

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

発光層と、前記発光層を含む前記発光層同等の屈折率材料と、前記発光層へ電力を供給するための電極と、前記発光層同等の屈折率材料に形成された部分的な光散乱部と、前記光散乱部に対応し拡散光を外部放射する凸面形状の光学系とを備える発光素子と、前記発光素子周辺を覆う光透過性の媒体とを有する発光装置において、

前記発光層から前記光学系の光放射面との間が、前記媒体に対し 10% 以上かつ 1.7 以上の屈折率材料によって形成されていることを特徴とする発光装置。

【請求項 2】

前記光拡散部は、前記発光層同等の屈折率材料の前記凸面形状の光学系が形成される側の反対側の界面に形成される請求項 1 記載の発光装置。 10

【請求項 3】

前記光拡散部は、前記発光層と異なる屈折率の基板と前記発光層を含む前記発光層同等の屈折率材料との界面に形成されている請求項 1 記載の発光装置。

【請求項 4】

前記光散乱部および前記凸面形状の光学系は、多数個密に形成されている請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の発光装置。

【請求項 5】

前記発光層と前記光学系との間にパッシベーション膜を有する請求項 1 記載の発光装置。 20

【請求項 6】

前記電極は、少なくとも放射面側が透明電極である請求項 1 記載の発光装置。

【請求項 7】

前記電極は、少なくとも前記発光層から前記光学系の放射面側が前記光拡散部に対応した位置へ部分的に形成されている請求項 1 記載の発光装置。

【請求項 8】

前記光拡散部は、 Al_2O_3 基板と GaN 発光層を含む GaN 系半導体材料との界面に形成されている請求項 1 記載の発光装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

30

【0001】

本発明は、発光装置に関し、特に、発光素子の光取り出し効率を向上させることによって高輝度化を実現する発光装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、LED (Light-Emitting Diode: 発光ダイオード) 素子として、サファイア等の基板上に気相成長法を用いて発光層を含む p 型および n 型の半導体層を形成し、さらに信頼性向上のため、半導体層あるいは電極保護を目的とした SnO_2 によるパッシベーション膜形成が行われている。また、このパッシベーション膜に代えて発光層から発せられる光を半導体層側の放射面から取り出すようにしたものが提案されている (例えば、特許文献 1 参照。)。 40

【0003】

特許文献 1 に記載される LED 素子は、サファイア基板上に GaN 系化合物半導体 (屈折率: $n = 2.4$) を積層して構成されており、光の放射面側に電極が配置されている。また、電極を設けた部分を除く放射面には透明電極としての SnO_2 膜 ($n = 1.9$) を有し、全体をエポキシ樹脂 ($n = 1.5$) からなる封止部材で砲弾状に覆われている。この LED 素子によると、 SnO_2 膜が全面電極として作用するとともに半導体層内部で発生する多重反射の干渉を抑えることにより、LED 素子の外部量子効率を高めることができるとの記載がある。

【特許文献 1】特開平 6 - 291366 号公報 (図 1)

50

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかし、特許文献1に記載されたLED素子によると、膜厚の光学距離（光路長と媒質の屈折率との積）が発光波長の $1/4$ 、あるいは $[(2m+1)/4]$ （ m は整数）倍であれば、GaN系化合物半導体から SnO_2 膜に至った光のうち、垂直入射光については、エポキシ樹脂と SnO_2 膜界面で反射された光との位相差が界面反射光を減じ界面透過光を増す関係にあることにより外部光取り出し効率が向上する。同様に、 SnO_2 膜での光学距離（GaN系化合物半導体から SnO_2 膜へ入射し、エポキシ樹脂と SnO_2 膜界面で反射され、 SnO_2 膜とGaN系化合物半導体へ戻る光の光学距離）が波長の $1/4$ あるいは $[(2m+1)/4]$ （ m は整数）倍になる角度で入射する光についても、界面反射光を減じ界面透過光を増す関係にあるので外部光取り出し効率が向上する。しかし、この特定方向へ界面入射する光は、発光層で発光する光全体に対して一部である。

10

【0005】

更に、GaN系化合物半導体から、 SnO_2 膜界面へ臨界角以上の角度で入射し、全反射する光については、この光に対し干渉光となる SnO_2 膜とエポキシ樹脂との界面で生じる戻り光が存在しないので SnO_2 膜の効果はない。発光層内で発する光は完全拡散光とみなせ、上面のみから外部放射されるとすれば、GaN系化合物半導体から SnO_2 膜界面で全反射する光は全体の約65%に及ぶ。この光の大半は、GaN系化合物半導体内で吸収され、これが外部量子効率向上の大きな妨げになっている。

20

【0006】

従って、本発明の目的は、発光素子の光取り出し効率を向上させることによって高輝度化を実現する発光装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明は、上記の目的を達成するため、発光層と、前記発光層を含む前記発光層同等の屈折率材料と、前記発光層へ電力を供給するための電極と、前記発光層同等の屈折率材料に形成された部分的な光散乱部と、前記光散乱部に対応し拡散光を外部放射する凸面形状の光学系とを備える発光素子と、前記発光素子周辺を覆う光透過性の媒体とを有する発光装置において、

30

前記発光層から前記光学系の光放射面との間が、前記媒体に対し10%以上かつ1.7以上の屈折率材料によって形成されていることを特徴とする発光装置を提供する。

【0008】

前記光拡散部は、前記発光層同等の屈折率材料の前記凸面形状の光学系が形成される側の反対側の界面に形成されていても良い。

【0009】

前記光拡散部は、前記発光層と異なる屈折率の基板と前記発光層を含む前記発光層同等の屈折率材料との界面に形成されていても良い。

【0010】

前記光散乱部および前記凸面形状の光学系は、多数個密に形成されていても良い。

40

【0011】

前記発光層と前記光学系との間にパッシベーション膜を有していても良い。

【0012】

前記電極は、少なくとも放射面側が透明電極であっても良い。

【0013】

前記電極は、少なくとも前記発光層から前記光学系の放射面側が前記光拡散部に対応した位置へ部分的に形成されている構成としても良い。

【0014】

前記光拡散部は、 Al_2O_3 基板とGaN発光層を含むGaN系半導体材料との界面に形成されていても良い。

50

【発明の効果】

【0015】

本発明の発光装置によれば、発光素子の光取り出し効率が向上することによって発光装置の高輝度化を実現することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0016】

(第1の実施の形態)

(発光装置1の構成)

図1は、第1の実施の形態に係る発光装置の構成を示し、(a)は断面図、(b)は光源であるLED素子の断面図、(c)は(b)に示すLED素子の上面C方向から見た図、(d)はサファイア(Al_2O_3)基板に設けられるピットの他の他の構成を示す図、(e)はLED素子の他の構成を示す部分図である。発光装置1は、GaN系半導体化合物によって形成されて上面に高屈折率樹脂部110を有するフェイスアップタイプのLED素子10と、LED素子10と電氣的に接続されるCuからなるリード部材11A、11Bと、LED素子10とリード部材11A、11Bとを接続するAuからなるワイヤ12と、LED素子10、リード部材11A、11B、およびワイヤ12を一体的に封止する光透過性材料部であってエポキシ樹脂($n = 1.5$)からなり、表面に凸状レンズ部13Aが形成された封止部材13とを有する。

【0017】

(LED素子10の構成)

LED素子10は、図1(b)に示されるように、 Al_2O_3 基板101と、光散乱部として矩形状のピット101Aを Al_2O_3 基板101との界面部分に有するGaN系半導体層102と、GaN系半導体層102内に形成される発光層103と、GaN系半導体層102の上面に設けられるAu/Cu薄膜電極104と、パッド電極105と、LED素子10の電極形成領域を除く表面を覆って設けられる透明な保護層としてのSiNパッシベーション膜(屈折率: $n = 1.9$)106と、n側電極107と、LED素子10の光取り出し面に設けられる薄膜状の材料層である高屈折率樹脂部110とを有する。このLED素子10は、エポキシ樹脂による封止加工時にレンズ効果を得るために少なくとも $n = 1.7$ の屈折率が必要である。

【0018】

GaN系半導体層102は、例えば、 Al_2O_3 基板101側から、n型GaNクラッド層と、発光層103と、p型AlGaNクラッド層と、p型GaNコンタクト層とを順に結晶成長させることによって形成されており、 Al_2O_3 基板101とn型GaNクラッド層との間にはAlNバッファ層が設けられる。このGaN系半導体層102の屈折率は $n = 2.4$ である。

【0019】

GaN系半導体層102のピット101Aは、 Al_2O_3 基板101の表面をレーザ光の照射に基づいて凹状に除去することにより多数個密に形成されており、その表面にGaN系半導体を結晶成長させることによって形成される。なお、レーザ光による除去の他に、 Al_2O_3 基板101の表面にピット101Aの形成パターンに応じたフォトリソグラフィを形成し、エッチングによる除去によって形成することもできる。

【0020】

発光層103は、GaN障壁層とInGaN井戸層の多重量子井戸構造を有し、ピーク発光波長460nmで発光する。

【0021】

高屈折率樹脂部110は、屈折率 $n = 2.0$ で薄膜状の熱硬化性樹脂からなり、厚さは100 μm で形成されている。また、表面には図1(c)に示すように傾斜面110aと頂部110bからなる六角形状の略同面積の7つの面で形成される凸部110Aが切削加工された金型からの転写によって多数個密に形成されており、頂部110bは、GaN系半導体層102のピット101Aに対応した位置に配置されている。この凸部110Aを

有した高屈折率樹脂部 110 は、予め凸部 110 A を切削等でパターンニングした熱硬化性樹脂からなる薄膜を LED 素子 10 の光取り出し面に貼り付けることによって形成されている。なお、凸部は、7 つの面のそれぞれの面の略中央部の法線が、ピット 101 A のやや上方を通る光学面形状としてある。

【0022】

なお、凸部 110 A を有した高屈折率樹脂部 110 は、上記した貼り付けの他に、ワニス状の熱硬化性樹脂を型成型に基づいて設ける方法、LED 素子 10 の表面に設けられた熱硬化性樹脂を切削することで形成する方法等によって設けることができる。

【0023】

(作用)

図 2 は、GaN 系半導体層 102 のピット 101 A で散乱された光の取り出しを示す光路図である。リード部材 11 A および 11 B を図示しない電源装置に接続して通電すると、LED 素子 10 は発光層 103 において発光する。GaN 系半導体層 102 の発光層 (図示せず) で発せられる青色光の外部放射について、以下に、凸部 110 A 側に放射される青色光と、 Al_2O_3 基板 101 側に放射される青色光と、GaN 系半導体層 102 に留まる青色光とについて説明する。

【0024】

(凸部 110 A 側に放射される青色光の挙動)

GaN 系半導体層 102 を透過し、SiN パッシベーション膜 106 と高屈折率樹脂部 110 の界面における臨界角 c 以内の範囲にある青色光が高屈折率樹脂部 110 に入射し、外部放射される。従って、出射光 121 および 122 は高屈折率樹脂部 110 の凸部 110 A から外部放射される。また、出射光 123 および 124 は、SiN パッシベーション膜 106 を透過して高屈折率樹脂部 110 に入射し、凸部 110 A の斜面から外部放射される。

【0025】

このように高屈折率樹脂部 110 に凸部 110 A を設けると、平坦面と比較して界面の面積が増すことにより、各方向から高屈折率樹脂部 110 に入射する青色光の外部放射効率が高まる。

【0026】

(Al_2O_3 基板 101 側に放射される青色光の挙動)

GaN 系半導体層 102 を透過して Al_2O_3 基板 101 に入射し、 Al_2O_3 基板 101 の下面で散乱反射されることにより上方に向かう青色光については、凸部 110 A 側に放射される青色光と同様に高屈折率樹脂部 110 の凸部 110 A から外部放射される。

【0027】

(GaN 系半導体層 102 に留まる青色光)

GaN 系半導体層 102 内を伝播する青色光について、ピット 101 A に至った光はピット 101 A において散乱し、SiN パッシベーション膜 106 と高屈折率樹脂部 110 の界面における臨界角 c 以内の範囲にある青色光が高屈折率樹脂部 110 に入射し、外部放射される。ここで、高屈折率樹脂部 110 にはピット 101 A に対応した位置に凸部 110 A が設けられて、光出射面への入射光の角度が垂直入射に近づくものとされており、このことによって青色光が効率良く外部放射される。

【0028】

(第 1 の実施の形態の効果)

(1) 第 1 の実施の形態によると、パッシベーション膜を SiN で形成し、その表面に凸部 110 A を有する高屈折率樹脂部 110 を設けているので、青色光の出射面積が拡大され、GaN 系半導体層 102 からパッシベーション膜の臨界角 c の範囲にある青色光が高屈折率樹脂部 110 に入射し、更に凸部 110 A から効率良く外部放射できるようになる。

(2) 従来では、GaN 系半導体層 102 に閉じ込められていた光をピット 101 A で散乱させることによって、高い確率で外部放射させることができる。ピット 101 A で散乱

10

20

30

40

50

光が生じることにより、ピット101Aを実質的な光源（擬似光源）として扱うことができる。この擬似光源からの光は、高屈折率媒体と低屈折率媒体との界面入射角が小さくなる形状とすることによって界面反射ロスを小にすることができる。

【0029】

なお、同一の屈折率の光学系であれば、ピット101Aを原点とする球面レンズあるいはその近似面（例えば、略同等面積の7つの面で構成され、それぞれの面の略中央部の法線がピット101Aを位置を通るもの）によって理想的な外部放射を可能にできる。

【0030】

また、第1の実施の形態では、便宜上、LED素子10の各層を実際の寸法より厚く記載しているが、実施には、高屈折率樹脂部110の凸部110Aと同一のスケールでは表現が困難なほど薄く形成されている。

【0031】

（A1₂O₃基板101の光散乱形状の変形例）

図3（a）は、光散乱部の変形例を示す図である。この変形例では、発光層103からA1₂O₃基板101側に放射された青色光を散乱させるピット101A（凹部）に代えて、凸部101Bを光散乱部としてA1₂O₃基板101に設けたものである。この凸部101Bは、例えば、A1₂O₃基板101の凸部101Bとなる部分以外の領域をエッチングによって除去することにより形成することができる。このような凸部101Bを設けることで、GaN系半導体層102を伝搬する青色光を凸形状に基づいて凹形状よりも光が達する確率を増すことにより効率良く散乱して光取り出し面方向に取り出すことができる。

【0032】

（高屈折率樹脂部110の変形例）

図3（b）は、高屈折率樹脂部110の変形例を示す図である。この変形例に示すようにGaN系半導体層102のピット101Aに対応した位置にレンズ状凸部110Bを設けた構成としても良い。このレンズ状凸部110Bは、曲面で形成されたGaN系半導体層102とSiN系パッシベーション膜106との界面あるいはSiN系パッシベーション膜106と高屈折率樹脂部110との界面での屈折に対応した扁平状のレンズであり、ピット101Aを原点とする半球形状として形成される凸部と比べて界面での反射を低減するのに有効である。

【0033】

また、第1の実施の形態では高屈折率樹脂部110をSiNパッシベーション膜106に積層して設ける構成を説明したが、SiNパッシベーション膜106を設けずに高屈折率樹脂部110をLED素子10の表面に設ける構成としても良い。

【0034】

（第2の実施の形態）

（LED素子10の構成）

図4は、第2の実施の形態に係るLED素子の構成を示し、（a）は断面図、（b）はLED素子の上面b方向から見た図である。このLED素子10では、図4（a）に示すようにGaN系半導体層102に光散乱部として微小な凹凸を集積して形成したピット101Cを有する構成において第1の実施の形態と相違している。なお、第1の実施の形態と同一の構成を有する部分については同一の引用数字を付している。

【0035】

ピット101Cは、図4（b）に示されるようにLED素子10の表面に設けられる高屈折率樹脂部110の凸部110Aの形状に対応して六角形状に集積して形成されており、その端面は粗面化されている。

【0036】

（第2の実施の形態の効果）

（1）第2の実施の形態によると、第1の実施の形態の好ましい効果に加えてピット101Cの端面が粗面化されていることで青色光の散乱性が向上する。

10

20

30

40

50

(2) また、ピット101Cは微小な凹凸を集積して形成されているので、青色光の散乱面積が大になって高屈折率樹脂部110の凸部110Aにおける臨界角内に散乱された青色光を入射させることができ、そのことによってLED素子10からの光取り出し効率を高めることができる。なお、ピット101Cでは微小な凹凸を六角形状に集積した構成を説明したが、円状や四角等の他の幾何学形状に形成しても良い。また、ピット101Cを散在させず、 Al_2O_3 基板101との界面部分に連続的に設けるようにしても良い。

【0037】

(第3の実施の形態)

(LED素子10の構成)

図5は、第3の実施の形態に係るLED素子の断面図である。このLED素子10では、GaN系半導体層102に設けられるピット101Cおよび高屈折率樹脂部110の凸部110Aに対応した位置にAu/Cu薄膜電極104を選択的に設けた構成において第2の実施の形態と相違している。なお、第2の実施の形態と同一の構成を有する部分については同一の引用数字を付している。

【0038】

(第3の実施の形態の効果)

第3の実施の形態によると、第2の実施の形態の好ましい効果に加えてGaNより抵抗の小さなAu/Cu薄膜電極104を設けた部分から発光層103に対して電流が注入されることにより、ピット101Cの位置に対応した発光層103で発光して青色光が生じる。発光層103から光取り出し面方向に放射される青色光は、第2の実施の形態のピット散乱光と同様に高屈折率樹脂部110の凸部110Aにおける臨界角内に照射されることによって反射口を抑えながらLED素子10の外部に放射させることができる。

【0039】

また、発光層103から Al_2O_3 基板101側に放射される青色光は、ピット101Cで散乱されてAu/Cu薄膜電極104が形成されていない方向に放射されることにより、Au/Cu薄膜電極104による光吸収を抑えながらLED素子10の外部に放射させることができる。

【0040】

(第4の実施の形態)

(LED素子10の構成)

図6は、第4の実施の形態に係るLED素子の断面図である。このLED素子10では、第2の実施の形態で説明したLED素子10のAu/Cu薄膜電極104に代えてITO(Indium Tin Oxide: $In_2O_3 - SnO_2$ 、90 - 10wt%)108を用いた構成、GaN系半導体層102から Al_2O_3 基板101を剥離し、剥離面に光反射部としてAg反射膜109を設けた構成、およびAg反射膜109の形成面に半田層111を介して放熱部として銅ベース112を設けた構成において第2の実施の形態と相違している。なお、第2の実施の形態と同一の構成を有する部分については同一の引用数字を付している。

【0041】

Ag反射膜109は、 Al_2O_3 基板101を剥離することによって露出したGaN系半導体層102のピット101C形成面にAgを蒸着させることによって鏡面状に形成されている。

(第4の実施の形態の効果)

(1) 第4の実施の形態によると、第2の実施の形態の好ましい効果に加えてGaN系半導体層102のピット101C形成面側から青色光の漏れを生じることなく、高屈折率樹脂部110からの光取り出し効率を向上させることができる。

(2) ITO108を用いることでAu/Cu薄膜電極104と比べて光吸収が小になり、GaN系半導体層102の横方向伝搬光が増加してピット101Cで散乱される青色光が増えるので、LED素子10の外部に放射され易くなる。

(3) 熱伝導性に優れる銅ベース112がピット101C形成面に一体的に設けられるこ

とによって放熱性が向上し、発光装置の高輝度化、大出力化に対応することができる。

【0042】

なお、放熱部として設けられる銅ベース112は、例えば、アルミニウム等の他の熱伝導性に優れる金属材料によって形成されても良い。

【0043】

また、ITO以外の電極材料として、AZO($\text{ZnO}:\text{Al}$)、IZO($\text{In}_2\text{O}_3-\text{ZnO}$ 、90-10wt%)を用いることも可能である。

【図面の簡単な説明】

【0044】

【図1】本発明の第1の実施の形態に係る発光装置の構成を示し、(a)は断面図、(b)は光源であるLED素子の断面図、(c)は(b)に示すLED素子の上面C方向から見た図、(d)はサファイア(Al_2O_3)基板に設けられるピットの他の他の構成を示す図、(e)はLED素子の他の構成を示す部分図である。 10

【図2】GaN系半導体層のピットで散乱された光の取り出しを示す光路図である。

【図3】(a)は、光散乱部の変形例を示す図である。(b)は、高屈折率樹脂部の変形例を示す図である。

【図4】第2の実施の形態に係るLED素子の構成を示し、(a)は断面図、(b)はLED素子の上面b方向から見た図である。

【図5】第3の実施の形態に係るLED素子の断面図である。

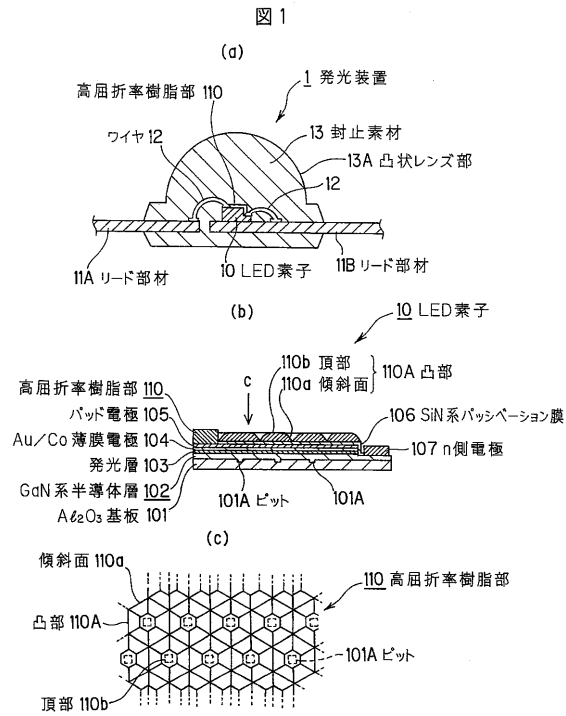
【図6】第4の実施の形態に係るLED素子の断面図である。 20

【符号の説明】

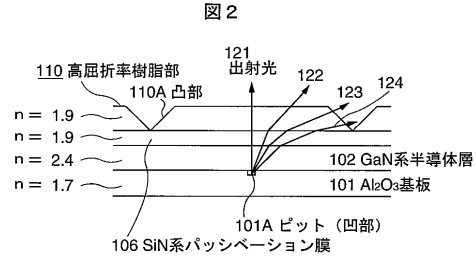
【0045】

1、発光装置 10、LED素子 11A, 11B、リード部材
 12、ワイヤ 13、封止部材 13A、凸状レンズ部
 101、サファイア(Al_2O_3)基板 101A、ピット(凹部)
 101B、凸部 101C、ピット 102、GaN系半導体層
 103、発光層 104、Au/Co薄膜電極 105、パッド電極
 106、SiNパッシベーション膜 107、n側電極
 109、Ag反射膜 110、高屈折率樹脂部 110A、凸部
 110B、レンズ状凸部 110a、傾斜面 110b、頂部
 111、半田層 112、銅ベース 30

【図 1】

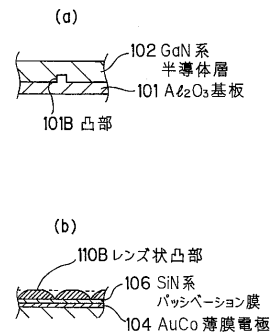


【図 2】



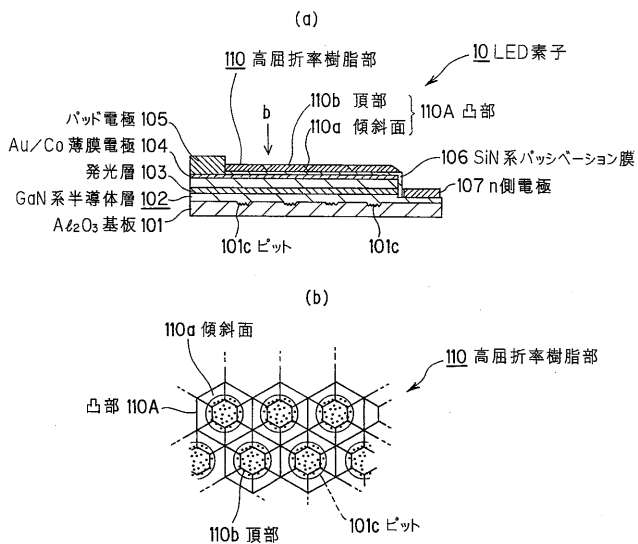
【図 3】

図 3



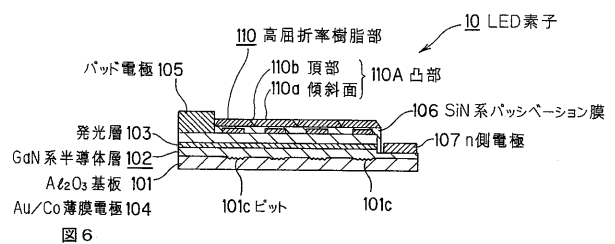
【図 4】

図 4



【図 5】

図 5



【図 6】

図 6

