

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2012-114204

(P2012-114204A)

(43) 公開日 平成24年6月14日(2012.6.14)

(51) Int.Cl.

H01L 33/32 (2010.01)
H01L 33/22 (2010.01)
H01L 21/205 (2006.01)

F 1

H01L 33/00 186
H01L 33/00 172
H01L 21/205

テーマコード(参考)

5FO41
5FO45
5F141

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号

特願2010-261166 (P2010-261166)

(22) 出願日

平成22年11月24日 (2010.11.24)

(71) 出願人

000241463
豊田合成株式会社
愛知県清須市春日長畑1番地

(74) 代理人

100087723

弁理士 藤谷 修

(72) 発明者

奥野 浩司
愛知県清須市春日長畑1番地 豊田合成株式会社内

(72) 発明者

宮崎 敦嗣
愛知県清須市春日長畑1番地 豊田合成株式会社内F ターム(参考) 5F041 AA03 CA04 CA05 CA40 CA65
CA74

最終頁に続く

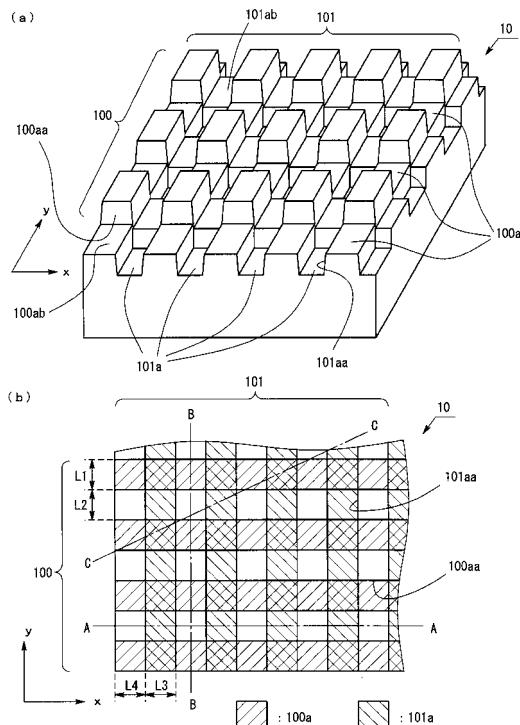
(54) 【発明の名称】 III族窒化物半導体発光素子およびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 III族窒化物半導体発光素子の光取り出し効率を向上させること。

【解決手段】 実施例1のIII族窒化物半導体発光素子は、凹凸形状が形成されたサファイア基板10と、サファイア基板10の凹凸形状側表面上に、バッファ層を介して順に積層された、III族窒化物半導体からなるn型層、発光層、p型層と、を有している。凹凸形状は、サファイア基板10表面上にx軸方向をストライプ方向とする第1のストライプ形状100が形成され、その上にx軸方向と直交するy軸方向をストライプ方向とする第2のストライプ形状101が重ねて形成された形状である。このような凹凸形状とすることで、従来のIII族窒化物半導体発光素子よりも光取り出し効率を向上させることができる。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

サファイア基板上にIII族窒化物半導体からなる積層構造が形成されたIII族窒化物半導体発光素子において、

前記サファイア基板は、前記積層構造側の表面に凹凸形状を有し、

前記凹凸形状は、サファイア基板の正面に垂直な任意の方向での断面において1段以上の段差があり、サファイア基板の正面に垂直な特定の方向での断面において2段以上の段差を有する、

ことを特徴とするIII族窒化物半導体発光素子。

【請求項 2】

前記凹凸形状は、

前記サファイア基板の前記積層構造側の表面に、第1方向に平行にストライプ状に配列された複数の第1の溝によって形成された第1のストライプ形状と、

前記第1のストライプ形状の上に重ねて形成され、第1方向とは異なる第2方向に平行にストライプ状に配列された複数の第2の溝によって形成された第2のストライプ形状と、

を有する形状であることを特徴とする請求項1に記載のIII族窒化物半導体発光素子。

【請求項 3】

前記第1方向と、前記第2方向は直交する、ことを特徴とする請求項2に記載のIII族窒化物半導体発光素子。

【請求項 4】

前記凹凸形状は、

前記サファイア基板の前記積層構造側の表面に、所定方向に平行にストライプ状に配列された複数の溝によって形成されたストライプ形状と、

前記ストライプ形状の上に重ねて形成され、格子状に配列されたドット状の凸部ないし凹部によって形成されたドット形状と、

を有する形状であることを特徴とする請求項1に記載のIII族窒化物半導体発光素子。

【請求項 5】

前記凹凸形状は、

前記サファイア基板の前記積層構造側の表面に、格子状に配列されたドット状の凸部ないし凹部によって形成されたドット形状と、

前記ドット形状の上に重ねて形成され、所定方向に平行にストライプ状に配列された複数の溝によって形成されたストライプ形状と、

を有する形状であることを特徴とする請求項1に記載のIII族窒化物半導体発光素子。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、サファイア基板に凹凸加工を施すことにより光取り出し効率が向上されたIII族窒化物半導体発光素子に関する。

【背景技術】**【0002】**

近年、III族窒化物半導体発光素子は一般照明用途に利用され始めており、光取り出し効率の改善が強く求められている。光取り出し効率を向上させる方法の1つとして、サファイア基板に凹凸加工を施す方法が知られている（特許文献1）。凹凸を設けずに平坦とした場合、素子内部においてサファイア基板に水平な方向へ伝搬する光は、半導体層内に閉じ込められ、多重反射を繰り返すなどして減衰していたが、サファイア基板に凹凸を設けることでこの水平方向に伝搬する光を垂直な方向に反射・散乱させて外部に取り出すことができ、光取り出し効率を向上させることができる。凹凸の形状としては、ストライプ状やドット状などが用いられている。

【先行技術文献】

10

20

30

40

50

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2003-318441

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかし、サファイア基板にストライプ状の凹凸を設けた場合、ストライプ方向に伝搬する光に対しては、凹凸による段差がないために上方に光を反射・散乱させることができず、光取り出し効率は十分に向上していなかった。

【0005】

また、サファイア基板に周期的に配列されたドット状の凹凸を設けた場合であっても、凹凸をGaNで埋め込んで平坦化するにはドットの間隔を適度に空ける必要がある。その結果、ある特定の方向において段差がない領域が存在してしまい、やはり光取り出し効率は十分に向上していなかった。

10

【0006】

そこで本発明の目的は、より光取り出し効率が向上されたIII族窒化物半導体発光素子を実現することである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

第1の発明は、サファイア基板上にIII族窒化物半導体からなる積層構造が形成されたIII族窒化物半導体発光素子において、サファイア基板は、積層構造側の表面に凹凸形状を有し、凹凸形状は、サファイア基板の主面に垂直な任意の方向での断面において1段以上の段差があり、サファイア基板の主面に垂直な特定の方向での断面において2段以上の段差を有する、ことを特徴とするIII族窒化物半導体発光素子である。

20

【0008】

ここでIII族窒化物半導体とは、一般式 $A_{1-x}G_{y}I_{n_z}N$ ($x+y+z=1$ 、 $0 < x, y, z < 1$)で表される半導体であり、Al、Ga、Inの一部を他の第13族元素であるBやTlで置換したものの、Nの一部を他の第15族元素であるP、As、Sb、Biで置換したものも含むとする。より一般的には、Gaを少なくとも含むGaN、InGaN、AlGaN、AlGaNを示す。 n 型不純物としてはSi、 p 型不純物としてはMgが通常用いられる。

30

【0009】

サファイア基板に設ける凹凸形状は、上記のようにサファイア基板の主面に垂直な任意の方向での断面において1段以上の段差があり、サファイア基板の主面に垂直な特定の方向での断面において2段以上の段差を有する形状であれば、任意の凹凸形状でよい。たとえば、第1のストライプ形状の上に、その第1のストライプ形状のストライプ方向(第1方向)とは異なるストライプ方向(第2方向)である第2のストライプ形状を重ねて形成した凹凸形状である。第1のストライプ形状と第2のストライプ形状とでストライプ周期や、ストライプの凹凸深さ、凹部側面ないし凸部側面のサファイア基板主面に対する角度、ストライプ方向に垂直な面での凹部ないし凸部の断面形状、などが異なっていてもよい。

40

【0010】

光取り出し効率向上のためには、第1方向と、第2方向との成す角度は、 $30 \sim 150^\circ$ とすることが望ましく、 90° とすることがさらに望ましい。また、同じく光取り出し効率向上のために、ストライプ形状の凹部側面ないし凸部側面のサファイア基板に対する角度は、 $40 \sim 80^\circ$ とすることが望ましい。

【0011】

他にも、以下のような凹凸形状であってもよい。他の凹凸形状の1つは、ストライプ形状の上に、複数のドット状の凹部ないし凸部が格子状に配列されたドット形状を重ねて形成した形状である。ドット状の凹部ないし凸部の形状は、たとえば、角錐台、円錐台、角

50

柱、円柱、角錐、円錐、半球状、などの形状である。ドット状の凹部ないし凸部の配列は、たとえば四角格子状や三角格子状などの格子状の配列である。他の凹凸形状の1つは、複数のドット状の凹部ないし凸部が格子状に配列されたドット形状の上に、ストライプ形状を重ねて形成した形状である。ドット状の凹部ないし凸部の側面がサファイア基板主面に対して成す角度は、40～80°とすることが望ましい。光取り出し効率をより向上させることができる。

【0012】

第2の発明は、第1の発明において、凹凸形状は、サファイア基板の積層構造側の表面に、第1方向に平行にストライプ状に配列された複数の第1の溝によって形成された第1のストライプ形状と、第1のストライプ形状の上に重ねて形成され、第1方向とは異なる第2方向に平行にストライプ状に配列された複数の第2の溝によって形成された第2のストライプ形状と、を有する形状であることを特徴とするIII族窒化物半導体発光素子である。10

【0013】

第3の発明は、第2の発明において、第1方向と第2方向は直交することを特徴とするIII族窒化物半導体発光素子である。

【0014】

第4の発明は、第1の発明において、凹凸形状は、サファイア基板の積層構造側の表面に、所定方向に平行にストライプ状に配列された複数の溝によって形成されたストライプ形状と、ストライプ形状の上に重ねて形成され、格子状に配列されたドット状の凸部ないし凹部によって形成されたドット形状と、を有する形状であることを特徴とするIII族窒化物半導体発光素子である。20

【0015】

第5の発明は、第1の発明において、凹凸形状は、サファイア基板の積層構造側の表面に、格子状に配列されたドット状の凸部ないし凹部によって形成されたドット形状と、ドット形状の上に重ねて形成され、所定方向に平行にストライプ状に配列された複数の溝によって形成されたストライプ形状と、を有する形状であることを特徴とするIII族窒化物半導体発光素子である。

【発明の効果】

【0016】

本発明によれば、サファイア基板の凹凸形状が、素子面内のどの方向に伝搬する光に対しても、光を反射させる効果を發揮するため、光取り出し効率のさらなる向上を図ることができる。30

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】実施例1のIII族窒化物半導体発光素子の構成について示した図。

【図2】サファイア基板10表面の凹凸形状を示した図。

【図3】サファイア基板10表面への凹凸形状の形成工程を示した図。

【図4】実施例1のIII族窒化物半導体発光素子の製造工程を示した図。

【図5】他の凹凸形状を上面から見た図。

【発明を実施するための形態】

【0018】

以下、本発明の具体的な実施例について図を参照に説明するが、本発明は実施例に限定されるものではない。

【実施例1】

【0019】

図1は、実施例1のIII族窒化物半導体発光素子の構成について示した図である。実施例1のIII族窒化物半導体発光素子は、凹凸形状が形成されたサファイア基板10と、サファイア基板10の凹凸形状側表面上に、バッファ層（図示しない）を介して順に積層された、III族窒化物半導体からなるn型層11、発光層12、p型層13と、を有してい4050

る。これらn型層11、発光層12、p型層13は、本発明における積層構造に相当する。発光層12、p型層13は一部領域がエッチングされて除去され、n型層11表面が露出している。その露出したn型層11表面上に、n電極14が形成されている。p型層13表面のほぼ全面には、ITOからなる透明電極15が形成され、透明電極15上にはp電極16が形成されている。この実施例1のIII族窒化物半導体発光素子は、フェイスアップ型の素子である。

【0020】

n型層11、発光層12、p型層13は、従来より知られる任意の構造でよい。たとえばn型層11は、サファイア基板10側から順に、GaNからなる高濃度にSiがドープされたn型コンタクト層、GaNからなるnクラッド層が順に積層された構造である。また、たとえば発光層12は、GaNからなる障壁層とInGaNからなる井戸層が繰り返し積層されたMQW構造である。また、たとえばp型層13は、発光層12側から順に、AlGaNからなるMgがドープされたpクラッド層、GaNからなるMgがドープされたpコンタクト層が積層された構造である。

10

【0021】

図2(a)は、サファイア基板10表面に施された凹凸形状を示した斜視図であり、図2(b)は上面から見た図である。図2のように、凹凸形状は、サファイア基板10表面上に第1のストライプ形状100が形成され、その上に第2のストライプ形状101が重ねて形成された形状である。

20

【0022】

第1のストライプ形状100は、所定の方向(図2中のx軸方向、本発明の第1方向に相当)に平行に複数の第1の溝100aが等間隔で配列されている。第1の溝100aの幅L1は0.1~20μm、第1の溝100aの間隔L2は0.1~20μmとすることが望ましい。光取り出し効率をより向上させることができるためである。幅L1を0.1~5μm、間隔L2を0.1~5μmとするとさらに望ましい。第1の溝100aの側面100aaのサファイア基板10主面に対する角度1は、40~80°とすることが望ましい。同じく光取り出し効率をより向上させることができるためである。より望ましくは50~70°である。溝100aの深さD1は、0.1~3μmとすることが望ましい。同じく光取り出し効率をより向上させることができるためである。より望ましくは0.5~2μmである。

30

【0023】

第2のストライプ形状101は、x方向に直交する方向(図2中のy軸方向、本発明の第2方向に相当)に平行に複数の第2の溝101aが等間隔で配列されている。第2の溝101aの底面は第1のストライプ形状100に沿って凹凸形状を成している。第2の溝101aの幅L3は0.1~20μm、第2の溝101aの間隔L4は0.1~20μmとすることが望ましい。光取り出し効率をより向上させることができるためである。幅L3を0.1~5μm、間隔L4を0.1~5μmとするとさらに望ましい。第2の溝101aの側面101aaのサファイア基板10主面に対する角度2は、40~80°とすることが望ましい。同じく光取り出し効率をより向上させることができるためである。より望ましくは50~70°である。第2の溝101aの深さD2は、0.1~3μmとすることが望ましい。同じく光取り出し効率をより向上させることができるためである。より望ましくは0.5~2μmである。第1の溝100aの深さD1と、第2の溝101aの深さD2は、異なる深さであってもよいし、等しくてもよい。また、第1の溝100aの幅L1と第2の溝101aの幅L3、第1の溝100aの間隔L2と第2の溝101aの間隔L4も、それぞれ異なっていてもよいし、等しくてもよい。また、角度1と2についても異なっていてもよいし等しくてもよい。

40

【0024】

第1のストライプ形状100のストライプ方向(x軸方向)と第2のストライプ形状101のストライプ方向(y軸方向)とを直交させているが、必ずしも直交させる必要はなく、第1のストライプ形状100のストライプ方向が、第2のストライプ形状101のス

50

トライプ方向に対して 30 ~ 150° であれば光取り出し効率を向上させることができる。最も望ましいのは本実施例のように直交させることである。

【0025】

この凹凸形状では、サファイア基板 10 の正面に垂直な任意の方向での断面において、1段以上の段差がある。また、特定の方向での断面においては2段以上の段差がある。たとえば、x 軸方向に平行な A - A での断面においては、第1のストライプ形状 100 による段差はないが、第2のストライプ形状 101 による1段の段差がある。また、y 軸方向に平行な B - B での断面においては、第2のストライプ形状 101 による段差はないが、第1のストライプ形状 100 による1段の段差がある。また、図2中の C - C での断面においては、第1のストライプ形状 100 と第2のストライプ形状 101 の段差により3段の段差がある。

10

【0026】

このように凹凸形状を形成すると、サファイア基板 10 正面に素子内部において平行に伝搬する光は、どの方向においても第1のストライプ形状 100 あるいは第2のストライプ形状 101 による段差構造によって乱反射させることができ、光取り出し側 (n 電極 14、p 電極 16 側) へと光を取り出すことができる。その結果、実施例1のIII族窒化物半導体発光素子は、従来のIII族窒化物半導体発光素子に比べて光取り出し効率が向上している。

20

【0027】

次に、実施例1のIII族窒化物半導体発光素子の製造工程について、図3、4を用いて説明する。

【0028】

まず、サファイア基板 10 への凹凸加工について説明する。まず、図3(a)のように、サファイア基板 10 表面に、フォトリソグラフィとドライエッティングによって、x 軸方向に平行な第1の溝 100a が所定の間隔で周期的に配列された第1のストライプ形状 100 を形成する。

30

【0029】

次に、図3(b)のように、フォトリソグラフィによって、サファイア基板 10 表面の第1のストライプ形状 100 の上に、その第1のストライプ形状の凹凸に沿って、x 軸方向に直交する y 軸方向に平行な所定の間隔で周期的に配列されたストライプ形状のフォトマスク 103 を形成する。そして、フォトマスク 103 に覆われていないサファイア基板 10 表面をドライエッティングし、その後フォトマスク 103 を除去することで、図2に示す凹凸形状をサファイア基板 10 表面に形成する。

30

【0030】

なお、このように2段階に分けてサファイア基板 10 表面をドライエッティングすると、加工形状の角部が丸まってしまうことを防止でき、凹凸加工の精度を向上させることができる。

【0031】

次に、上記凹凸形状の加工によって生じたダメージの回復やサファイア基板 10 表面の不純物除去のために、サーマルクリーニングを行う。サーマルクリーニングは、たとえば水素雰囲気中 1000 ~ 1200 での熱処理である。

40

【0032】

次に、上記のようにして凹凸形状を形成したサファイア基板 10 上に、MOCVD 法によって、AlN からなるバッファ層(図示しない)を介して n 型層 11、発光層 12、p 型層 13 を順に形成する(図4(a))。MOCVD 法において用いる原料ガスは、窒素源として、アンモニア(NH_3)、Ga 源として、トリメチルガリウム($\text{Ga}(\text{CH}_3)_3$)、In 源として、トリメチルインジウム($\text{In}(\text{CH}_3)_3$)、Al 源として、トリメチルアルミニウム($\text{Al}(\text{CH}_3)_3$)、n 型ドーピングガスとして、シラン(SiH_4)、p 型ドーピングガスとしてシクロヘキサジエニルマグネシウム($\text{Mg}(\text{C}_5\text{H}_5)_2$)、キャリアガスとして H_2 または N_2 である。

50

【0033】

次に、ドライエッティングによってp型層13、発光層12の一部領域を除去してn型層11表面を露出させる(図4(b))。そして、p型層13表面のほぼ全面に透明電極15を形成し、露出させたn電極11表面上にn電極14、透明電極15上にp電極16を形成する。以上によって実施例1のIII族窒化物半導体発光素子が製造される。

【0034】

実施例1のIII族窒化物半導体発光素子において、第1のストライプ形状100を構成する第1の溝100aの幅L1、間隔L2、深さD1、側面100aaの角度1、および第2のストライプ形状101を構成する第1の溝101aの幅L3、間隔L4、深さD2、側面101aaの角度2を変えて、素子垂直上方向(軸上)の光出力を比較例1、2と比較した。比較例1、2は共に、サファイア基板表面の凹凸形状を、三角格子状に円柱台状の凸部を複数配列した形状とした場合であり、凸部の直径を3μm、間隔を2μmとし、比較例1は凸部側面のサファイア基板正面に対する角度を80°、凸部の高さを0.7μmとした場合、比較例2は、凸部側面のサファイア基板正面に対する角度を60°、凸部の高さを1.4μmとした場合である。比較例2の軸上の光出力は、比較例1の1.11倍であった。

10

【0035】

[実施例1-1]

第1の溝100aの幅L1、間隔L2は2μm、深さD1は0.7μm、側面100aaの角度1は80°とし、第2の溝101aの幅L3、間隔L4は1.5μm、深さD2は0.7μm、側面101aaの角度2は80°とした場合について、軸上の光出力を測定したところ、比較例1の1.19倍の光出力であった。

20

【0036】

[実施例1-2]

第1の溝100aの幅L1、間隔L2は1.5μm、深さD1は0.7μm、側面100aaの角度1は80°とし、第2の溝101aの幅L3、間隔L4は1.5μm、深さD2は0.7μm、側面101aaの角度2は80°とした場合について、軸上の光出力を測定したところ、比較例1の1.17倍の光出力であった。

30

【0037】

[実施例1-3]

第1の溝100aの幅L1、間隔L2は2μm、深さD1は1.4μm、側面100aaの角度1は60°とし、第2の溝101aの幅L3、間隔L4は1.5μm、深さD2は0.7μm、側面101aaの角度2は80°とした場合について、軸上の光出力を測定したところ、比較例1の1.29倍の光出力であった。

40

【0038】

[実施例1-4]

第1の溝100aの幅L1、間隔L2は1.5μm、深さD1は1.4μm、側面100aaの角度1は60°とし、第2の溝101aの幅L3、間隔L4は1.5μm、深さD2は0.7μm、側面101aaの角度2は80°とした場合について、軸上の光出力を測定したところ、比較例1の1.29倍の光出力であった。

40

【0039】

[実施例1-5]

第1の溝100aの幅L1、間隔L2は2μm、深さD1は0.7μm、側面100aaの角度1は80°とし、第2の溝101aの幅L3、間隔L4は1.5μm、深さD2は1.4μm、側面101aaの角度2は60°とした場合について、軸上の光出力を測定したところ、比較例1の1.34倍の光出力であった。

【0040】

[実施例1-6]

第1の溝100aの幅L1、間隔L2は1.5μm、深さD1は0.7μm、側面100aaの角度1は80°とし、第2の溝101aの幅L3、間隔L4は1.5μm、深

50

さ D₂ は 1 . 4 μm、側面 1 0 1 a a の角度 α₂ は 60° とした場合について、軸上の光出力を測定したところ、比較例 1 の 1 . 28 倍の光出力であった。

【0041】

以上のように、実施例 1 - 1 ~ 1 - 6 のいずれの場合も、軸上の光出力は比較例 1、2 を上回っていた。

【0042】

なお、サファイア基板 1 0 表面に施す凹凸形状は実施例 1 に示した形状に限るものではなく、サファイア基板 1 0 の正面に垂直な任意の方向での断面において 1 段以上の段差があり、サファイア基板の正面に垂直な特定の方向での断面において 2 段以上の段差を有する形状であれば、任意の凹凸形状でよい。たとえば図 5 に示す凹凸形状の平面視でのパターンとしてもよい。図 5 のパターンは、ストライプ形状 2 0 0 の上に、三角格子状にドット状の凸部ないし凹部が配列されたドット形状 2 0 1 が重ねて形成された凹凸形状、または、三角格子状にドット状の凸部ないし凹部が配列されたドット形状の上に、ストライプ形状を重ねて形成された凹凸形状である。サファイア基板 1 0 表面に凹凸形状をこのように形成した III 族窒化物半導体発光素子もまた、実施例 1 の場合と同様に、光取り出し効率を向上させることができる。10

【0043】

なお、実施例 1 の III 族窒化物半導体発光素子はフェイスアップ型の素子であるが、本発明はフリップチップ型の素子にも適用することができる。

【産業上の利用可能性】

【0044】

本発明の III 族窒化物半導体発光素子は、表示装置や照明装置などに利用することができる。

【符号の説明】

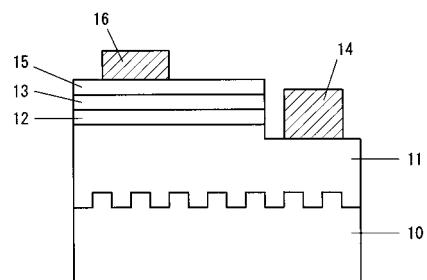
【0045】

- 1 0 : サファイア基板
- 1 1 : n 型層
- 1 2 : 発光層
- 1 3 : p 型層
- 1 4 : n 電極
- 1 5 : 透明電極
- 1 6 : p 電極
- 1 0 0 : 第 1 のストライプ形状
- 1 0 0 a : 第 1 の溝
- 1 0 1 : 第 2 のストライプ形状
- 1 0 1 a : 第 2 の溝

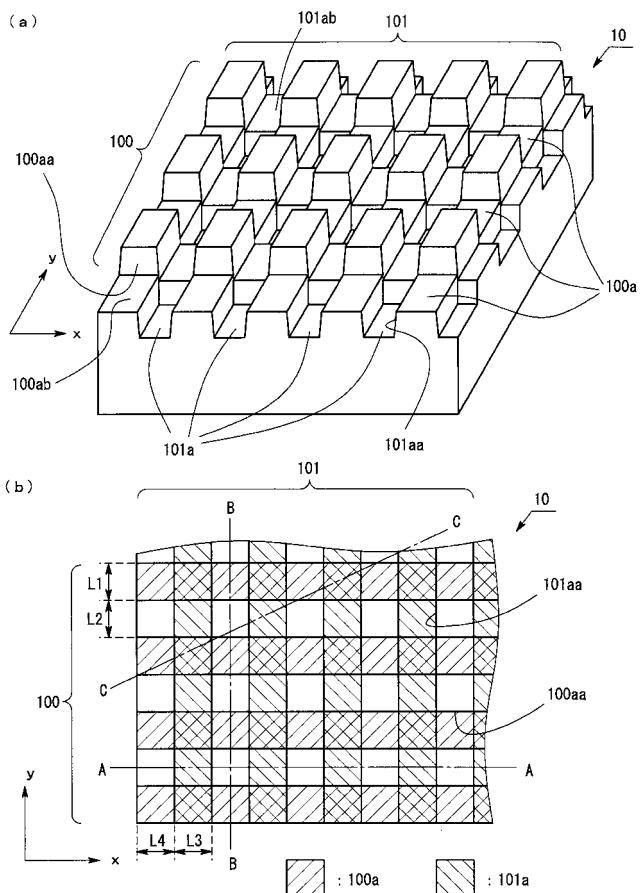
20

30

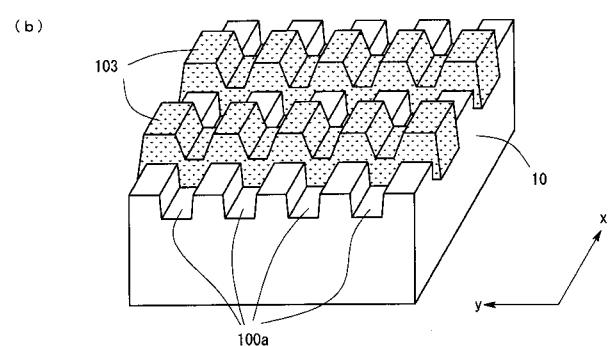
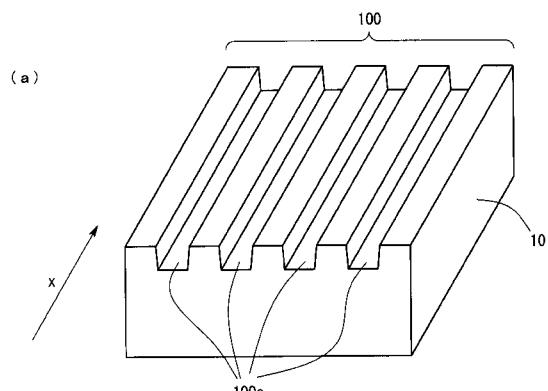
【図1】



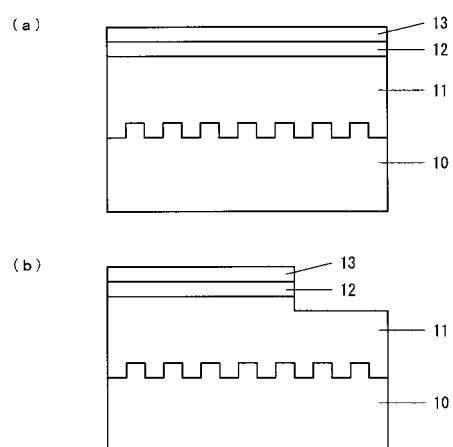
【図2】



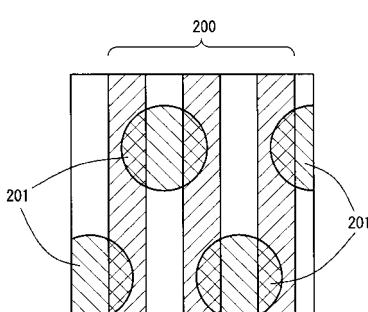
【図3】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

F ターム(参考) 5F045 AA04 AB14 AB17 AB18 AC01 AC08 AC12 AC15 AC18 AC19
AF09 AF12 BB16 CA09 DA53 DA55 EB15 HA03
5F141 AA03 CA04 CA05 CA40 CA65 CA74