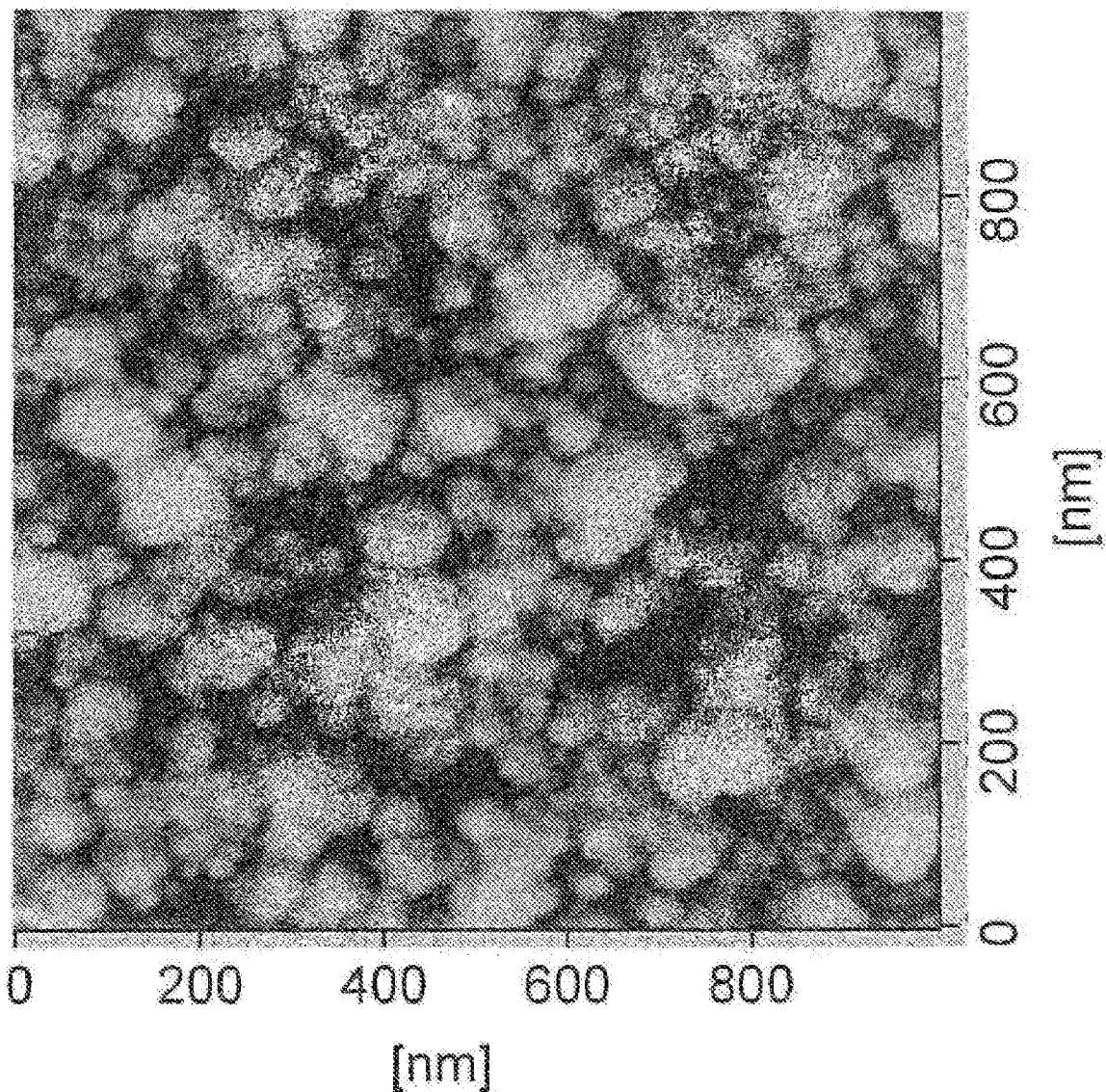
[図8C]

図 8 C



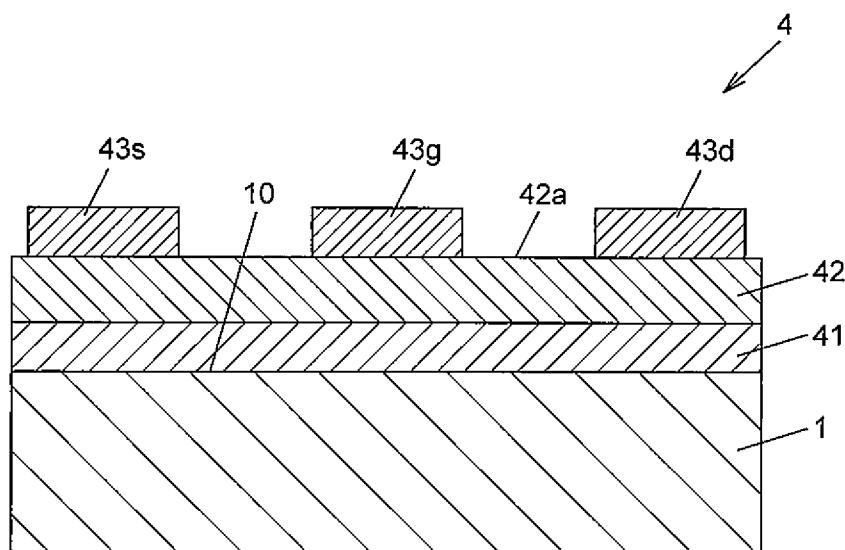
[図9]

図9



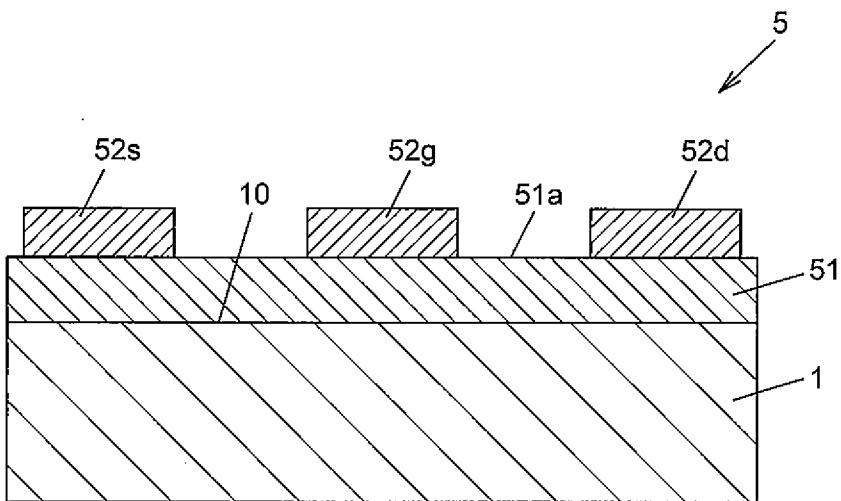
[図10]

図 1 0



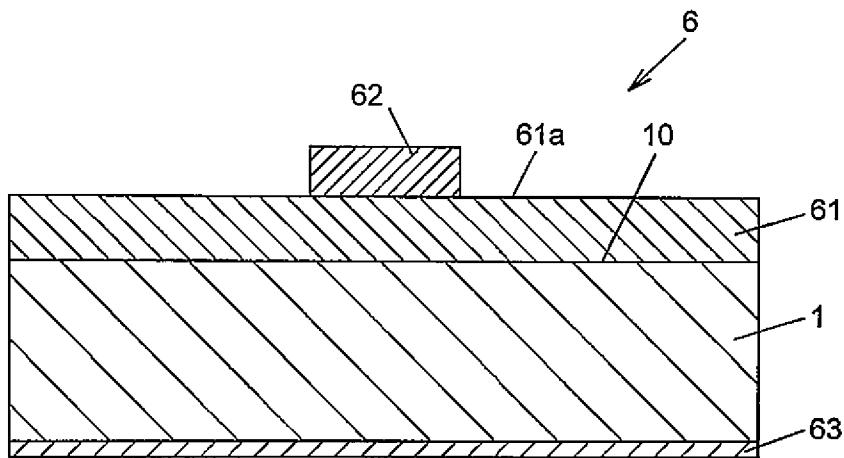
[図11]

図 1 1



[図12]

図 12



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/069975

### A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

*C30B29/16(2006.01)i, C23C14/08(2006.01)i, C23C16/40(2006.01)i, C30B29/20(2006.01)i, H01L21/205(2006.01)i, H01L21/363(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)

*C30B29/16, C23C14/08, C23C16/40, C30B29/20, H01L21/205, H01L21/363*

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

<i>Jitsuyo Shinan Koho</i>	<i>1922-1996</i>	<i>Jitsuyo Shinan Toroku Koho</i>	<i>1996-2012</i>
<i>Kokai Jitsuyo Shinan Koho</i>	<i>1971-2012</i>	<i>Toroku Jitsuyo Shinan Koho</i>	<i>1994-2012</i>

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.
X Y	JP 2011-146652 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 28 July 2011 (28.07.2011), paragraphs [0033] to [0053] (Family: none)	1-3 1-6
X Y	JP 2010-010572 A (Nippon Light Metal Co., Ltd.), 14 January 2010 (14.01.2010), paragraph [0009] (Family: none)	1-3 1-6
Y	JP 2005-235961 A (Waseda University), 02 September 2005 (02.09.2005), paragraphs [0025] to [0054] & US 2007/0166967 A1 & WO 2005/078812 A1	1-6

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  
17 August, 2012 (17.08.12)

Date of mailing of the international search report  
11 September, 2012 (11.09.12)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2012/069975

**Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)**

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1.  Claims Nos.:  
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
  
2.  Claims Nos.:  
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
  
3.  Claims Nos.:  
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

**Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)**

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

The invention of claim 1 does not have a special technical feature, since the invention is disclosed in JP 2011-146652 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 28 July 2011 (28.07.2011), paragraphs [0033] to [0053] or JP 2010-010572 A (Nippon Light Metal Co., Ltd.), 14 January 2010 (14.01.2010), paragraph [0009], each of which was found in course of this search.

As a result, there is no special technical feature common to all claims.

Consequently, this international patent application does not comply with the requirement of unity of invention.

Meanwhile, the inventions of claims 1-3 are relevant to a main invention group.

1.  As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2.  As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3.  As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
  
4.  No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

**Remark on Protest**

- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- No protest accompanied the payment of additional search fees.

## A. 発明の属する分野の分類(国際特許分類(IPC))

Int.Cl. C30B29/16(2006.01)i, C23C14/08(2006.01)i, C23C16/40(2006.01)i, C30B29/20(2006.01)i, H01L21/205(2006.01)i, H01L21/363(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. C30B29/16, C23C14/08, C23C16/40, C30B29/20, H01L21/205, H01L21/363

## 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	1971-2012年
日本国実用新案登録公報	1996-2012年
日本国登録実用新案公報	1994-2012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
X	JP 2011-146652 A (住友電気工業株式会社) 2011.07.28,	1-3
Y	段落 0033-0053 (ファミリーなし)	1-6
X	JP 2010-010572 A (日本軽金属株式会社) 2010.01.14,	1-3
Y	段落 0009 (ファミリーなし)	1-6
Y	JP 2005-235961 A (学校法人早稲田大学) 2005.09.02, 段落 0025-0054 & US 2007/0166967 A1 & WO 2005/078812 A1	1-6

□ 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  17.08.2012	国際調査報告の発送日  11.09.2012
国際調査機関の名称及びあて先  日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許序審査官(権限のある職員)  西山 義之 電話番号 03-3581-1101 内線 3416

## 第II欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第1ページの2の続き）

法第8条第3項（PCT17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1.  請求項 \_\_\_\_\_ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。  
つまり、

2.  請求項 \_\_\_\_\_ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、

3.  請求項 \_\_\_\_\_ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

## 第III欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるとこの国際調査機関は認めた。

請求項1に係る発明は、調査の際に発見したJP 2011-146652 A（住友電気工業株式会社）2011.07.28, 段落0033-0053、又はJP 2010-010572 A（日本軽金属株式会社）2010.01.14, 段落0009に開示されているため、特別な技術的特徴を有しない。

結果として、すべての請求項に共通する特別な技術的特徴は存在しない。

よって、この国際特許出願は、発明の単一性の要件を満たしていない。

なお、請求項1－3に係る発明が主発明である。

1.  出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。
2.  追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3.  出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。
4.  出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

## 追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。