

(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2007-173579
(P2007-173579A)

(43) 公開日 平成19年7月5日(2007.7.5)

(51) Int. Cl. F I テーマコード (参考)
H O 1 L 33/00 (2006.01) H O 1 L 33/00 C 5 F O 4 1

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2005-370060 (P2005-370060)	(71) 出願人	000005832 松下電工株式会社
(22) 出願日	平成17年12月22日 (2005.12.22)	(74) 代理人	100067828 弁理士 小谷 悦司
		(74) 代理人	100096150 弁理士 伊藤 孝夫
		(74) 代理人	100099955 弁理士 樋口 次郎
		(72) 発明者	榊井 幹生 大阪府門真市大字門真1048番地 松下電工株式会社内
		(72) 発明者	福島 博司 大阪府門真市大字門真1048番地 松下電工株式会社内

最終頁に続く

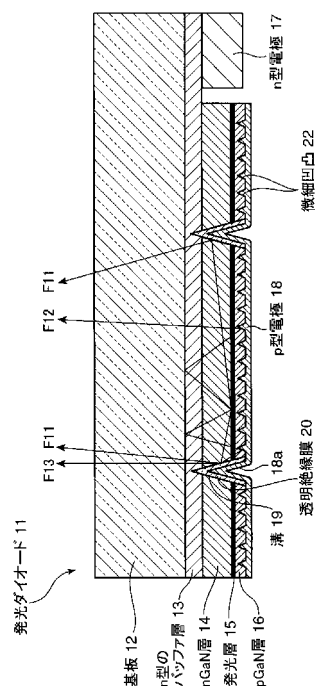
(54) 【発明の名称】 半導体発光素子およびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 少なくともnGa₂N層、発光層およびpGa₂N層を積層して成る半導体発光素子において、nGa₂N層まで彫り込んで反射鏡を作成し、光取出し効率を向上するにあたって、前記反射鏡の形成による発光層の面積の減少を抑える。

【解決手段】 前記反射鏡となる溝19とともに、該反射鏡の間に、発光層15を貫通することなく、光の角度変換作用を有する微小凹凸22を形成する。したがって、反射鏡をむやみに形成することなく、これによって発光層15の面積の減少を抑えつつ、反射鏡への光の入射量を増加させ、光取出し効率を向上することができる。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

少なくとも n 型窒化物半導体層または n 型酸化物半導体層と、発光層と、p 型窒化物半導体層または p 型酸化物半導体層とを順次積層させて成り、前記 p 型窒化物半導体層または p 型酸化物半導体層側から前記 n 型窒化物半導体層または n 型酸化物半導体層側へ達する溝が刻設され、その溝の内面に反射鏡が形成されて成る半導体発光素子において、

前記 p 型窒化物半導体層または p 型酸化物半導体層に、前記発光層まで到達しない微小凹凸をさらに有することを特徴とする半導体発光素子。

【請求項 2】

前記微小凹凸の断面形状が、台形または半円形状であることを特徴とする請求項 1 記載の半導体発光素子。 10

【請求項 3】

前記溝は、テーパ面を有することを特徴とする請求項 1 または 2 記載の半導体発光素子。

【請求項 4】

上記形状を、ナノインプリントリソグラフィ法によって作製することを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の半導体発光素子。

【請求項 5】

基板上に、前記 n 型窒化物半導体層または n 型酸化物半導体層と、発光層と、p 型窒化物半導体層または p 型酸化物半導体層とを成長させた後に、該基板を剥離した構造であることを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の半導体発光素子。 20

【請求項 6】

少なくとも n 型窒化物半導体層または n 型酸化物半導体層と、発光層と、p 型窒化物半導体層または p 型酸化物半導体層とを順次積層させて成る半導体発光素子の製造方法において、

前記 p 型窒化物半導体層または p 型酸化物半導体層側から前記 n 型窒化物半導体層または n 型酸化物半導体層側へ到達する溝を刻設する工程と、

前記 p 型窒化物半導体層または p 型酸化物半導体層に、前記発光層まで到達しない微小凹凸を刻設する工程と、

前記溝の内面に反射鏡を形成する工程とを含むことを特徴とする半導体発光素子の製造方法。 30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体内で電子と正孔とを結合させて光を発生する半導体発光素子およびその製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、III-N 化合物（以下、ナイトライドと呼ぶ）を用いて、その中に量子井戸を形成し、外部から電流を流して、この量子井戸で電子と正孔とを結合させて光を発生する半導体固体発光素子の発展が目覚ましい。前記 III-N 化合物として最もよく用いられているのが前記ナイトライドの GaN であるが、この GaN を始めとして、ナイトライドの屈折率は 1 より大きく、大気中への光の取出しに課題がある。GaN の場合を例にとると、屈折率が約 2.5 であり、GaN と大気との境界の法線に対して、23.6 度（以下、この法線に対して 23.6 度より小さい領域で形成された円錐領域をエスケープコーンと呼ぶ）より大きい角度で境界に入射された光は、大気中に放射されず、境界面で全反射され、GaN の中へ閉込められてしまう。 40

【0003】

その閉込められた光の一部は発光層に再吸収され、電子正孔対発生と再結合とによって再発光に寄与するが、その再発光した光も一部のエスケープコーン内で発光されれば大 50

気中へ放射されるが、大部分のエスケープコーン外で発光された光は再び GaN 中に閉込められる。そして、閉込められた光は、結晶や電極材料に再吸収されて熱に変化してしまう。このため、平坦な GaN 層では、この屈折率による全反射のために発光効率を向上することは難しいという問題がある。

【0004】

そこで、このような課題に対して、たとえば特許文献 1 では、光取出し面に矩形の凹凸を形成しておくことで、前記光取出し面で光が反射する際に、凹部と凸部とでそれぞれ反射される光が互いの位相の $\pi/2$ だけ異なって打消し合い、反射が低減して、結果的に光取出し効率を向上するように工夫されている。

【0005】

しかしながら、その従来技術では、表面付近に凹凸が形成されるので、発光層から面方向に放射された光は、なかなか凹凸に捉えられないという問題がある。そこで、このような課題に対して、特許文献 2 が提案された。

【0006】

図 7 は、その特許文献 2 による発光ダイオード 1 の構造を示す断面図である。この発光ダイオード 1 は、大略的に、サファイア (Al_2O_3) などの基板 2 上に、n 型のバッファ層 3、n GaN 層 4、発光層 5、p GaN 層 6 が順に形成され、発光層 5 で発生した光をサファイア基板 2 側から取出すフリップチップ (フェイスダウン) タイプの発光ダイオードである。前記 n GaN 層 4 上で、一部分の発光層 5 および p GaN 層 6 が除去されて n 型電極 7 が形成され、前記 p GaN 層 6 上に p 型電極 8 が形成される。

【0007】

この従来技術で注目すべきは、p GaN 層 6 から発光層 5 を超えて、n GaN 層 4 へ達する溝 9 が刻設され、その溝 9 の内面に、透明絶縁膜 10 が形成され、さらに前記 p 型電極 8 が形成されることで、前記溝 9 の内面における p 型電極 8 の部分 8a が、反射鏡となることである。この反射鏡を形成することで、たとえば矢符 F1 で示すように、発光層 5 の遠くの位置から前記のような面方向に放射された光を、基板 2 方向に反射させて角度変換することができ、GaN から空気層または該基板 2 のエスケープコーン内に入射させ、光取出し効率が向上されている。

【特許文献 1】特開平 7 - 202257 号公報

【特許文献 2】特表 2004 - 506331 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

上述の従来技術では、確かに、発光層 5 の遠くの位置から面方向に放射された光も、GaN 層内を多重反射することで、前記反射鏡に入射し、外部へ取出すことができるようになる。しかしながら、矢符 F2 で示すような多重反射の際に、p GaN 層 6 の表面の p 型電極 8 (参照符号 1 で示す部分) や n GaN 層 4 側の基板 2 (参照符号 2 で示す)、或いは内部の結晶欠陥などによって吸収される割合が高くなる。このため、少ない反射回数で前記反射鏡に光が入射するように反射鏡の間隔を短くすることが望ましい。

【0009】

一方、溝 9 は、深い方がその効果は高く、またテーパ形状の方が効果が高い。したがって、この溝 9 を多く形成すると、発光層 5 の面積が減少し、発光量自体が減少してしまうという問題がある。

【0010】

本発明の目的は、発光量の減少を抑えつつ、光取出し効率を向上することができる半導体発光素子およびその製造方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明の半導体発光素子は、少なくとも n 型窒化物半導体層または n 型酸化物半導体層と、発光層と、p 型窒化物半導体層または p 型酸化物半導体層とを順次積層させて成り、

10

20

30

40

50

前記 p 型窒化物半導体層または p 型酸化物半導体層側から前記 n 型窒化物半導体層または n 型酸化物半導体層側へ達する溝が刻設され、その溝の内面に反射鏡が形成されて成る半導体発光素子において、前記 p 型窒化物半導体層または p 型酸化物半導体層に、前記発光層まで到達しない微小凹凸をさらに有することを特徴とする。

【0012】

また、本発明の半導体発光素子の製造方法は、少なくとも n 型窒化物半導体層または n 型酸化物半導体層と、発光層と、 p 型窒化物半導体層または p 型酸化物半導体層とを順次積層させて成る半導体発光素子の製造方法において、前記 p 型窒化物半導体層または p 型酸化物半導体層側から前記 n 型窒化物半導体層または n 型酸化物半導体層側へ到達する溝を刻設する工程と、前記 p 型窒化物半導体層または p 型酸化物半導体層に、前記発光層まで到達しない微小凹凸を刻設する工程と、前記溝の内面に反射鏡を形成する工程とを含むことを特徴とする。

10

【0013】

上記の構成によれば、発光ダイオードなどとして実現され、基板上に、少なくとも n 型窒化物半導体 (n Ga N) 層または n 型酸化物半導体層、発光層 (活性層) および p 型窒化物半導体 (p Ga N) 層または p 型酸化物半導体層を順次積層させて成り、或いは成長後に前記基板を除去して成り、前記 p 型窒化物半導体層または p 型酸化物半導体層側から前記 n 型窒化物半導体層または n 型酸化物半導体層側へ到達する (彫り込まれた) 溝の内面に反射鏡を形成することで、発光層から出た光が、直接前記反射鏡に入射し、または多重反射して入射することによって、反射された光が基板側に臨界角以下で入射し、外部へ

20

【0014】

一方、前記微小凹凸を形成しなくても、前記発光層で発生された光は、Ga N 層内を多重反射することで、前記反射鏡に入射し、外部へ取出せるようになる可能性はあるものの、その多重反射の際に、p 型窒化物半導体層または p 型酸化物半導体層表面の電極や n 型窒化物半導体層または n 型酸化物半導体層側の基板、或いは内部の結晶欠陥などによって吸収される割合が高くなる。このため、少ない反射回数で前記反射鏡に光が入射するよう

30

【0015】

したがって、反射鏡の間に、発光層を貫通することなく、光の角度変換作用を有する微細な凹凸を形成することで、発光層の面積の減少を抑えつつ、反射鏡への光の入射量を増加させ、多重反射成分が臨界角以下に角度変換されて基板側に入射され易くなる。これによって、光取出し効率を向上することができる。

【0016】

さらにまた、本発明の半導体発光素子は、前記微小凹凸の断面形状が、台形または半円形状であることを特徴とする。

【0017】

上記の構成によれば、凹部の底部に電極材が入り易くすることができ、p 型窒化物半導体層と p 型電極との間の抵抗を小さくすることができる。

40

【0018】

また、本発明の半導体発光素子では、前記溝は、テーパ面を有することを特徴とする。

【0019】

上記の構成によれば、断面形状が矩形の溝に比べて、光取出し効率を向上することができる。

【0020】

さらにまた、本発明の半導体発光素子は、上記形状を、ナノインプリントリソグラフィによって作製することを特徴とする。

50

【0021】

上記の構成によれば、微小凹凸と、反射鏡用の溝とを、角度、ピッチ等、狙いの形状に作製することができる。

【0022】

また、本発明の半導体発光素子は、基板上に、前記n型窒化物半導体層またはn型酸化物半導体層と、発光層と、p型窒化物半導体層またはp型酸化物半導体層とを成長させた後に、該基板を剥離した構造であることを特徴とする。

【0023】

上記の構成によれば、前記n型窒化物半導体層またはn型酸化物半導体層、発光層およびp型窒化物半導体層またはp型酸化物半導体層を成長させた後に、成長基板を剥離することで、n型窒化物半導体層またはn型酸化物半導体層上にn型電極を形成し、半導体層の厚み方向に電流を流すことができるので、発光光量を増加することができる。

10

【発明の効果】

【0024】

本発明の半導体発光素子は、およびその製造方法は、以上のように、発光ダイオードなどとして実現され、少なくともn型窒化物半導体層またはn型酸化物半導体層、発光層およびp型窒化物半導体層またはp型酸化物半導体層を順次積層させて成り、前記p型窒化物半導体層またはp型酸化物半導体層側から前記n型窒化物半導体層またはn型酸化物半導体層側へ到達する溝の内面に反射鏡を形成することで、発光層から出た光が、直接前記反射鏡に入射し、または多重反射して入射することによって、反射された光が基板側に臨

20

【0025】

それゆえ、発光層の面積の減少を抑えつつ、反射鏡への光の入射量を増加させ、多重反射成分が臨界角以下に角度変換されて基板側に入射され易くなる。これによって、光取出し効率を向上することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0026】

[実施の形態1]

図1は、本発明の実施の一形態に係る発光ダイオード11の構造を示す断面図である。この発光ダイオード11は、大略的に、サファイア(Al_2O_3)などの基板12上に、n型のバッファ層13、nGaIn層14、発光層15、pGaIn層16が順に形成され、発光層15で発生した光をサファイア基板12側から取出すフリップチップ(フェイスダウン)タイプの発光ダイオードである。前記nGaIn層14上で、一部分の発光層15およびpGaIn層16が除去されてn型電極17が形成され、前記pGaIn層16上にp型電極18が形成される。

30

【0027】

前記基板12は、前記サファイアに限定されず、発光波長に対して透光性を持つものであればよいことは言うまでもない。またこの種の発光ダイオードの製造方法については、当業者には公知のMOCVD法などを用いて実現することができ、ここでの詳しい説明は省略する。

40

【0028】

前記電極17, 18を形成する前には、前記pGaIn層16から発光層15を超えて、nGaIn層14へ達するテーパ状の溝19が刻設され、その溝19の内面に、透明絶縁膜20が形成される。その後、前記p型電極18が形成されることで、前記溝19の内面におけるp型電極18の部分18aが、反射鏡となる。この反射鏡を形成することで、発光層15の遠くの位置から面方向に放射された光を、矢符F11で示すように基板12方向に反射させて該基板12への入射角を角度変換することができ、GaInから空気層または該基板12のエスケープコーン内に入射させ、光取出し効率を向上することができる。

50

以上の構成は、前述の図7で示す発光ダイオード1と同様である。

【0029】

注目すべきは、本実施の形態では、前記溝19間に、前記発光層15まで到達しない微小凹凸22をさらに有することである。これによって、前記図7で示す発光ダイオード1では、発光層5の遠くの位置から放射された光には、矢符F1で示す反射鏡へ直接入射する光以外に、矢符F2で示すような多重反射する光が存在してしまうのに対して、本実施の形態では、前記矢符F1と同様に矢符F11で示す反射鏡へ直接入射する光が存在するとともに、前記矢符F2で示すような多重反射する光は、矢符F12で示すような前記微小凹凸22で反射されて取出しが可能となる光、および矢符F13で示すような前記微小凹凸22で反射されて、さらに前記反射鏡へ入射して取出しが可能となる光となり、GaN層内で多重反射する光が減少する。

10

【0030】

したがって、発光層15の面積の減少を抑えつつ、反射鏡への光の入射量を増加させ、多重反射成分が臨界角以下に角度変換されて基板12側に入射され易くなる。これによって、光取出し効率を向上することができる。また、前記溝19は、断面形状が矩形ではなく、テーパ状に形成されているので、矩形の溝に比べて、光取出し効率を一層向上することができる。本件発明者の実験によれば、従来の反射鏡だけの場合には光取出し効率が45%程度であったものが、微小凹凸22を併せて形成することで、75%程度となり、したがって75/45 = 1.7倍程度にまで向上することができている。

【0031】

この図1の例では、前記溝19は、図2で示すように、六角形を敷き詰めたパターンに形成される。パターンは、より多角形である程、多方面からの光を捉えることができ、円であってもよい。そのパターン内に、前記微小凹凸22が形成される。また、基板12などへの光の入射角度の角度変換が目的であるので、溝19および微小凹凸22のテーパ角度は特に限定されないが、45°程度が好ましい。さらにまた、波長に対するピッチは、たとえば反射鏡で10~100倍、微小凹凸22で波長程度が好ましい。また、溝19の深さは、基板12まで達していてもよい。

20

【0032】

図3は、上述のように構成される発光ダイオード11の製造工程を説明するための図である。本実施の形態では、上記溝19および微小凹凸22を、ナノインプリントリソグラフィ法によって作製する。

30

【0033】

まず、溝19および微小凹凸22の作成にあたって、図3(b)および図3(g)で示すような、前記溝19および微小凹凸22のそれぞれの反転形状を有する型30, 32を作成する。型30, 32の作成には、たとえば電子線リソグラフィ法を用いることができる。具体的には、シリコンウエハ上にスピコートにより形成した電子線用レジストに、電子線を照射して溝19および微小凹凸22のレジストパターンを作成する。前記溝19および微小凹凸22のテーパ形状に対応してパターン高さを変化させるには、電子線のドーズ量を変化させることで対応でき、ドーズ量が多いと電子線レジストの感光深さが深くなり、ドーズ量が少ないと電子線レジストの感光深さが浅くなる。こうして、異なる高さのレジストパターンを作成することができる。そのレジストパターンのNi電鍍を採ることで、プレス用の型30, 32を作成することができる。

40

【0034】

前記MOCVD法などを用いて、図3(a)で示すように各層13~16を基板12上に作成した後、ウエハ状態の発光ダイオード11の基板12の表面に、レジスト31をスピコートし、前記図3(b)で示すように溝19の型30を押し付け、形状を転写する。レジスト31の材料は、有機もしくは無機どちらでも良いが、転写性が良く、かつ耐ドライエッチング性が高い必要がある。たとえば、スピオンガラスを使用することができる。離型後、レジスト31には、型30のパターンが転写される。その転写後のレジスト31をマスクとして、異方性ドライエッチングを行うことで、図3(c)で示すように、

50

発光ダイオード 11 の基板 12 の表面に、型 30 のパターンを反転して転写し、溝 19 を形成することができる。

【0035】

ただし、異方性ドライエッチングによって、溝 19 部分にはレジスト 31 は残っていないものの、p GaN 層 16 上には残っており、その後、公知の手法で、図 3 (d) で示すように前記透明絶縁膜 20 となる絶縁体 34 を蒸着し、図 3 (e) で示すようにレジスト 31 を完全に除去すると、図 3 (d) で示すように前記透明絶縁膜 20 が形成される。

【0036】

続いて、図 3 (f) で示すようにレジスト 33 をスピコートし、前記図 3 (g) で示すように微小凹凸 22 の型 32 を押し付け、形状を転写する。その後、先ずレジスト 33 をマスクとして、異方性ドライエッチングを行うことで、図 3 (h) で示すように微小凹凸 22 部分からレジスト 33 が除去され、レジスト 33 を溶解することで、図 3 (i) で示すように溝 19 部分からもレジスト 33 が除去された後、図 3 (j) で示すように電極 17, 18 が形成される。

10

【0037】

このように溝 19 および微小凹凸 22 をナノインプリントリソグラフィ法によって作製することで、角度、ピッチ等、狙いの形状に作製することができる。

【0038】

[実施の形態 2]

図 4 および図 5 は、本発明の実施の他の形態に係る発光ダイオード 41, 51 の構造を示す断面図である。これらの発光ダイオード 41, 51 は、前述の発光ダイオード 11 に類似し、対応する部分には同一の参照符号を付して示し、その説明を省略する。注目すべきは、これらの発光ダイオード 41, 51 では、微小凹凸 42, 52 の断面形状が、それぞれ台形および半円形状であることである。このような形状に形成することで、凹部の底部に電極材が入り易くすることができ、p GaN 層 16 と p 型電極 18 との間の抵抗を小さくすることができる。

20

【0039】

[実施の形態 3]

図 6 は、本発明の実施のさらに他の形態に係る発光ダイオード 61 の構造を示す断面図である。この発光ダイオード 61 は、前述の発光ダイオード 11 に類似し、対応する部分には同一の参照符号を付して示し、その説明を省略する。注目すべきは、この発光ダイオード 61 では、前記溝 19 および微小凹凸 22 から電極 17, 18 まで形成された後に、サファイアの基板 12 が除去されることである。

30

【0040】

この場合、基板 12 を前記 n GaN 層 14 から剥離する必要があり、一般的には紫外レーザーが用いられる。具体的には、基板 12 (サファイア) 側から、KrF エキシマレーザー ($\lambda = 248 \text{ nm}$ 、照射強度: 0.3 J/cm^2) を入射する。レーザーは、透明な結晶基板 12 を透過して n GaN 層 14 で吸収されるので、界面でアブレーションが生じ、結果、基板 12 が n GaN 層 14 から剥離する。

【0041】

このように基板 12 上に、前記 n GaN 層 14、発光層 15 および p GaN 層 16 を成長させた後に、該基板 12 を剥離することで、前記 n GaN 層 14 上に n 型電極 17a を形成することができ、半導体層の厚み方向に電流を流すことができるので、発光光量を増加することができる。

40

【0042】

ここで、酸化物半導体である ZnO は、発光素子として非常に優れた特性を有している。励起子の結合エネルギーが 60 meV と、GaN の 2 ~ 3 倍であり、内部量子効率が GaN に比べて高くなる可能性がある上、屈折率は約 2 であり、GaN の屈折率 2.5 に比べて小さく、光取出しの点で圧倒的に有利である。また材料自身が安価であることも商業ベースで考えると魅力的である。そこで、上述の各実施の形態は、窒化物半導体である Ga

50

Nについて述べているが、結晶構造上、よく似ている酸化物半導体であるZnOについても、全く同じ構造の半導体発光素子を、同様に作製することができる。

【図面の簡単な説明】

【0043】

【図1】本発明の実施の一形態に係る発光ダイオードの構造を示す断面図である。

【図2】図1で示す発光ダイオードの平面図である。

【図3】図1で示す発光ダイオードの製造工程を説明するための図である。

【図4】本発明の実施の他の形態に係る発光ダイオードの構造を示す断面図である。

【図5】本発明の実施の他の形態に係る発光ダイオードの構造を示す断面図である。

【図6】本発明の実施のさらに他の形態に係る発光ダイオードの構造を示す断面図である 10

。

【図7】従来技術の発光ダイオードの構造を示す断面図である。

【符号の説明】

【0044】

11, 41, 51, 61 発光ダイオード

12 基板

13 バッファ層

14 nGa₂N層

15 発光層

16 pGa₂N層

17, 17a n型電極

18 p型電極

19 溝

20 透明絶縁膜

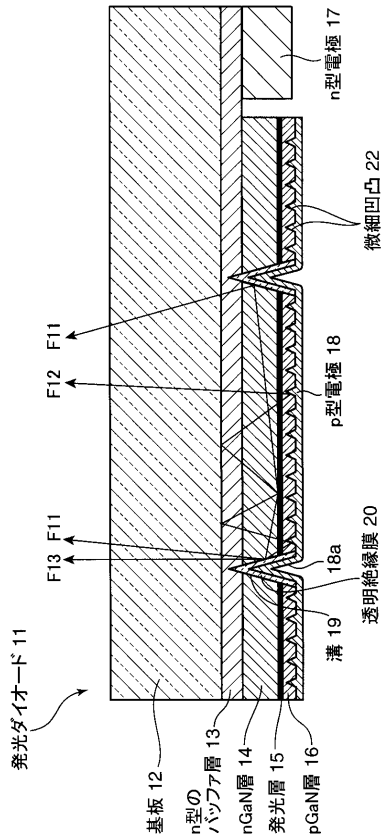
22, 42, 52 微小凹凸

30, 32 型

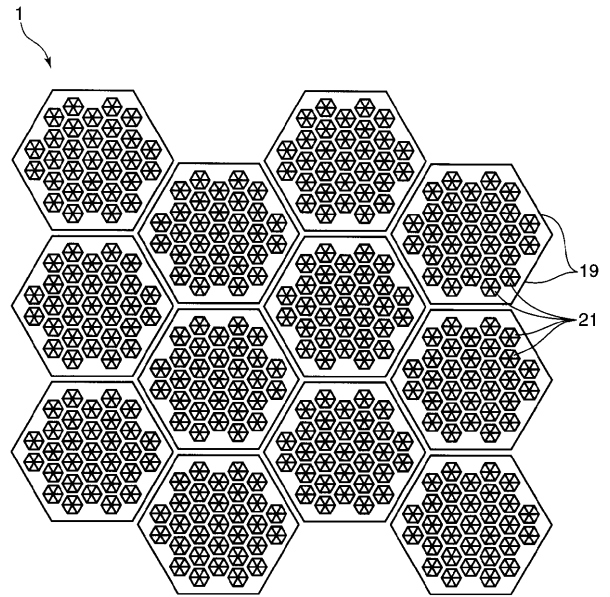
31, 33 レジスト

34 絶縁体

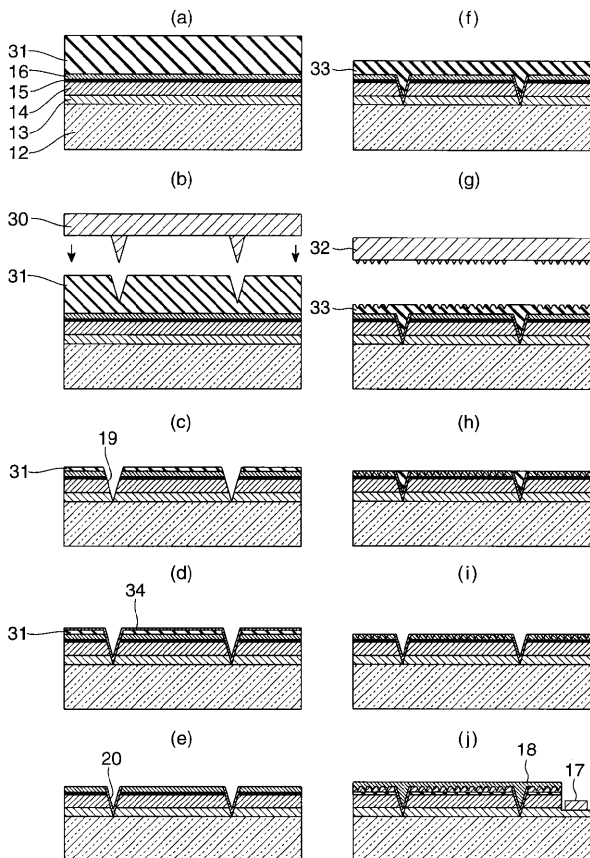
【 図 1 】



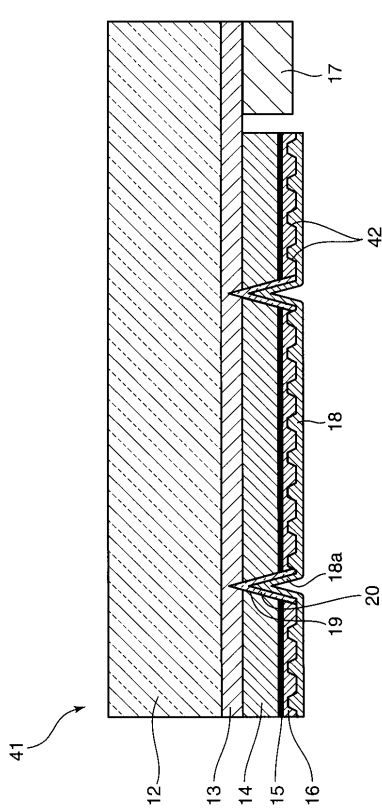
【 図 2 】



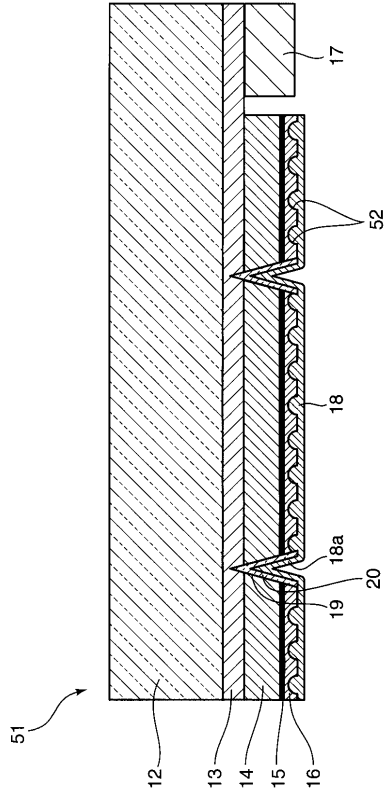
【 図 3 】



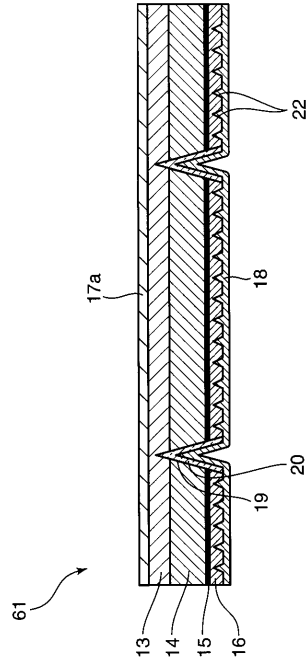
【 図 4 】



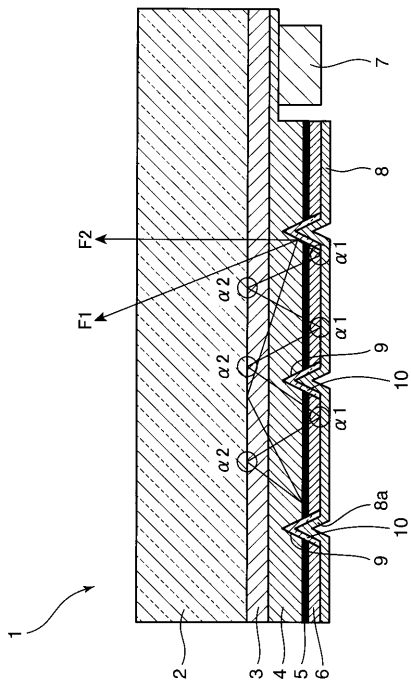
【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5F041 AA03 CA40 CA46 CA65 CA74 CA77 CB15