

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5654648号
(P5654648)

(45) 発行日 平成27年1月14日(2015.1.14)

(24) 登録日 平成26年11月28日(2014.11.28)

(51) Int.Cl. F I
C 2 3 C 14/34 (2006.01) C 2 3 C 14/34 A
C O 4 B 35/00 (2006.01) C O 4 B 35/00 J

請求項の数 4 (全 26 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2013-160888 (P2013-160888)</p> <p>(22) 出願日 平成25年8月2日(2013.8.2)</p> <p>(65) 公開番号 特開2014-55349 (P2014-55349A)</p> <p>(43) 公開日 平成26年3月27日(2014.3.27)</p> <p>審査請求日 平成26年5月15日(2014.5.15)</p> <p>(31) 優先権主張番号 特願2012-178380 (P2012-178380)</p> <p>(32) 優先日 平成24年8月10日(2012.8.10)</p> <p>(33) 優先権主張国 日本国(JP)</p> <p>早期審査対象出願</p>	<p>(73) 特許権者 000153878 株式会社半導体エネルギー研究所 神奈川県厚木市長谷398番地</p> <p>(72) 発明者 山崎 舜平 神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社 半導体エネルギー研究所内</p> <p>審査官 萩原 周治</p> <p>(56) 参考文献 特開2012-134475 (JP, A)) 特開2011-171723 (JP, A)) 国際公開第2001/040536 (WO, A1)</p> <p style="text-align: right;">最終頁に続く</p>
---	---

(54) 【発明の名称】 金属酸化物膜

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1の結晶領域と第2の結晶領域とを有する金属酸化物膜であって、
 前記第1の結晶領域は、前記金属酸化物膜の表面に垂直な方向から見てc軸配向した結晶を有し、
 前記第2の結晶領域は、前記金属酸化物膜の表面に垂直な方向から見てc軸配向した結晶を有し、
 前記第1の結晶領域と前記第2の結晶領域との間の領域は、透過型電子顕微鏡を用いた観察によって結晶粒界が観察されず、且つ、前記金属酸化物膜の表面から観察した極微電子線回折パターンに輝点を有する領域であり、
 前記第1の結晶領域のa軸の方向と、前記第2の結晶領域のa軸の方向とは、互いに異なり、
 前記第1の結晶領域のb軸の方向と、前記第2の結晶領域のb軸の方向とは、互いに異なることを特徴とする金属酸化物膜。

【請求項2】

第1の結晶領域と第2の結晶領域とを有する金属酸化物膜であって、
 前記第1の結晶領域は、前記金属酸化物膜の表面に垂直な方向から見てc軸配向した結晶を有し、
 前記第2の結晶領域は、前記金属酸化物膜の表面に垂直な方向から見てc軸配向した結晶を有し、

前記第1の結晶領域と前記第2の結晶領域との間の領域は、透過型電子顕微鏡を用いた観察によって結晶粒界が観察されず、且つ、前記金属酸化物膜の表面から観察した極微電子線回折パターンに輝点を有する領域であり、

前記金属酸化物膜の表面から観察した前記第1の結晶領域の極微電子線回折パターンは、第1の対称軸を有する点状の輝点を有し、

前記金属酸化物膜の表面から観察した前記第2の結晶領域の極微電子線回折パターンは、第2の対称軸を有する点状の輝点を有し、

前記第1の対称軸の方向と前記第2の対称軸の方向とは、互いに異なることを特徴とする金属酸化物膜。

【請求項3】

請求項1又は2において、

前記第1の領域と前記第2の領域との間の領域における前記極微電子線回折パターンは前記輝点として、帯状の輝点を有することを特徴とする金属酸化物膜。

【請求項4】

請求項1乃至3のいずれか一において、

前記金属酸化物膜は、インジウム、ガリウム及び亜鉛を有することを特徴とする金属酸化物膜。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、スパッタリングターゲット、および該スパッタリングターゲットの使用方法に関する。また該スパッタリングターゲットを用いて形成された金属酸化物膜に関する。

【0002】

なお、本明細書において半導体装置とは、半導体特性を利用することで機能しうる装置全般をいい、電気光学装置、半導体回路および電子機器は全て半導体装置である。

【背景技術】

【0003】

絶縁体の金属酸化物、導電体の金属酸化物、および半導体の金属酸化物（酸化物半導体ともいう）の薄膜が、半導体装置をはじめとする様々な製品に用いられている。

【0004】

スパッタリング法は、基板への付着力の強い膜の形成が可能、スパッタリングターゲットの組成をほぼ保ったまま膜形成が可能、時間制御だけで精度の高い膜厚の制御が可能、といった様々な利点がある。例えば、非晶質シリコン薄膜より高いキャリア移動度を持つ等の性質が注目され、盛んに研究開発が行われている、インジウム、ガリウムおよび亜鉛を含む酸化物半導体の成膜方法として広く用いられている（特許文献1）。

【0005】

インジウム、ガリウムおよび亜鉛を含む酸化物半導体膜を用いたトランジスタは、比較的容易にトランジスタ特性が得られるものの、非晶質の酸化物半導体膜を用いる傾向にあり、物性が不安定であるため、トランジスタの信頼性の確保が困難であった。

【0006】

しかしながら、近年の研究開発の結果、結晶性を有する酸化物半導体膜を用いると、非晶質酸化物半導体膜を用いた場合と比較して、トランジスタの信頼性が向上することが明らかとなってきた（非特許文献1）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】国際公開WO05/088726号パンフレット

【非特許文献】

【0008】

【非特許文献1】Shunpei Yamazaki, Jun Koyama, Yo 50

10

20

30

40

shitaka Yamamoto and Kenji Okamoto, "Research, Development, and Application of Crystalline Oxide Semiconductor" SID 2012 DIGEST pp183-186

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

酸化物半導体膜に限らず、スパッタリング法を用いて結晶性を有する金属酸化物膜を形成することができれば、導電率の高い導電体膜、耐圧の高い絶縁体膜等となることが期待でき、これらを用いた様々な応用が可能となる。

10

【0010】

そこで本発明の一態様では、結晶性を有する金属酸化物膜を形成できるスパッタリングターゲットを提供することを目的の一とする。また、該スパッタリングターゲットを用いた金属酸化物膜の形成方法を提供することを目的の一とする。

【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、本発明の一態様では、多結晶ターゲット、または後述するCAACターゲットを作製し、これらのターゲットが有する金属酸化物の結晶粒または結晶領域の大きさを、均一にする。また、結晶粒または結晶領域を、より小さくする。

【0012】

より具体的には、本発明の一態様は、結晶粒径の平均が $0.1\mu\text{m}$ 以上 $3\mu\text{m}$ 以下で、結晶粒径の標準偏差が、結晶粒径の平均の $1/2$ 以下の多結晶金属酸化物を有する、スパッタリングターゲットである。

20

【0013】

また、本発明の別の態様は、表面に垂直な方向から見てc軸配向した複数の結晶領域を含む金属酸化物を有し、結晶領域の投影面積円相当径の平均が 1nm 以上 20nm 以下で、標準偏差が投影面積円相当径の平均の $1/2$ 以下であるスパッタリングターゲットである。

【0014】

また、上記において、複数の結晶領域が有する、a軸およびb軸の方向が異なる第1の結晶領域と第2の結晶領域、および第1の結晶領域と第2の結晶領域の間の結晶領域の電子線回折パターンを比較したとき、第1の結晶領域と第2の結晶領域の間の結晶領域では、第1の結晶領域の輝点と、第2の結晶領域の輝点と、の間を繋ぐ領域に帯状の輝点が観察されてもよい。

30

【0015】

また、上記において、金属酸化物は、インジウム、ガリウムおよび亜鉛を含んでもよい。

【0016】

また、上記において、インジウム、ガリウムおよび亜鉛のうち、ガリウムの占める割合が20原子%を越えてもよい。

40

【0017】

また、上記において、結晶粒は六方晶でもよく、結晶領域は六方晶を有してもよい。

【0018】

また、上記において、シリコンおよび炭素の含有量が $1 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 未満でもよい。

【0019】

また、本発明の別の態様は、イオンを衝突させることで、投影面積円相当径が 1nm 以上 20nm 以下の平板状のスパッタリング粒子を生成させ、スパッタリング粒子を堆積させる、金属酸化物膜の形成方法である。

【発明の効果】

50

【0020】

本発明の一態様により、結晶性を有する金属酸化物膜を形成できるスパッタリングターゲットを提供することができる。また、該スパッタリングターゲットを用いた金属酸化物膜の形成方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】本発明の一態様のスパッタリングターゲットを示す図。

【図2】スパッタリングターゲットの作製方法の一例を示すフロー図。

【図3】スパッタリングターゲットの作製方法の一例を示す図。

【図4】スパッタリングターゲットからスパッタリング粒子を剥離させる様子を示した模式図。 10

【図5】スパッタリングターゲットからスパッタリング粒子を剥離させる様子を示した模式図。

【図6】スパッタリング粒子が被成膜面に到達し、堆積する様子を示した模式図。

【図7】In-Ga-Zn酸化物の結晶構造の一例を示す図。

【図8】In-Ga-Zn酸化物の結晶構造の一例を示す図。

【図9】アクティブマトリクス型発光装置の概念図。

【図10】アクティブマトリクス型発光装置の概念図。

【図11】電子機器を表す図。

【図12】金属酸化物の透過型電子顕微鏡像。 20

【図13】金属酸化物の極微電子線回折パターン。

【発明を実施するための形態】

【0022】

以下では、本発明の実施の形態について図面を用いて詳細に説明する。ただし、本発明は以下の説明に限定されず、その形態および詳細を様々に変更しうることは当業者であれば容易に理解される。また、本発明は以下に示す実施の形態の記載内容に限定して解釈されるものではない。なお、図面を用いて発明の構成を説明するにあたり、同じものを指す符号は異なる図面間でも共通して用いる。なお、同様のものを指す際にはハッチパターンを同じくし、特に符号を付さない場合がある。

【0023】 30

なお、第1、第2として付される序数詞は便宜上用いるものであり、工程順または積層順を示すものではない。また、本明細書において発明を特定するための事項として固有の名称を示すものではない。

【0024】

また、本明細書等において、結晶粒または結晶領域の大きさとは、金属酸化物のある平面に現れる結晶粒または結晶領域の大きさを表すこととする。金属酸化物のある平面に現れる結晶粒または結晶領域の大きさは、走査型電子顕微鏡の反射電子像や透過型電子顕微鏡像等から計測することができる。

【0025】 40

また、本明細書等において、「平行」とは、二つの直線が -10° 以上 10° 以下の角度で配置されている状態をいう。従って、 -5° 以上 5° 以下の場合も含まれる。また、「垂直」とは、二つの直線が 80° 以上 100° 以下の角度で配置されている状態をいう。従って、 85° 以上 95° 以下の場合も含まれる。

【0026】

また、本明細書等において、結晶が三方晶または菱面体晶である場合、六方晶系として表す。

【0027】

(実施の形態1)

本実施の形態では、本発明の一態様である、多結晶金属酸化物を有するターゲットについて説明する。 50

【0028】

<多結晶ターゲット>

図1(A)は本発明の一態様である多結晶金属酸化物を有するターゲット100を示す図、図1(B)はターゲット100の一部Aを拡大した模式図である。図1(B)に示すようにターゲット100は複数の結晶粒を有する。該結晶粒の粒径を均一とし、また平均粒径を小さくすることで、結晶性を有する金属酸化物膜を形成することができる。

【0029】

より具体的には、結晶粒径の平均は0.1 μ m以上3 μ m以下が好ましく、0.1 μ m以上0.5 μ m以下がより好ましい。

【0030】

また、結晶粒径の標準偏差は、結晶粒径の平均以下が好ましく、結晶粒径の平均の1/2以下がより好ましく、結晶粒径の平均の1/5以下がさらに好ましい。また、結晶粒の68%の粒径が結晶粒径の平均の2倍以下であることが好ましく、結晶粒の68%の粒径が結晶粒径の平均の0.5倍以上結晶粒径の平均の1.5倍以下であることがより好ましく、結晶粒の68%の粒径が結晶粒径の平均の0.8倍以上1.2倍以下であることがさらに好ましい。

【0031】

ターゲット100が有する金属酸化物の組成は、目的の金属酸化物膜に応じて適宜決定することができる。

【0032】

たとえば、絶縁体の金属酸化物膜の形成を目的とする場合には、ガリウム、ハフニウム、銅、鉄等を含む酸化物とすることができる。

【0033】

また、導電体の金属酸化物膜の形成を目的とする場合には、酸化インジウムスズ(ITOともいう)等とすることができる。

【0034】

また、半導体である金属酸化物膜(酸化物半導体膜)を形成する場合には、少なくとも酸化インジウムまたは酸化亜鉛を含むことが好ましく、酸化インジウムおよび酸化亜鉛を共に含むターゲットとすることがより好ましい。また、これらに加えて酸化ガリウム、酸化スズ、酸化ハフニウムおよび酸化アルミニウムの少なくともいずれかを有するとより好ましい。このようなターゲットを用いて作製された酸化物半導体膜をトランジスタに適用すると、トランジスタの電気的特性のばらつきを低減できるためである。

【0035】

たとえば酸化インジウム、酸化ガリウムおよび酸化亜鉛を含むターゲットとする場合、スタビライザーである酸化ガリウムの占める割合が20原子%を越えると、酸化物半導体膜を用いたトランジスタの電気的特性のばらつきを低減することができ好ましい。たとえば、インジウム、ガリウム、亜鉛の組成が、インジウム：ガリウム：亜鉛=1：1：1(原子数比)、またはインジウム、ガリウム、亜鉛の組成が、インジウム：ガリウム：亜鉛=1：3：2(原子数比)であるターゲットとすることが好ましい。

【0036】

酸化インジウム、酸化ガリウムおよび酸化亜鉛を含むターゲットでは、結晶粒が六方晶となることがある。

【0037】

酸化物半導体膜の形成を目的する場合、ターゲット中に不純物が含まれると、該ターゲットを用いて形成された酸化物半導体膜を用いたトランジスタの電気的特性に悪影響を及ぼしうる。そのため、ターゲット中の不純物濃度は低減されていることが好ましい。ターゲット中の不純物としては、シリコン、炭素、窒素、ホウ素、ヒ素、その他意図せず混入した金属元素等が挙げられる。特にシリコンおよび炭素は、酸化物半導体膜中で不純物準位を形成し、キャリアを生成して酸化物半導体膜をn型化させる、またはトラップ準位となることが明らかとなっている。そのためターゲット中のシリコンおよび炭素の含有量は

10

20

30

40

50

1×10^{18} atoms/cm³未満であることが好ましく、 3×10^{17} atoms/cm³未満であることがより好ましい。

【0038】

<多結晶ターゲットの作製方法>

多結晶金属酸化物を有するターゲット100の作製方法の一例を、図2を参照して以下に説明する。ここでは酸化インジウム、酸化ガリウムおよび酸化亜鉛を含むターゲットを例にとって説明するが、原料を変更することで他の組成のターゲットも同様に作製することができる。

【0039】

まず、工程S101において原料となる金属酸化物を合成する。酸化インジウム、酸化ガリウムおよび酸化亜鉛を含むターゲットを作製する場合、原料は酸化インジウム粉末、酸化ガリウム粉末および酸化亜鉛粉末である。

【0040】

原料の合成方法としては、公知の方法を用いることができる。たとえば金属酸化物の粉末の合成方法の一つとして、硝酸塩や硫酸塩等の金属塩とアルカリ溶液とを混合して中和することによって、金属水酸化物を沈殿生成させ、濾過等で金属水酸化物の沈殿を回収した後、該金属水酸化物を焼成して酸化ガリウムとする方法がある。

【0041】

次に、工程S102において、工程S101で得られた原料を粉砕する。このとき1μm以下に粉砕された金属酸化物の粉末とすることが好ましく、0.17μm以下に粉砕された金属酸化物の粉末とすることがより好ましく、0.03μm以下に粉砕された金属酸化物の粉末とすることがさらに好ましい。

【0042】

粉砕の方法としては、ボールミル、ビーズミルなどの粉砕機、解砕機を用いる方法、ジェットミルを用いる方法、振動ふるいを用いる方法、超音波を用いる方法等がある。ビーズミルを用いると、金属酸化物の粉末を数十nmにまで粉砕することができる。またジェットミルを用いると、他の意図しない元素の混入を抑制することができる。なお、工程S101における金属水酸化物の沈殿を回収した後、金属水酸化物を焼成する前に、この工程S102の粉砕工程を行ってもよい。

【0043】

次に、工程S103において、工程S102で得られた金属酸化物の粉末について、第1の分級を行う。続いて、工程S104において、第1の分級を行った金属酸化物の粉末について、第2の分級を行う。

【0044】

第1の分級および第2の分級の一方で粗粒を除き、他方で微粒を除くことで、均一な粒径の金属酸化物の粉末とする。具体的には、結晶粒径の標準偏差が結晶粒径の平均以下、好ましくは結晶粒径の平均の1/2以下、より好ましくは結晶粒径の平均の1/5以下の粉末とする。

【0045】

分級の方法としては、乾式、湿式、ふるい分けのいずれを用いてもよい。ふるい分けによる分級は、1μm以下の微粒子でも精度よく分級でき、コストが低いといった利点がある。湿式分級の一つである遠心沈降機や液体サイクロンによる分級は、処理能力が高く分級性能もよいという利点がある。

【0046】

次に、工程S105において、工程S103および工程S104において得られた、金属酸化物の粉末を調合する。ここでは酸化インジウム、酸化ガリウムおよび酸化亜鉛の粉末を調合する。

【0047】

次に、工程S106において、工程S105で得られた調合された粉末を、ターゲットの形状に成型および焼結する。

10

20

30

40

50

【0048】

成型の方法は特に限定されず、公知の方法で行うことができる。焼結温度としては300以上1250未満で行うことが好ましい。焼結温度が300未満であると、原料である酸化インジウム、酸化ガリウムおよび酸化亜鉛のそれぞれの結晶から、インジウム-ガリウム-亜鉛を含む酸化物への結晶化が十分に進まない恐れがある。また焼結温度が1250以上であると、ターゲットに含まれる結晶粒径が大きくなりすぎる恐れがある。

【0049】

ホットプレス焼結を行うと、焼結温度が比較的低温でも、空隙が少なく高密度なスパッタリングターゲットを作製することが容易であり好ましい。

10

【0050】

次に、工程S107において、工程S106で得られたターゲットに仕上げ処理を行う。仕上げ処理としては、表面研削、およびバックングプレートへのボンディング等を行うことができる。

【0051】

以上の工程により、本発明の一態様である多結晶金属酸化物を有するターゲット100を作製することが可能である。

【0052】

(実施の形態2)

本実施の形態では、本発明の一態様である、表面に垂直な方向から見てc軸配向した複数の結晶領域を含む金属酸化物を有するターゲットについて説明する。

20

【0053】

本明細書等において、表面に垂直な方向から見てc軸配向した複数の結晶領域を含む金属酸化物を、CAAC(C Axis Aligned Crystalline)金属酸化物という。同様に、表面に垂直な方向から見てc軸配向した複数の結晶領域を含むターゲットを、CAACターゲットという。同様に、表面に垂直な方向から見てc軸配向した複数の結晶領域を有する金属酸化物膜を、CAAC金属酸化物膜という。

【0054】

CAAC金属酸化物膜は、複数の結晶部を有する金属酸化物膜の一つであり、ほとんどの結晶部は、一辺が100nm未満の立方体内に収まる大きさである。従って、CAAC金属酸化物膜に含まれる結晶部は、一辺が10nm未満、5nm未満または3nm未満の立方体内に収まる大きさの場合も含まれる。

30

【0055】

CAAC金属酸化物膜を透過型電子顕微鏡(TEM: Transmission Electron Microscope)によって観察すると、結晶部同士の明確な境界、即ち結晶粒界(グレインバウンダリーともいう。)を確認することができない。そのため、CAAC金属酸化物膜は、結晶粒界に起因する電子移動度の低下が起こりにくいといえる。

【0056】

CAAC金属酸化物膜を、試料面と概略平行な方向からTEMによって観察(断面TEM観察)すると、結晶部において、金属原子が層状に配列していることを確認できる。金属原子の各層は、CAAC金属酸化物膜の膜を形成する面(被形成面ともいう。)または上面の凹凸を反映した形状であり、CAAC金属酸化物膜の被形成面または上面と平行に配列する。

40

【0057】

一方、CAAC金属酸化物膜を、試料面と概略垂直な方向からTEMによって観察(平面TEM観察)すると、結晶部において、金属原子が三角形状または六角形状に配列していることを確認できる。しかしながら、異なる結晶部間で、金属原子の配列に規則性は見られない。

【0058】

50

断面TEM観察および平面TEM観察より、CAAC金属酸化物膜の結晶部は配向性を有していることがわかる。

【0059】

CAAC金属酸化物膜に対し、X線回折(XRD: X-Ray Diffraction)装置を用いて構造解析を行うと、例えばInGaZnO₄の結晶を有するCAAC金属酸化物膜のout-of-plane法による解析では、回折角(2θ)が31°近傍にピークが現れる場合がある。このピークは、InGaZnO₄の結晶の(009)面に帰属されることから、CAAC金属酸化物膜の結晶がc軸配向性を有し、c軸が被形成面または上面に概略垂直な方向を向いていることが確認できる。

【0060】

一方、CAAC金属酸化物膜に対し、c軸に概略垂直な方向からX線を入射させるin-plane法による解析では、2θが56°近傍にピークが現れる場合がある。このピークは、InGaZnO₄の結晶の(110)面に帰属される。InGaZnO₄の単結晶金属酸化物膜であれば、2θを56°近傍に固定し、試料面の法線ベクトルを軸(c軸)として試料を回転させながら分析(スキャン)を行うと、(110)面と等価な結晶面に帰属されるピークが6本観察される。これに対し、CAAC金属酸化物膜の場合は、2θを56°近傍に固定してスキャンした場合でも、明瞭なピークが現れない。

【0061】

以上のことから、CAAC金属酸化物膜では、異なる結晶部間ではa軸およびb軸の配向は不規則であるが、c軸配向性を有し、かつc軸が被形成面または上面の法線ベクトルに平行な方向を向いていることがわかる。従って、前述の断面TEM観察で確認された層状に配列した金属原子の各層は、結晶のab面に平行な面である。

【0062】

なお、結晶部は、CAAC金属酸化物膜を成膜した際、または加熱処理などの結晶化処理を行った際に形成される。上述したように、結晶のc軸は、CAAC金属酸化物膜の被形成面または上面の法線ベクトルに平行な方向に配向する。従って、例えば、CAAC金属酸化物膜の形状をエッチングなどによって変化させた場合、結晶のc軸がCAAC金属酸化物膜の被形成面または上面の法線ベクトルと平行にならないこともある。

【0063】

また、CAAC金属酸化物膜中の結晶化度が均一でなくてもよい。例えば、CAAC金属酸化物膜の結晶部が、CAAC金属酸化物膜の上面近傍からの結晶成長によって形成される場合、上面近傍の領域は、被形成面近傍の領域よりも結晶化度が高くなる場合がある。また、CAAC金属酸化物膜に不純物を添加する場合、不純物が添加された領域の結晶化度が変化し、部分的に結晶化度の異なる領域が形成されることもある。

【0064】

なお、InGaZnO₄の結晶を有するCAAC金属酸化物膜のout-of-plane法による解析では、2θが31°近傍のピーク他、2θが36°近傍にもピークが現れる場合がある。2θが36°近傍のピークは、CAAC金属酸化物膜中の一部に、c軸配向性を有さない結晶が含まれることを示している。CAAC金属酸化物膜は、2θが31°近傍にピークを示し、2θが36°近傍にピークを示さないことが好ましい。

【0065】

CAAC金属酸化物膜は、不純物濃度の低い金属酸化物膜である。不純物は、水素、炭素、シリコン、遷移金属元素などの金属酸化物膜の主成分以外の元素である。特に、シリコンなどの、金属酸化物膜を構成する金属元素よりも酸素との結合力の強い元素は、金属酸化物膜から酸素を奪うことで金属酸化物膜の原子配列を乱し、結晶性を低下させる要因となる。また、鉄やニッケルなどの重金属、アルゴン、二酸化炭素などは、原子半径(または分子半径)が大きいため、金属酸化物膜内部に含まれると、金属酸化物膜の原子配列を乱し、結晶性を低下させる要因となる。なお、金属酸化物膜に含まれる不純物は、キャリアトラップやキャリア発生源となる場合がある。

【0066】

10

20

30

40

50

また、C A A C 金属酸化物膜は、欠陥準位密度の低い金属酸化物膜である。例えば、金属酸化物膜中の酸素欠損は、キャリアトラップとなることや、水素を捕獲することによってキャリア発生源となることがある。

【 0 0 6 7 】

不純物濃度が低く、欠陥準位密度が低い（酸素欠損の少ない）ことを、高純度真性または実質的に高純度真性と呼ぶ。高純度真性または実質的に高純度真性である金属酸化物膜は、キャリア発生源が少ないため、キャリア密度を低くすることができる。従って、当該金属酸化物膜を用いたトランジスタは、しきい値電圧がマイナスとなる電気特性（ノーマリーオンともいう。）になることが少ない。また、高純度真性または実質的に高純度真性である金属酸化物膜は、キャリアトラップが少ない。そのため、当該金属酸化物膜を用いたトランジスタは、電気特性の変動が小さく、信頼性の高いトランジスタとなる。なお、金属酸化物膜のキャリアトラップに捕獲された電荷は、放出するまでに要する時間が長く、あたかも固定電荷のように振る舞うことがある。そのため、不純物濃度が高く、欠陥準位密度が高い金属酸化物膜を用いたトランジスタは、電気特性が不安定となる場合がある。

10

【 0 0 6 8 】

また、C A A C 金属酸化物膜を用いたトランジスタは、可視光や紫外光の照射による電気特性の変動が小さい。

【 0 0 6 9 】

< C A A C ターゲット >

本発明の一態様である表面に垂直な方向から見て c 軸配向した複数の結晶領域を有する金属酸化物を有するターゲットは、結晶領域の投影面積円相当径の平均が 1 n m 以上 2 0 n m 以下であることが好ましい。

20

【 0 0 7 0 】

また、結晶領域の投影面積円相当径の標準偏差は、投影面積円相当径の平均以下が好ましく、投影面積円相当径の平均の 1 / 2 以下がより好ましく、投影面積円相当径の平均の 1 / 5 以下がさらに好ましい。また、結晶領域の 6 8 % の投影面積円相当径が投影面積円相当径の平均の 2 倍以下であることが好ましく、結晶領域の 6 8 % の投影面積円相当径が投影面積円相当径の平均の 0 . 5 倍以上 1 . 5 倍以下であることがより好ましく、結晶領域の 6 8 % の投影面積円相当径が投影面積円相当径の平均の 0 . 8 倍以上 1 . 2 倍以下であることがさらに好ましい。

30

【 0 0 7 1 】

金属酸化物の組成は、目的の金属酸化物膜に応じて適宜決定することができる。具体的な組成については、実施の形態 1 の多結晶金属酸化物を有するターゲットについての記載を参照することができる。

【 0 0 7 2 】

< C A A C ターゲットの作製方法 >

表面に垂直な方向から見て c 軸配向した複数の結晶領域を有する金属酸化物を有するターゲットの作製方法の一例を、図 3 を参照して以下に説明する。表面に垂直な方向から見て c 軸配向した複数の結晶領域を有する金属酸化物を有するターゲットは、たとえばスパッタリング法により作製することができる。

40

【 0 0 7 3 】

スパッタリング法により作製する場合、図 3 (A) のように、公知のターゲット、または実施の形態 1 で示した多結晶の金属酸化物を有するターゲットを、ターゲット 2 0 2 a として配置する。そして、ターゲット 2 0 2 a と対向するように、表面に垂直な方向から見て c 軸配向した複数の結晶領域を含む金属酸化物を形成するターゲット 2 0 5 を配置する。そしてターゲット 2 0 2 a の金属酸化物を、ターゲット 2 0 5 上に成膜することで、表面に垂直な方向から見て c 軸配向した複数の結晶領域を含む金属酸化物を有するターゲット 2 0 5 を作製する。

【 0 0 7 4 】

50

スパッタリング法により金属酸化物を成膜する際、ターゲット205を高温に保持すると、ターゲット205に形成される金属酸化物中に含まれ得る不純物濃度を低減することができる。ターゲット205を加熱する温度としては、150以上500以下とすればよく、好ましくは200以上350以下とすればよい。また、成膜時にターゲット205を高温で加熱することで、ターゲット205に形成される金属酸化物膜の結晶性を高めることができる。

【0075】

また、金属酸化物の成膜は、酸化性雰囲気下または不活性雰囲気下で行うことが好ましい。酸化性雰囲気とは、酸化性ガスを含む雰囲気をいう。酸化性ガスとは、酸素、オゾンまたは亜酸化窒素などであって、水、水素などが含まれないことが好ましい。例えば、加熱装置に導入する酸素、オゾン、亜酸化窒素の純度を、8N(99.999999%)以上、好ましくは9N(99.9999999%)以上とする。酸化性雰囲気には、酸化性ガスと不活性ガスが混合されていてもよい。その場合、酸化性ガスが少なくとも10ppm以上含まれる雰囲気とする。また、不活性雰囲気とは、窒素、希ガスなどの不活性ガスを含む雰囲気または酸化性ガスなどの反応性ガスを含まない雰囲気をいう。具体的には、酸化性ガスなどの反応性ガスが10ppm未満である雰囲気とする。なお、酸化性雰囲気又は不活性雰囲気は圧力が100Pa以下、10Pa以下または1Pa以下の減圧下であっても構わない。酸化性雰囲気下で成膜することで、ターゲット205に形成される金属酸化物膜の結晶性を高めることができる。

【0076】

また、図3(B)のように、ターゲット202aにマグネット203aを設け、マグネトロンスパッタ法により、ターゲット205上に結晶性の金属酸化物膜を形成してもよい。なお、図3(B)では、2つのマグネット203aのS極がターゲット202aと接するように配置されているが、これに限定されず、マグネット203aの極性は適宜入れ替えることができる。

【0077】

また、図3(C)のように、ターゲット202aおよびターゲット202bを対向させて設け、対向ターゲット式スパッタリング法により、ターゲット205上に結晶性の金属酸化物膜を形成してもよい。

【0078】

さらに、図3(D)のように、対向ターゲット式スパッタリング法において、マグネット203aが設けられたターゲット202a、およびマグネット203bが設けられたターゲット202bを傾けて配置させてもよい。図3(D)のように配置することで、ターゲット205への金属酸化物膜の堆積速度を高めることができる。

【0079】

以上の工程により、本発明の一態様である表面に垂直な方向から見てc軸配向した複数の結晶領域を含む金属酸化物を有するターゲットを作製することができる。

【0080】

(実施の形態3)

本実施の形態では、実施の形態1で説明した、多結晶ターゲット用いて、金属酸化物膜を形成する方法について詳述する。本実施の形態では、インジウム、ガリウムおよび亜鉛を含む金属酸化物(以下、In-Ga-Zn酸化物という)について説明するが、他の組成のターゲットについても以下の説明を参酌することができる。

【0081】

図4(A)は、ターゲット1000にイオン1001が衝突し、結晶性を有するスパッタリング粒子1002が生成される様子を示した模式図である。図4(A)のターゲット1000は、実施の形態1で説明した多結晶金属酸化物を有するターゲットであり、結晶粒1010を有する。結晶粒1010は、結晶粒径の平均が0.1μm以上3μm以下、標準偏差が平均粒径以下である。

【0082】

イオン1001は、酸素の陽イオンを用いることができる。また、酸素の陽イオンに加えて、アルゴンの陽イオンを用いてもよい。なお、アルゴンの陽イオンに代えて、その他希ガスの陽イオンを用いてもよい。イオン1001として酸素の陽イオンを用いることで、成膜時のプラズマダメージを軽減することができる。従って、イオン1001がターゲット1000の表面に衝突した際に、ターゲット1000の結晶性が低下すること、または非晶質化することを抑制できる。

【0083】

結晶粒1010からスパッタリング粒子1002が剥離する様子を図4(C)に示す。図4(C)によれば、結晶粒1010は、ターゲット1000の表面と平行な劈開面1005を有する。また、結晶粒1010は、原子間の結合の弱い部分1006を有し、点線で示す。結晶粒1010にイオン1001が衝突した際に、原子間の結合の弱い部分1006の原子間結合が切れる。従って、スパッタリング粒子1002は、劈開面1005および原子間の結合の弱い部分1006によって切断され、平板状で剥離する。なお、スパッタリング粒子1002の有する投影面積円相当径は、結晶粒1010の平均粒径の $1/3000$ 以上 $1/20$ 以下、好ましくは $1/1000$ 以上 $1/30$ 以下である。このとき結晶粒1010の粒径が小さく、均一であると、スパッタリング粒子1002の有する投影面積円相当径をより小さく、均一にすることができる。

10

【0084】

または、結晶粒1010の一部が劈開面1005から粒子1012として剥離する。その後、粒子1012が、プラズマに曝される場合、プラズマ的作用により原子間の結合の弱い部分1006から結合が切れ、複数のスパッタリング粒子1002が生成される(図5参照)。

20

【0085】

なお、スパッタリング粒子1002は、劈開面1005がa-b面と平行な平面である六角柱状であってもよい。その場合、六角形の面と垂直な方向が結晶のc軸方向である(図4(B)参照)。ただし、スパッタリング粒子1002は、劈開面がa-b面と平行な平面である三角柱状であってもよい。または、その他の多角柱状であってもよい。なお、スパッタリング粒子1002は、平面の円相当径が1nm以上15nm以下、または2nm以上10nm以下となる。

【0086】

スパッタリング粒子1002は、正に帯電させることが好ましい。スパッタリング粒子1002が、正に帯電するタイミングは特に問わないが、具体的にはイオン1001の衝突時に電荷を受け取ることで正に帯電させればよい。または、プラズマが生じている場合、スパッタリング粒子1002をプラズマに曝すことで正に帯電させればよい。または、酸素の陽イオンであるイオン1001をスパッタリング粒子1002の表面に結合させることで正に帯電させればよい。

30

【0087】

以下に、スパッタリング粒子の被成膜面に堆積する様子を、図6を用いて説明する。なお、図6では、既に堆積済みのスパッタリング粒子を点線で示す。

【0088】

図6(A)では、被成膜面1003はスパッタリング粒子1002が堆積した表面を有する。なお、被成膜面1003の下側には、非晶質膜1007が形成されている。図6(A)より、スパッタリング粒子1002が正に帯電していることで、スパッタリング粒子1002は、他のスパッタリング粒子1002の堆積していない領域に堆積していく。これは、スパッタリング粒子1002が正に帯電していることにより、スパッタリング粒子1002同士が互いに反発し合うためである。

40

【0089】

このように、堆積して得られる金属酸化物膜は厚さが均一となり、結晶の配向の揃った金属酸化物膜となる。

【0090】

50

このときスパッタリング粒子1002の大きさが均一であると、ターゲットから被成膜面1003へ到達するスピードをより均一にできる。またスパッタリング粒子1002の大きさが均一であると、被成膜面に敷き詰めることが容易である。そのためスパッタリング粒子1002が堆積して得られる金属酸化物膜の結晶領域の投影面積円相当径を、より均一にすることができる。

【0091】

図6(B)は、図6(A)の一点鎖線X-Yに対応する断面図である。一例としては、堆積したスパッタリング粒子1002が、被成膜面1003に垂直な方向に結晶のc軸が揃った金属酸化物膜1004は、CAAC金属酸化物膜となる。

【0092】

以上のような方法でスパッタリングターゲットを使用することで、厚さが均一であり、結晶の配向の揃った金属酸化物膜を成膜することができる。

【0093】

図7(A)に、a-b面と平行な方向から見たIn-Ga-Zn酸化物の結晶構造の一例を示す。また、図7(A)において、破線で囲った部分を拡大し図7(B)に示す。

【0094】

例えば、In-Ga-Zn酸化物に含まれる結晶粒において、図7(B)に示すガリウム原子またはノおよび亜鉛原子ならびに酸素原子を有する第1の層と、ガリウム原子またはノおよび亜鉛原子ならびに酸素原子を有する第2の層と、の間の面が劈開面である。これは、第1の層および第2の層に含まれる負の電荷を有する酸素原子同士が近距離にあるためである(図7(B)の囲み部参照。)。このように、劈開面はa-b面に平行な平面であるため、In-Ga-Zn酸化物からなるスパッタリング粒子は、a-b面に平行な平面を有する平板状となる。

【0095】

図8に、結晶のa-b面と垂直に見たときのIn-Ga-Zn酸化物の結晶構造の一例を示す。ただし、図8では、インジウム原子および酸素原子を有する層のみを抜き出して示す。

【0096】

In-Ga-Zn酸化物は、インジウム原子-酸素原子間の結合が弱く、最も切れやすい。即ち、当該結合が切れた場合、酸素原子が脱離し、図8の点線に示すように連続的に酸素原子の欠損(酸素欠損ともいう。)が生じる。図8において、酸素欠損を点線で繋ぐことで、正六角形を描くことができる。このように、In-Ga-Zn酸化物の結晶は、インジウム原子-酸素原子間の結合が切れた場合に生じる、a-b面に垂直な面を複数有することができる。

【0097】

In-Ga-Zn酸化物の結晶は六方晶であるため、平板状のスパッタリング粒子は内角が120°である正六角形の面を有する六角柱状となりやすい。ただし、平板状のスパッタリング粒子は六角柱状に限定されず、内角が60°である正三角形の面を有する三角柱状、またはその他の多角柱状の場合もある。

【0098】

なお、堆積した配向性の高い結晶性金属酸化物膜に対し、酸素欠損を低減するために酸化性雰囲気での加熱処理を行うことが好ましい。

【0099】

また、実施の形態2で説明したCAACターゲットを用いて金属酸化物膜を形成する場合もほぼ同様の過程を経る。CAACターゲットは、表面に垂直な方向から見てc軸配向した複数の結晶領域を多数有しているため、該結晶領域から、結晶性を有するスパッタリング粒子1002が生成される。その他の過程については、多結晶ターゲットを用いて金属酸化物膜を形成する方法を参酌することができる。

【0100】

本実施の形態で示したようにスパッタリング粒子を堆積させることで、結晶性を有する

10

20

30

40

50

金属酸化物を形成することができる。またこのように形成された結晶性を有する金属酸化物は、C A A C金属酸化物膜のように明確な結晶粒界が存在しない膜とすることが可能である。導電体や半導体の多結晶金属酸化物膜は、結晶粒界が存在するために、結晶粒界でキャリアの移動が阻害される、結晶粒界に不純物が析出する等の問題が生じる。しかしC A A C金属酸化物膜は明確な結晶粒界が存在しないため、これらの問題が生じず、トランジスタをはじめとする半導体装置に好適である。

【0101】

本実施の形態の金属酸化物膜の形成方法は、他の実施の形態と組み合わせて用いることができる。

【0102】

(実施の形態4)

本実施の形態では、実施の形態1乃至実施の形態3に記載の結晶性を有する金属酸化物を、トランジスタの半導体膜に適用して作製された半導体装置について説明する。結晶性の高い酸化物半導体膜を用いたトランジスタは、可視光や紫外光の照射による電気特性の変動が小さく、信頼性が高いため、様々な半導体装置に好適に用いることができる。

【0103】

まず、結晶性の高い酸化物半導体膜を用いたトランジスタを有する、アクティブマトリックス型の発光装置について図9を用いて説明する。

【0104】

図9(A)及び(B)は、着色層等を設けることによってフルカラー化した発光装置の例である。図9(A)には結晶性の高い酸化物半導体膜を用いたトランジスタ2006、2007、2008、基板2001、下地絶縁膜2002、絶縁膜2003、第1の層間絶縁膜2020、第2の層間絶縁膜2021、周辺部2042、画素部2040、駆動回路部2041、発光素子の第1の電極2024W、第1の電極2024R、第1の電極2024G、第1の電極2024B、隔壁2025、EL層2028、発光素子の第2の電極2029、封止基板2031、シール材2032a、シール材2032bなどが図示されている。シール材2032bには乾燥剤を混ぜることもできる。また、着色層(赤色の着色層2034R、緑色の着色層2034G、青色の着色層2034B)は透明な基材2033に設ける。また、黒色層(ブラックマトリックス)2035をさらに設けても良い。着色層及び黒色層が設けられた透明な基材2033は、位置合わせし、基板2001に固定する。なお、着色層、及び黒色層は、オーバーコート層2036で覆われている。また、本実施の形態においては、光が着色層を透過せずに外部へ出る発光層と、各色の着色層を透過して外部に光が出る発光層とがあり、着色層を透過しない光は白、着色層を透過する光は赤、青、緑となることから、4色の画素で映像を表現することができる。

【0105】

また、以上に説明した発光装置では、TFTが形成されている基板2001側に光を取り出す構造(ボトムエミッション型)の発光装置としたが、封止基板2031側に発光を取り出す構造(トップエミッション型)の発光装置としても良い。トップエミッション型の発光装置の断面図を図10に示す。この場合、基板2001は光を通さない基板を用いることができる。TFTと発光素子の陽極とを接続する接続電極を作製するまでは、ボトムエミッション型の発光装置と同様に形成する。その後、第3の層間絶縁膜2037を、電極2022を覆って形成する。この絶縁膜は平坦化の役割を担っていても良い。第3の層間絶縁膜2037は第2の層間絶縁膜2021と同様の材料の他、他の公知の材料を用いて形成することができる。またシール材2032bを、発光素子と封止基板2031との間に充填する構成とすることで、光取り出し効率を向上させることができる。

【0106】

発光素子の第1の電極2024W、2024R、2024G、2024Bはここでは陽極とするが、陰極であっても構わない。また、図10のようなトップエミッション型の発光装置である場合、第1の電極を反射電極とすることが好ましい。EL層2028の構成は、白色の発光が得られるような素子構造とする。白色の発光が得られる構成としては、

10

20

30

40

50

E L層を2層用いた場合には一方のE L層における発光層から青色の光が、もう一方のE L層における発光層から橙色の光が得られるような構成や、一方のE L層における発光層から青色の光が、もう一方のE L層における発光層からは赤色と緑色の光が得られるような構成などが考えられる。また、E L層を3層用いた場合には、それぞれの発光層から、赤色、緑色、青色の発光が得られるようにすることで白色発光を呈する発光素子を得ることができる。

【0107】

着色層は、発光素子からの光が発光素子の外部へと出る光路上に設ける。図9(A)のようなボトムエミッション型の発光装置の場合、透明な基材2033に着色層2034R、2034G、2034Bを設けて基板2001に固定することによって設けることができる。また、図9(B)のように着色層を絶縁膜2003と第1の層間絶縁膜2020との間に設ける構成としても良い。図10のようなトップエミッションの構造であれば着色層(赤色の着色層2034R、緑色の着色層2034G、青色の着色層2034B)を設けた封止基板2031で封止を行うこともできる。封止基板2031には画素と画素との間に位置するように黒色層(ブラックマトリックス)2035を設けても良い。着色層(赤色の着色層2034R、緑色の着色層2034G、青色の着色層2034B)や黒色層(ブラックマトリックス)2035はオーバーコート層2036によって覆われていても良い。なお封止基板2031は透光性を有する基板を用いることとする。

10

【0108】

こうして得られた発光素子の一对の電極間に電圧を印加すると白色の発光領域2044Wが得られる。また、着色層と組み合わせることで、赤色の発光領域2044Rと、青色の発光領域2044Bと、緑色の発光領域2044Gとが得られる。本実施の形態の発光装置は実施の形態3に記載の結晶性の高い酸化物半導体膜を用いていることから、信頼性が高い発光装置の実現が可能である。

20

【0109】

また、ここでは赤、緑、青、白の4色でフルカラー表示を行う例を示したが特に限定されず、赤、緑、青の3色でフルカラー表示を行ってもよい。

【0110】

次に、実施の形態3に記載の結晶性の高い酸化物半導体膜を用いたトランジスタをその一部に含む電子機器の例について説明する。

30

【0111】

上記トランジスタを適用した電子機器として、例えば、テレビジョン装置(テレビ、またはテレビジョン受信機ともいう)、コンピュータ用などのモニタ、デジタルカメラ、デジタルビデオカメラ、デジタルフォトフレーム、携帯電話機(携帯電話、携帯電話装置ともいう)、携帯型ゲーム機、携帯情報端末、音響再生装置、パチンコ機などの大型ゲーム機などが挙げられる。これらの電子機器の具体例を以下に示す。

【0112】

図11(A)は、テレビジョン装置の一例を示している。テレビジョン装置は、筐体7101に表示部7103が組み込まれている。また、ここでは、取り付け具7105により筐体7101を壁面に支持できる構成を示している。表示部7103により、映像を表示することが可能であり、表示部7103は、実施の形態3に記載の結晶性の高い酸化物半導体膜を用いたトランジスタを有する。そのため信頼性の高いテレビジョン装置とすることができる。

40

【0113】

テレビジョン装置の操作は、筐体7101が備える操作スイッチや、別体のリモコン操作機7110により行うことができる。リモコン操作機7110が備える操作キー7109により、チャンネルや音量の操作を行うことができ、表示部7103に表示される映像を操作することができる。また、リモコン操作機7110に、当該リモコン操作機7110から出力する情報を表示する表示部7107を設ける構成としてもよい。

【0114】

50

図11(B)はコンピュータであり、本体7201、筐体7202、表示部7203、キーボード7204、外部接続ポート7205、ポインティングデバイス7206等を含む。なお、このコンピュータは、実施の形態3に記載の結晶性の高い酸化物半導体膜を用いたトランジスタを有する。図11(B)のコンピュータは、図11(C)のような形態であっても良い。図11(C)のコンピュータは、キーボード7204、ポインティングデバイス7206の代わりに第2の表示部7210が設けられている。第2の表示部7210はタッチパネル式となっており、第2の表示部7210に表示された入力用の表示を指や専用のペンで操作することによって入力を行うことができる。また、第2の表示部7210は入力用表示だけでなく、その他の画像を表示することも可能である。また表示部7203もタッチパネルであっても良い。二つの画面がヒンジで接続されていることによ

10

【0115】

図11(D)は携帯型遊技機であり、筐体7301と筐体7302の2つの筐体で構成されており、連結部7303により、開閉可能に連結されている。筐体7301には表示部7304が組み込まれ、筐体7302には表示部7305が組み込まれ、表示部7304及び表示部7305には、実施の形態3に記載の結晶性の高い酸化物半導体膜を用いたトランジスタが組み込まれている。また、図11(D)に示す携帯型遊技機は、その他、スピーカ部7306、記録媒体挿入部7307、LEDランプ7308、入力手段(操作キー7309、接続端子7310、センサ7311(力、変位、位置、速度、加速度、角速度、回転数、距離、光、液、磁気、温度、化学物質、音声、時間、硬度、電場、電流、電圧、電力、放射線、流量、湿度、傾度、振動、に

20

30

【0116】

図11(E)は、携帯電話機の一例を示している。携帯電話機は、筐体7401に組み込まれた表示部7402の他、操作ボタン7403、外部接続ポート7404、スピーカ7405、マイク7406などを備えている。なお、図11(E)に示す携帯電話機は、実施の形態3に記載の結晶性の高い酸化物半導体膜を用いたトランジスタを有している。そのため、信頼性の高い携帯電話機とすることが可能である。

【0117】

図11(E)に示す携帯電話機は、表示部7402を指などで触れることで、情報を入力することができる構成とすることもできる。この場合、電話を掛ける、或いはメールを作成するなどの操作は、表示部7402を指などで触れることにより行うことができる。

40

【0118】

表示部7402の画面は主として3つのモードがある。第1は、画像の表示を主とする表示モードであり、第2は、文字等の情報の入力を主とする入力モードである。第3は表示モードと入力モードの2つのモードが混合した表示+入力モードである。

【0119】

例えば、電話を掛ける、或いはメールを作成する場合は、表示部7402を文字の入力を主とする文字入力モードとし、画面に表示させた文字の入力操作を行えばよい。この場合、表示部7402の画面のほとんどにキーボードまたは番号ボタンを表示させることが好ましい。

50

【 0 1 2 0 】

また、携帯電話機内部に、ジャイロ、加速度センサ等の傾きを検出するセンサを有する検出装置を設けることで、携帯電話機の向き（縦か横か）を判断して、表示部 7 4 0 2 の画面表示を自動的に切り替えるようにすることができる。

【 0 1 2 1 】

また、画面モードの切り替えは、表示部 7 4 0 2 を触れること、又は筐体 7 4 0 1 の操作ボタン 7 4 0 3 の操作により行われる。また、表示部 7 4 0 2 に表示される画像の種類によって切り替えるようにすることもできる。例えば、表示部に表示する画像信号が動画のデータであれば表示モード、テキストデータであれば入力モードに切り替える。

【 0 1 2 2 】

また、入力モードにおいて、表示部 7 4 0 2 の光センサで検出される信号を検知し、表示部 7 4 0 2 のタッチ操作による入力が一期間ない場合には、画面のモードを入力モードから表示モードに切り替えるように制御してもよい。

【 0 1 2 3 】

表示部 7 4 0 2 は、イメージセンサとして機能させることもできる。例えば、表示部 7 4 0 2 に掌や指で触れ、掌紋、指紋等を撮像することで、本人認証を行うことができる。また、表示部に近赤外光を発光するバックライトまたは近赤外光を発光するセンシング用光源を用いれば、指静脈、掌静脈などを撮像することもできる。

【 0 1 2 4 】

なお、本実施の形態に示す構成は、実施の形態 1 乃至実施の形態 3 に示した構成を適宜組み合わせて用いることができる。

【実施例】

【 0 1 2 5 】

本実施例では、c 軸配向した複数の結晶領域を含む金属酸化物を実際に作製し、その結晶性について評価した結果について説明する。

【 0 1 2 6 】

本実施例では、c 軸配向した複数の結晶領域を含む金属酸化物として、インジウム、ガリウムおよび亜鉛を有し、これらの組成が、インジウム：ガリウム：亜鉛 = 1 : 1 : 1（原子数比）である金属酸化物を用いた。該金属酸化物を、表面、つまり c 軸に垂直な方向から観察できるよう薄片化し、透過型電子顕微鏡（TEM）像および極微電子線回折パターンを得た。

【 0 1 2 7 】

図 1 2 に TEM 像を、図 1 3 に電子線回折パターンを示す。図 1 2 中に白線の円 A、B、C で示した領域の電子線回折パターンが、図 1 3（A 1）、（B）、（C 1）である。図 1 3（A 2）に、図 1 3（A 1）の対称軸と、電子線回折パターンの中心から 1 2 時の方向を 0° とし、右回りをプラスの角度としたときの対称軸の角度を示す。同様に図 1 3（C 2）に、図 1 3（C 1）の対称軸と角度を示す。

【 0 1 2 8 】

図 1 2 に示すように、該金属酸化物が含む複数の結晶領域の間には、結晶粒界が観察されない。たとえば図 1 2 の白線の円 A を第 1 の結晶領域、円 C を第 2 の結晶領域とすると、第 1 の結晶領域と第 2 の結晶領域の間の領域（たとえば円 B）に結晶粒界は観察されない。

【 0 1 2 9 】

また図 1 3 の電子線回折パターンから、第 1 の結晶領域と第 2 の結晶領域の間で、連続的に a 軸および b 軸の配向が変化していることが説明できる。

【 0 1 3 0 】

図 1 3（A 1）の第 1 の結晶領域、および図 1 3（C 1）の第 2 の結晶領域の電子線回折パターンでは、3 つの対称軸を持つ点状の輝点が観察された。これは、第 1 の結晶領域および第 2 の結晶領域が、それぞれ c 軸配向した結晶領域であることを示している。なお、インジウム、ガリウムおよび亜鉛を含む金属酸化物は、六方晶となることが知られてい

10

20

30

40

50

る。

【 0 1 3 1 】

また、図 1 3 (A 2) に示すように、第 1 の結晶領域の対称軸の一つは 10.2° であった。また図 1 3 (C 2) に示すように、第 2 の結晶領域の対称軸の一つは -17.5° 、他の一つは 42.5° であった。このように、第 1 の結晶領域および第 2 の結晶領域において、輝点の対称軸の角度（輝点の現れる位置といってもよい）が異なることから、第 1 の結晶領域と第 2 の結晶領域の a 軸及び b 軸の方向が面内で異なることが明らかとなった。

【 0 1 3 2 】

図 1 3 (B) の第 1 の結晶領域と第 2 の結晶領域の間の領域の電子線回折パターンでは、第 1 の結晶領域の輝点が生じた 10.2° と、第 2 の結晶領域の輝点が生じた -17.5° の間を繋ぐように帯状の輝点が観察された。また、第 1 の結晶領域の輝点が生じた 10.2° と、第 2 の結晶領域の輝点が生じた 42.5° の間を繋ぐように帯状の輝点が観察された。

10

【 0 1 3 3 】

結晶粒界を有する多結晶金属酸化物では、結晶粒界をまたぐように電子線回折パターンを取得すると、それぞれの結晶が有する点状の輝点が同時に観察されることが知られている。しかし、図 1 3 (B) のように帯状の輝点となることはない。

【 0 1 3 4 】

また、非晶質金属酸化物では電子線回折パターンを取得すると、同心円状に輝度の高い領域が現れることが知られている。これも、図 1 3 (B) のような帯状の輝点とは異なるものである。

20

【 0 1 3 5 】

このように TEM 像および電子線回折パターンからは、c 軸配向した複数の結晶領域を含む金属酸化物には結晶粒界が観察されず、c 軸配向した複数の結晶領域を含む金属酸化物は、多結晶金属酸化物とも、非晶質金属酸化物とも異なることが明らかとなった。

【 符号の説明 】

【 0 1 3 6 】

1 0 0	ターゲット	
2 0 2 a	ターゲット	
2 0 2 b	ターゲット	
2 0 3 a	マグネット	
2 0 3 b	マグネット	
2 0 5	ターゲット	
1 0 0 0	ターゲット	
1 0 0 1	イオン	
1 0 0 2	スパッタリング粒子	
1 0 0 3	被成膜面	
1 0 0 4	金属酸化物膜	
1 0 0 5	劈開面	
1 0 0 6	部分	
1 0 0 7	非晶質膜	
1 0 1 0	結晶粒	
1 0 1 2	粒子	
2 0 0 1	基板	
2 0 0 2	下地絶縁膜	
2 0 0 3	絶縁膜	
2 0 0 6	トランジスタ	
2 0 0 7	トランジスタ	
2 0 0 8	トランジスタ	

30

40

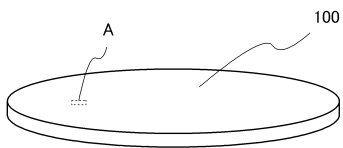
50

2 0 2 0	層間絶縁膜	
2 0 2 1	層間絶縁膜	
2 0 2 2	電極	
2 0 2 4 B	電極	
2 0 2 4 G	電極	
2 0 2 4 R	電極	
2 0 2 4 W	電極	
2 0 2 5	隔壁	
2 0 2 8	E L 層	
2 0 2 9	電極	10
2 0 3 1	封止基板	
2 0 3 2 a	シール材	
2 0 3 2 b	シール材	
2 0 3 3	基材	
2 0 3 4 B	着色層	
2 0 3 4 G	着色層	
2 0 3 4 R	着色層	
2 0 3 6	オーバーコート層	
2 0 3 7	層間絶縁膜	
2 0 4 0	画素部	20
2 0 4 1	駆動回路部	
2 0 4 2	周辺部	
2 0 4 4 B	発光領域	
2 0 4 4 G	発光領域	
2 0 4 4 R	発光領域	
2 0 4 4 W	発光領域	
7 1 0 1	筐体	
7 1 0 3	表示部	
7 1 0 5	取り付け具	
7 1 0 7	表示部	30
7 1 0 9	操作キー	
7 1 1 0	リモコン操作機	
7 2 0 1	本体	
7 2 0 2	筐体	
7 2 0 3	表示部	
7 2 0 4	キーボード	
7 2 0 5	外部接続ポート	
7 2 0 6	ポインティングデバイス	
7 2 1 0	表示部	
7 3 0 1	筐体	40
7 3 0 2	筐体	
7 3 0 3	連結部	
7 3 0 4	表示部	
7 3 0 5	表示部	
7 3 0 6	スピーカ部	
7 3 0 7	記録媒体挿入部	
7 3 0 8	L E D ランプ	
7 3 0 9	操作キー	
7 3 1 0	接続端子	
7 3 1 1	センサ	50

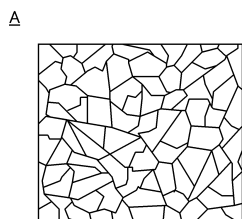
- 7 3 1 2 マイクロフォン
- 7 4 0 1 筐体
- 7 4 0 2 表示部
- 7 4 0 3 操作ボタン
- 7 4 0 4 外部接続ポート
- 7 4 0 5 スピーカ
- 7 4 0 6 マイク

【図1】

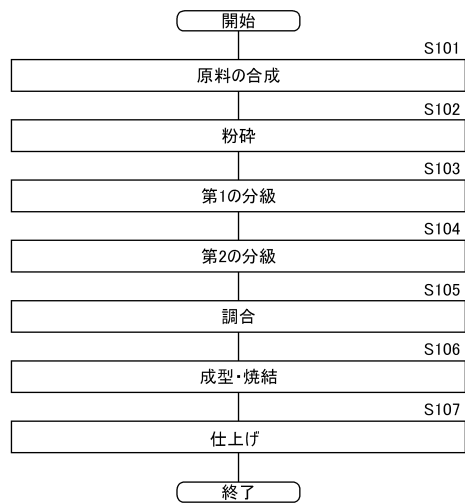
(A)



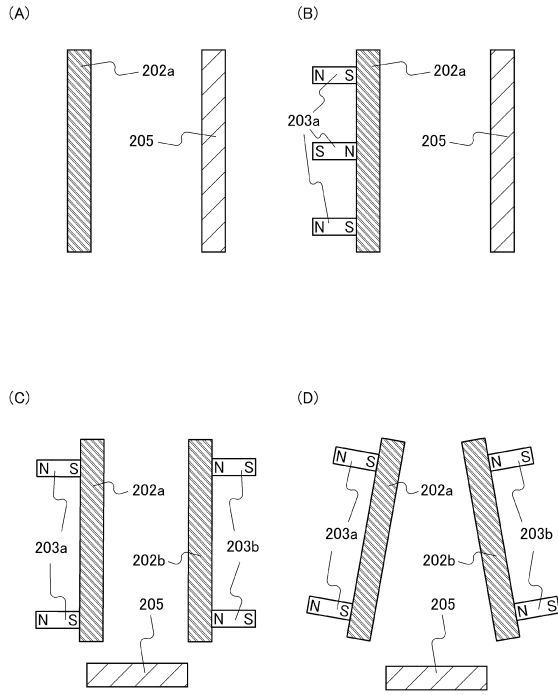
(B)



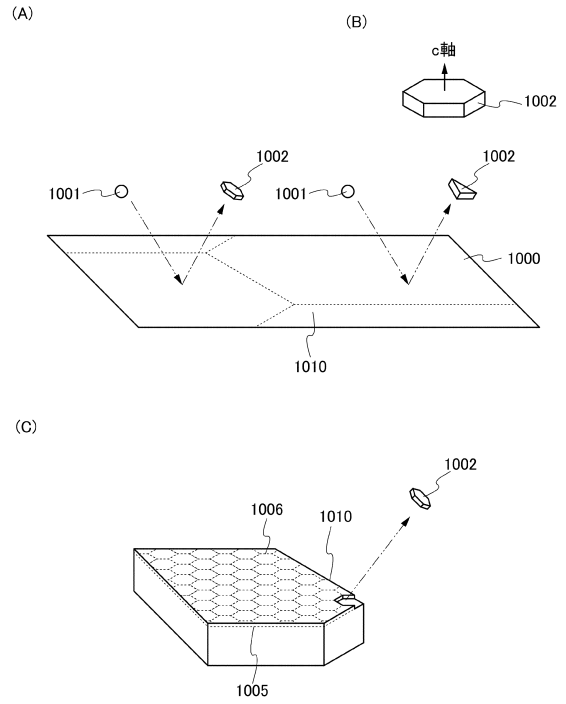
【図2】



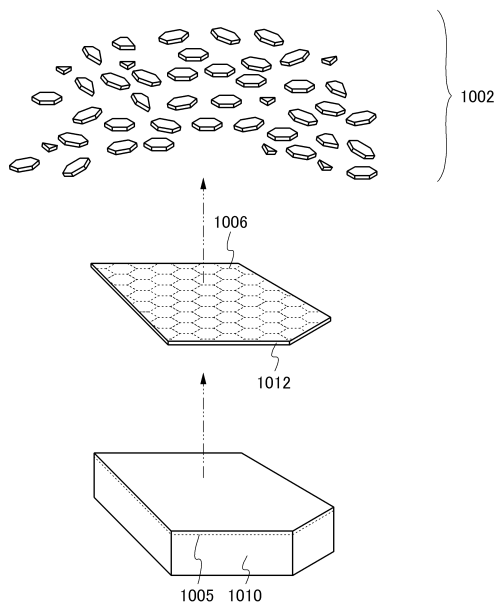
【図3】



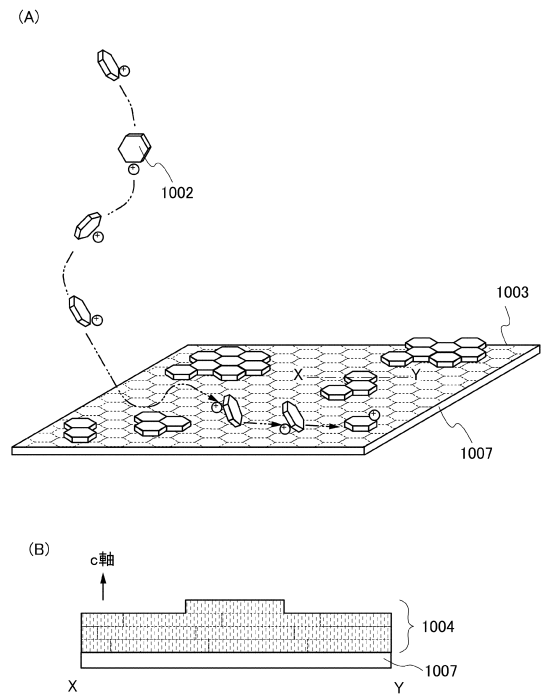
【図4】



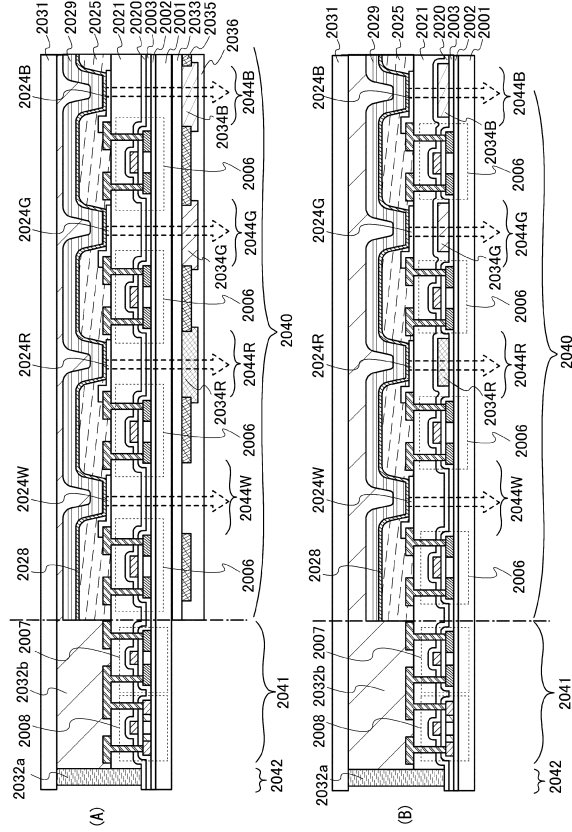
【図5】



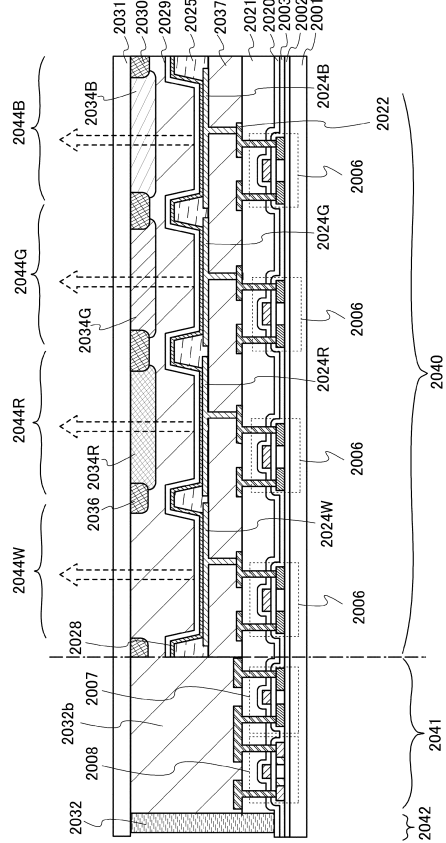
【図6】



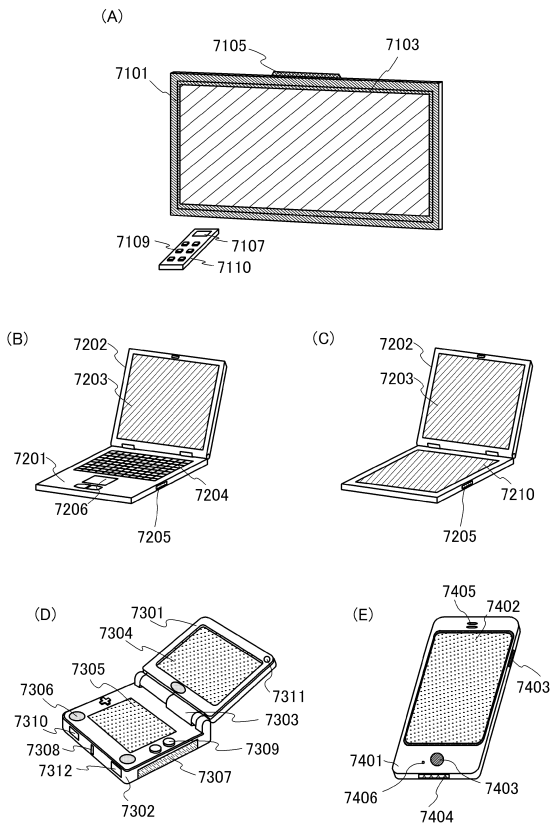
【 図 9 】



【 図 10 】

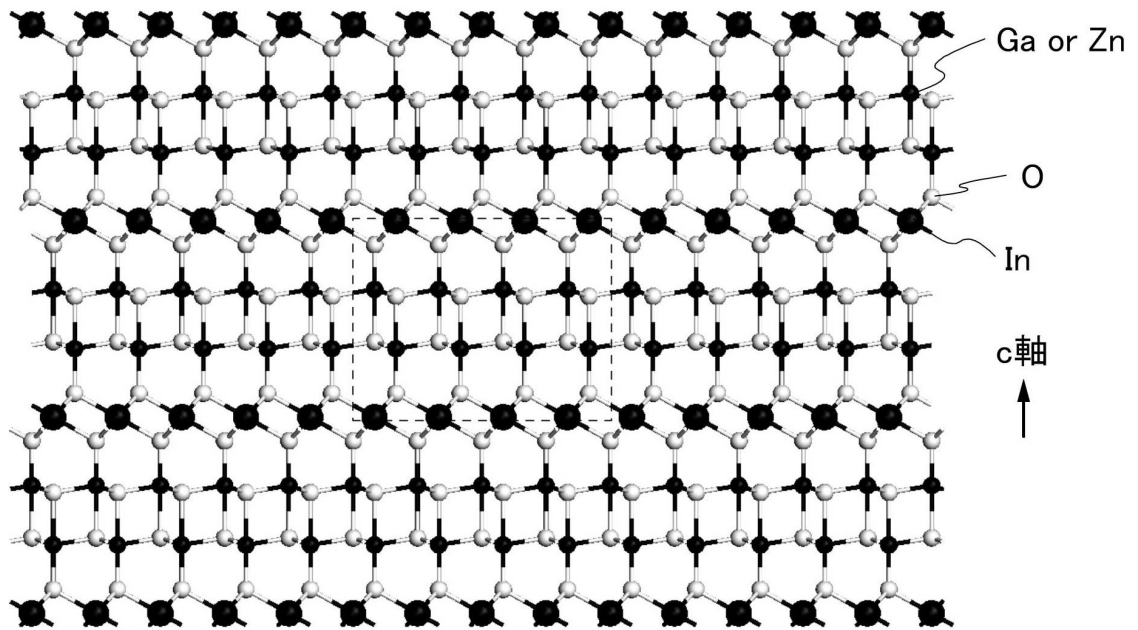


【 図 11 】

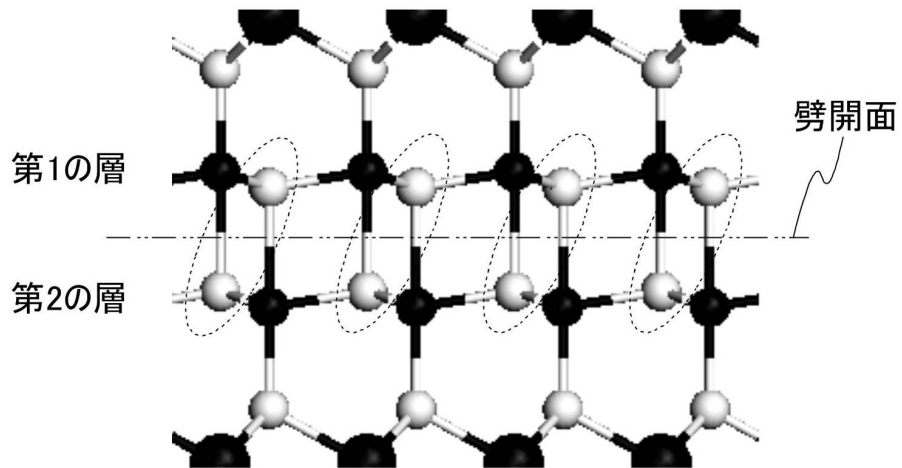


【図7】

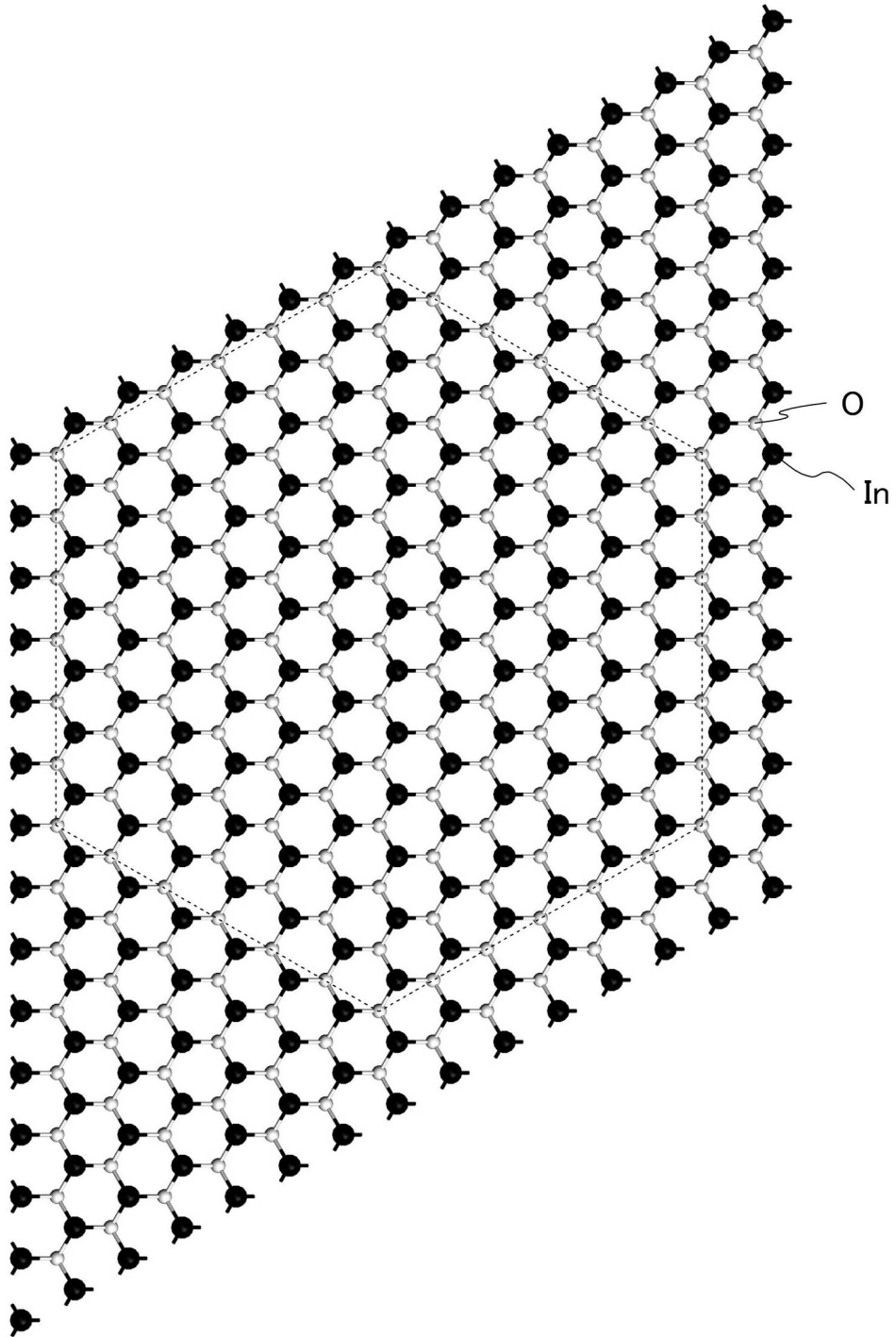
(A)



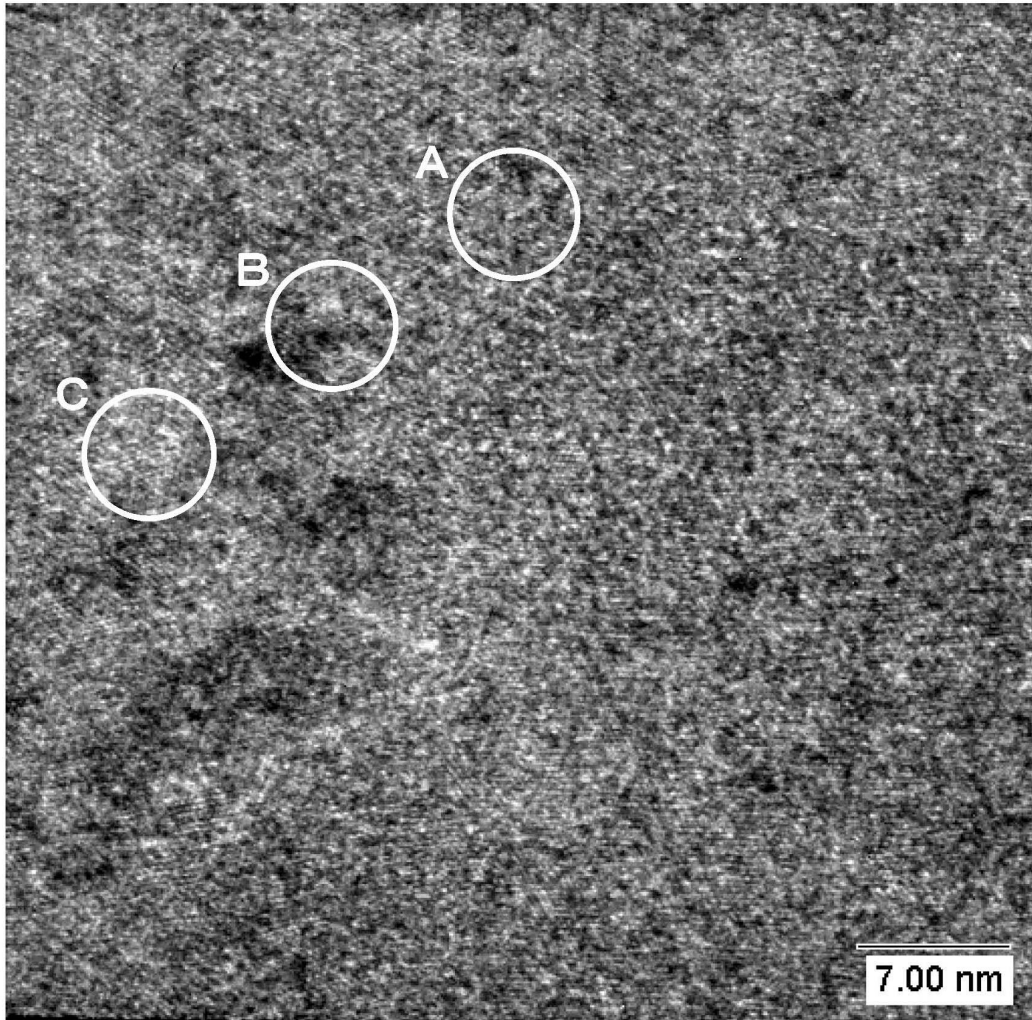
(B)



【 図 8 】

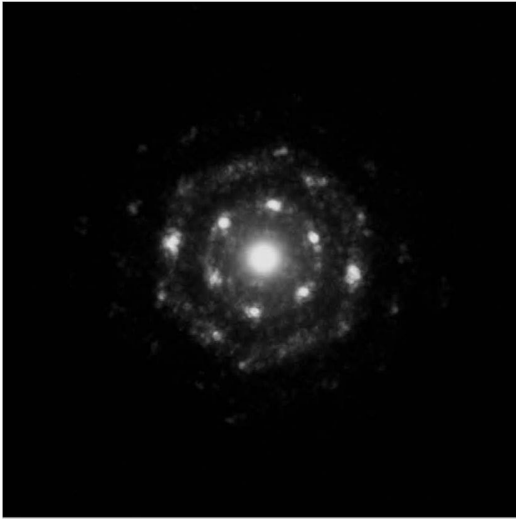


【 図 1 2 】

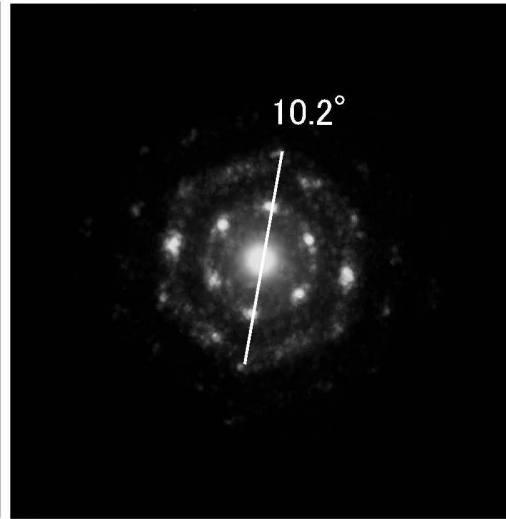


【 図 1 3 】

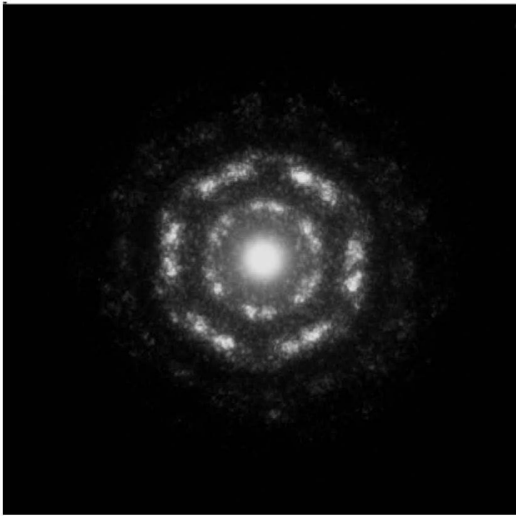
(A1)



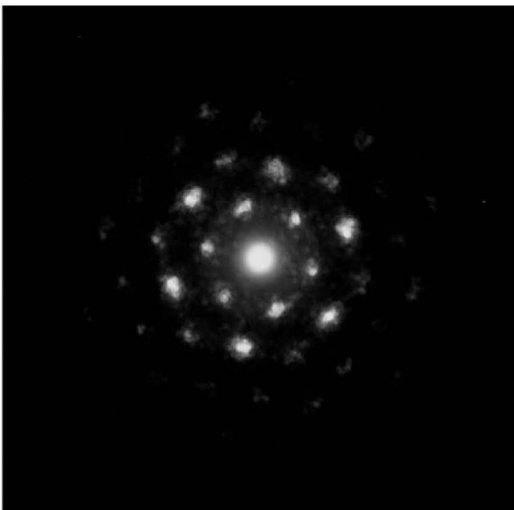
(A2)



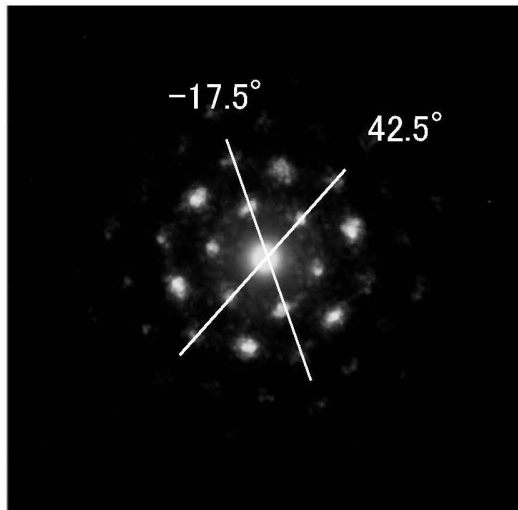
(B)



(C1)



(C2)



フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C 2 3 C 1 4 / 0 0 - 1 4 / 5 8

C 0 4 B 3 5 / 0 0 - 3 5 / 2 2