

(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2009-88299
(P2009-88299A)

(43) 公開日 平成21年4月23日(2009.4.23)

(51) Int.Cl.
H01L 33/00 (2006.01)

F I
H01L 33/00
H01L 33/00

テーマコード (参考)
5F041
N

審査請求 未請求 請求項の数 13 O L (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2007-256972 (P2007-256972)	(71) 出願人	000226057
(22) 出願日	平成19年9月29日 (2007. 9. 29)		日亜化学工業株式会社
			徳島県阿南市上中町岡491番地100
		(74) 代理人	100104949
			弁理士 豊栖 康司
		(74) 代理人	100074354
			弁理士 豊栖 康弘
		(72) 発明者	佐野 雅彦
			徳島県阿南市上中町岡491番地100
			日亜化学工業株式会社内
		(72) 発明者	笠井 久嗣
			徳島県阿南市上中町岡491番地100
			日亜化学工業株式会社内
		Fターム(参考)	5F041 AA03 CA04 CA13 CA22 CA40 CA91 CB15 DA04 DA09 DA77

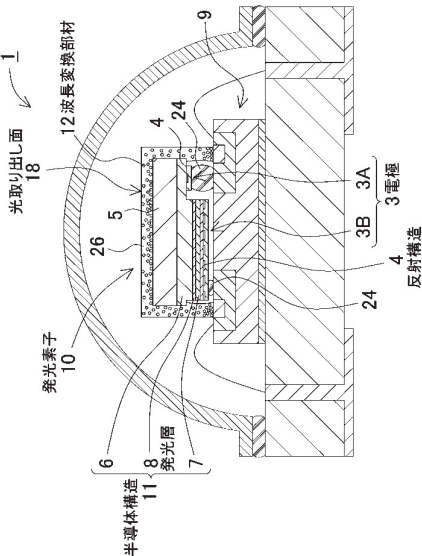
(54) 【発明の名称】 発光素子及びこれを備える発光装置

(57) 【要約】

【課題】 高出力で所望の色彩を有する発光波長を放出可能な、耐候性に優れた発光装置を実現できる発光素子及びこれを備える発光装置を提供する。

【解決手段】 発光層8を有する半導体構造11と、半導体構造11の一方の主面側に設けられた光取り出し面18と、半導体構造11の他方の主面側に備えられ、半導体構造11に電気的に接続される電極3と、を有する発光素子であって、半導体構造11と電極3との間に反射構造4が形成されており、反射構造4は、発光層8からの光の波長に対応する中心波長を反射する第1反射層4aと、中心波長とは異なる波長を中心波長とする第2反射層4bとから構成され、第1反射層4aと第2反射層4bの少なくとも一方の中心波長が、可視光域である。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

発光層(8)を有する半導体構造(11)と、
前記半導体構造(11)の一方の主面側に設けられた光取り出し面(18)と、
前記半導体構造(11)の他方の主面側に備えられ、前記半導体構造(11)に電氣的に接続される電極(3)と、
を有する発光素子であって、
前記半導体構造(11)と前記電極(3)との間に反射構造(4)が形成されており、
前記反射構造(4)は、前記発光層(8)からの光の波長に対応する中心波長を反射する第 1 反射層(4a)と、該中心波長とは異なる波長を中心波長とする第 2 反射層(4b)とから構成され、
前記第 1 反射層(4a)と第 2 反射層(4b)の少なくとも一方の中心波長が、可視光域であることを特徴とする発光素子。

10

【請求項 2】

請求項 1 に記載の発光素子において、
前記第 1 反射層(4a)の中心波長が前記発光層からの光の波長より短波長であり、
前記第 2 反射層(4b)の中心波長が前記発光層からの光の波長より長波長であることを特徴とする発光素子。

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 に記載の発光素子において、
前記第 1 反射層(4a)及び第 2 反射層(4b)の中心波長は、互いに色相が異なり、補色の関係にあることを特徴とする発光素子。

20

【請求項 4】

請求項 1 乃至 3 のいずれか一に記載の発光素子において、
前記第 1 反射層(4a)の反射光の中心波長が、前記発光層(8)からの光の波長に対して 0.8 倍以上 1.0 倍未満であり、
前記第 2 反射層(4b)の反射光の中心波長が、前記発光層(8)からの光の波長に対して、1.15 倍以上 1.40 倍以下であることを特徴とする発光素子。

【請求項 5】

請求項 1 乃至 4 のいずれか一に記載の発光素子において、
前記発光層(8)が発する光の波長が 360 nm 乃至 650 nm にあることを特徴とする発光素子。

30

【請求項 6】

請求項 1 乃至 5 のいずれか一に記載の発光素子において、
前記反射構造(4)は、さらに第 3 反射層を有しており、
該第 3 反射層の反射光の中心波長が、前記第 1 反射層(4a)と第 2 反射層(4b)の中心波長との間の波長域内にあることを特徴とする発光素子。

【請求項 7】

請求項 1 乃至 6 のいずれか一に記載の発光素子において、
前記反射構造(4)は、2 種以上からなる材料膜を積層させた誘電体多層膜であることを特徴とする発光素子。

40

【請求項 8】

請求項 1 乃至 7 のいずれか一に記載の発光素子において、
複数の前記反射構造(4)を所定の間隔を経て水平方向に配列した反射構造群(34)が、複数段にわたって略平行に離間されて積層されており、
各段の反射構造群(34)は、下段に位置される反射構造(4)の水平方向における離間領域の開口の少なくとも一部を覆うように、上段の反射構造(4)が形成されてなることを特徴とする発光素子。

【請求項 9】

請求項 1 乃至 8 のいずれか一に記載の発光素子において、

50

前記反射構造(4)は、前記半導体構造(11)上の少なくとも一部に絶縁性膜(16)を介して形成されていることを特徴とする発光素子。

【請求項 10】

請求項 1 乃至 9 のいずれか一に記載の発光素子において、

前記半導体構造(11)の主面に透光性導電層(13)が被覆され、さらに、該透光性導電層(13)上の少なくとも一部には前記反射構造(4)が形成されており、

前記電極(3)は、前記反射構造(4)及び前記透光性導電層(13)とに接する金属電極層(23)を備えることを特徴とする発光素子。

【請求項 11】

発光素子(10)と、

10

前記発光素子(10)からの出射光の波長を変換可能な波長変換部材(12)と、
を有する発光装置であって、

前記発光素子(10)が請求項 1 乃至 10 のいずれか一に記載の発光素子であることを特徴とする発光装置。

【請求項 12】

請求項 11 に記載の発光装置において、

前記波長変換部材(12)が、前記発光素子(10)の光取り出し面(18)に接して、または近接して配置されていることを特徴とする発光装置。

【請求項 13】

請求項 11 又は 12 に記載の発光装置において、

20

前記発光素子は、360nm乃至800nmに発光ピーク波長を有するLEDであり、
前記波長変換部材(12)は、LAG、BAM、BAM:Mn、YAG、CCA、SCA、SCESN、SESN、CESN、CASBN及びCaAlSiN₃:Euよりなる群から選択される蛍光体の少なくとも1種を含むことを特徴とする発光装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、反射構造を有する発光素子及びこれを備える発光装置に関する。

【背景技術】

【0002】

30

発光素子より放出される光源光と、これに励起されて光源光と異なる色相の光を放出できる波長変換部材とを組み合わせることで、光の混色の原理により、多様な色彩の光を出射可能な発光装置が開発されている。特に近年では、より低消費電力で長寿命の次世代照明として注目を集めており、更なる発光出力の向上及び耐候性に優れた質の高い発光装置が求められている。

【0003】

上記の発光装置において、出力に関する改善方法の一例として、光源からの一次光や、波長変換後の二次光が、発光装置を構成する部材に進向した際に、光の一部が吸収されて光損失を招くのを抑止する策が講じられている。一案として、発光素子の電極の表面に、高反射率を示すAg層を被覆する発光装置が開発されている(特許文献1)。例えば、図13に示す発光素子100は、配線基板等を実装された際に、電極形成面側(図13における下側)と対向する基板101側(上側)を主発光面とするフェイスダウン型の素子であり、これを示すために上下逆に図示されている。すなわち、発光素子100は、基板101上に、n型半導体層102、活性層103、p型半導体層104を順に積層してなり、n型半導体層102の露出領域にはn側電極106を、またp型半導体層104上にはp側電極105をそれぞれ備える。さらに、p型電極105は、高反射率を示すAg層からなる第1の金属層105aと、この表面を被覆する第2の金属層105bから構成される。

40

【0004】

この構造であれば、発光装置内の光源からの一次光、二次光が電極105側へと進向す

50

る際、高反射率を示す A g 層によって光を反射させ、主発光面である基板 1 0 0 側へと導光できるため、金属電極への光吸収を抑制し、光取り出し効率を向上させることができる。

【0005】

しかしながら A g は高温、高湿度下、電界下における腐食やイオンマイグレーションを起こしやすい虞がある。マイグレーションが起これば、電極層が乱れ、発光強度の低下や短絡による寿命の短縮という問題が生じる。したがって、これを抑制するために、例えば図 1 3 の発光素子 1 0 0 では、A g 層である第 1 反射層を、V、T i 等の A g 以外の金属元素からなる第 2 の金属層 1 0 5 b でもって被覆している。その他、A g を含む合金層でもって電極を構成するなど、何らかのマイグレーション対策を図る必要があり、このため製造工数や部品数が増加しコスト高につながるという問題があった。

10

【0006】

さらには、A g 等の金属製の反射膜に代用できる、非金属製の反射膜を用いた反射構造が提案されている（特許文献 2）。すなわち、発光素子の半導体層表面に、透光性電極を介して、開口部・分離部を有した透光性絶縁性膜と、その開口部・分離部を通じて、透光性電極に導通するパッド電極を設け、さらに、その透光性絶縁膜に誘電体多層膜反射膜を設ける。これにより外部量子効率が向上し、光源からの出射光の光取り出し効率が改善される。

【0007】

一方で、反射層に、反射対応領域を広域化した誘電体多層膜を備えることで、発光素子からの出射光が、角度をもって反射膜へと入射した際も反射でき、すなわち、垂直方向のみならず斜め入射の光をも好適に反射する機能を付与した反射構造が提案されている（特許文献 3）。

20

【特許文献 1】特開平 1 1 - 2 2 0 1 7 1 号公報

【特許文献 2】特開 2 0 0 5 - 1 9 7 2 8 9 号公報

【特許文献 3】特開平 7 - 2 2 6 5 3 5 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

しかしながら、上記の反射構造を有する発光素子を発光装置の光源として採用した場合、素子からの出射光単独での出力は向上するものの、この出力を高めた素子を、波長変換部材を有する発光装置の励起光源として適用したところ、予期したほどの混合色光における出力を得られなかった。

30

【0009】

本発明は、従来のこのような問題点を解消するためになされたものである。本発明の目的は、高出力で所望の色彩を有する発光波長を放出可能な、耐候性に優れた発光を実現できる発光素子及びこれを備え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】

【0010】

上記の目的を達成するために、本発明の第 1 の発光素子は、発光層 8 を有する半導体構造 1 1 と、半導体構造 1 1 の一方の主面側に設けられた光取り出し面 1 8 と、半導体構造 1 1 の他方の主面側に備えられ、半導体構造 1 1 に電氣的に接続される電極 3 と、を有する発光素子であって、半導体構造 1 1 と電極 3 との間に反射構造 4 が形成されており、反射構造 4 は、発光層 8 からの光の波長に対応する中心波長を反射する第 1 反射層 4 a と、中心波長とは異なる波長を中心波長とする第 2 反射層 4 b とから構成され、第 1 反射層 4 a と第 2 反射層 4 b の少なくとも一方の中心波長が、可視光域であることを特徴とする。

40

【0011】

また、本発明の第 2 の発光素子は、第 1 反射層 4 a の中心波長が発光層からの光の波長より短波長であり、第 2 反射層 4 b の中心波長が発光層からの光の波長より長波長であることを特徴とする。

50

【0012】

また、本発明の第3の発光素子は、第1反射層4a及び第2反射層4bの中心波長は、互いに色相が異なり、補色の関係にあることを特徴とする。

【0013】

また、本発明の第4の発光素子は、第1反射層4aの反射光の中心波長が、発光層8からの光の波長に対して0.8倍以上1.0倍未満であり、第2反射層4bの反射光の中心波長が、発光層8からの光の波長に対して、1.15倍以上1.40倍以下であることを特徴とする。

【0014】

また、本発明の第5の発光素子は、発光層8が発する光の波長が360nm乃至650nmにあることを特徴とする。

10

【0015】

また、本発明の第6の発光素子は、反射構造4は、さらに第3反射層を有しており、第3反射層の反射光の中心波長が、第1反射層4a及び第2反射層4bの中心波長との間の波長域内にあることを特徴とする。

【0016】

また、本発明の第7の発光素子は、反射構造4は、2種以上からなる材料膜を積層させた誘電体多層膜であることを特徴とする。

【0017】

また、本発明の第8の発光素子は、複数の反射構造4を所定の間隔を経て水平方向に配列した反射構造群34が、複数段にわたって略平行に離間されて積層されており、各段の反射構造群34は、下段に位置される反射構造4の水平方向における離間領域の開口の少なくとも一部を覆うように、上段の反射構造4が形成されてなることを特徴とする。

20

【0018】

また、本発明の第9の発光素子は、反射構造4が、半導体構造11上の少なくとも一部に絶縁性膜16を介して形成されていることを特徴とする。

【0019】

また、本発明の第10の発光素子は、半導体構造11の主面に透光性導電層13が被覆され、さらに、透光性導電層13上の少なくとも一部には反射構造4が形成されており、電極3は、反射構造4及び透光性導電層13とに接する金属電極層23を備えることを特徴とする。

30

【0020】

また、本発明の第11の発光装置は、発光素子10と、発光素子10からの出射光の波長を変換可能な波長変換部材12と、を有する発光装置であって、発光素子10が本発明の第1乃至第10に記載のいずれか一の発光素子であることを特徴とする。

【0021】

また、本発明の第12の発光装置は、波長変換部材12が、発光素子10の光取り出し面18に接して、または近接して配置されていることを特徴とする。

【0022】

また、本発明の第13の発光装置は、発光素子は、360nm乃至800nmに発光ピーク波長を有するLEDであり、波長変換部材12は、LAG、BAM、BAM:Mn、YAG、CCA、SCA、CESN、SESN、CESN、CASBN及びCaAlSiN₃:Euよりなる群から選択される蛍光体の少なくとも1種を含むことを特徴とする。

40

【発明の効果】

【0023】

本発明の発光素子によれば、光取り出し面と対向する面側に形成された電極へと進行した光を、反射構造をもって光取り出し面側へと反射できる。これにより電極での吸収による光損失を低減し、外部量子効率を高めることができる。

【0024】

50

また、本発明の発光素子であれば、特に、発光素子からの出射光の波長を変換可能な波長変換部材を有する発光装置の出力光を改善できる。なぜなら、活性層からの出力光のみならず、二次光、すなわち波長変換部材でもって波長変換された光をも高効率に反射できるため、混合色を構成する成分光の出力を増加でき、ひいては装置全体としての出射光の出力を向上できるからである。また、各々の成分光は、素子内の同一の反射構造でもって反射されるため、一次光及び二次光の集光性、指向性に優れた発光装置とできる。さらに、波長選択性を有する反射構造を使用することにより、反射される一次光及び二次光の色相の差を修正できるため、発光装置間における、混合色の色ムラを低減できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0025】

10

以下、本発明の実施例を図面に基づいて説明する。ただし、以下に示す実施例は、本発明の技術思想を具体化するための、発光素子及びこれを備える発光装置を例示するものであって、本発明は、発光素子及びこれを備える発光装置を以下のものに特定しない。さらに、本明細書は、特許請求の範囲を理解しやすいように、実施例に示される部材に対応する番号を、「特許請求の範囲」、及び「課題を解決するための手段の欄」に示される部材に付記している。ただ、特許請求の範囲に示される部材を、実施例の部材に特定するものではない。特に実施例に記載されている構成部品の寸法、材質、形状、その相対的配置等は特に特定の記載がない限りは、本発明の範囲をそのみに限定する趣旨ではなく、単なる説明例にすぎない。

【0026】

20

なお、各図面が示す部材の大きさや位置関係等は、説明を明確にするため誇張していることがある。さらに以下の説明において、同一の名称、符号については同一もしくは同質の部材を示しており、詳細説明を適宜省略する。さらに、本発明を構成する各要素は、複数の要素を同一の部材で構成して一の部材で複数の要素を兼用する態様としてもよいし、逆に一の部材の機能を複数の部材で分担して実現することもできる。また、本明細書において、層上などでいう「上」とは、必ずしも上面に接触して形成される場合に限られず、離間して上方に形成される場合も含んでおり、層と層の間に介在層が存在する場合も包含する意味で使用する。

【0027】

(実施の形態1)

30

本発明の実施の形態1に係る発光装置1を図1の断面図に示す。この図の発光装置1に搭載される発光素子10は、窒化物半導体素子の一例であるLEDチップを採用しており、このLEDチップを配線基板9の一であるサブマウント上にフリップチップ実装している。フリップチップ実装とは、電極形成面と対向する成長基板5側を主光取出し面とする実装方式であり、フェイスダウン実装とも呼ばれる。図1の発光素子10は、フリップチップ実装であることを示すため、上下逆に表示している。

【0028】

また、図1の発光装置1において、フリップチップ実装された発光素子10の近傍には、波長変換部材12が配置されており、この波長変換部材12でもって、活性層8より放出される光の波長を変換する。これにより、活性層8からの出射光と、波長変換部材でもって波長変換された光との加色混合により、所望の光を発光可能な発光装置とできる。

40

【0029】

また、発光素子10は、発光層8を有する半導体構造11を備える。図1の発光素子10では、対向する一对の主面を有する成長基板5の一方の主面上に、半導体構造11としての窒化物半導体層を積層して形成されている。具体的に、図1の発光素子10では、成長基板5の下面側に、第1の窒化物半導体層6、活性層8、第2の窒化物半導体層7とを順に備える窒化物半導体層11が積層されている。また、第1の窒化物半導体層6及び第2の窒化物半導体層7には、電氣的に接続される第1の電極3A及び第2の電極3Bを各々備える。発光素子10は、第1の電極3A及び第2の電極3Bを介して、外部より電力が供給されると、活性層8から光を放出し、図1における成長基板5の上面側から、主に

50

光が取り出される。すなわち図 1 の発光素子 10 では、成長基板 5 において、電極 3 A、3 B の装着面側（図 1 の下側）と対向する他方の主面側（図 1 の上側）を主な光取り出し面 18 とする。

【0030】

さらに、第 1 の電極 3 A、第 2 の電極 3 B からなる一組の電極 3 は、反射構造 4 をそれぞれ有する。反射構造 4 としては、例えば多層構造からなる誘電体多層膜 4 が挙げられる。図 1 の例における誘電体多層膜 4 は、屈折率の異なる 2 種以上の材料膜を交互に積層させた多層構造であり、半導体構造 11 と電極 3 との間の少なくとも一部に設けられて、所望の波長光を選択的に反射できる。また、図 2 は、図 1 の発光装置における第 2 の電極 3 B 近傍の拡大図である。誘電体多層膜 4 の詳細な構造については後述するが、図 2 の例では、第 1 反射層 4 a 及び第 2 反射層 4 b から構成される誘電体多層膜 4 が、互いに離間されて水平に形成されている。また、第 1 反射層 4 a は、発光層 8 からの光を中心波長とする反射域を有しており、一方、第 2 反射層 4 b は、発光層 8 からの光の中心波長とは異なる波長を中心波長とする反射域を有する。さらに、第 1 反射層 4 a と第 2 反射層 4 b の少なくとも一方の中心波長は可視光域にある。また、誘電体多層膜 4 は、第 1 反射層 4 a 及び第 2 反射層 4 b に加えて、これらの反射層の中心波長とは異なる反射特性を備えた第 3 反射層を有してもよい。第 3 反射層の中心波長は、第 1 反射層 4 a 及び第 2 反射層 4 b の中心波長との間の波長域内にあることが好ましい。これにより、誘電体多層膜 4 の干渉作用による透過率の谷の発生を抑制でき、所定の波長範囲において、連続的に高効率な反射効果を実現できるからである。また、誘電体多層膜 4 における反射層の積層順は特に限定されない。以下に発光装置 1 の各部材の詳細な説明を記す。

【0031】

（発光素子）

図 3 は、図 1 の発光素子 10 であって、フリップチップ実装する前の状態、すなわち成長基板 5 を最下層にして、その上方に半導体構造 11 を積層した状態を示す概略断面図である。実際の発光装置の製造工程では、成長基板 5 の上面に各層が積層された窒化物半導体素子を上下逆にして図 1 のように実装する。また、図 4 は発光素子 10 の平面図であって、反射構造が形成される製造工程を説明する説明図、図 5、図 6 は一製造工程における発光素子の平面図をそれぞれ示す。なお、同様の構成要素については同符号を付して、その詳細な説明を省略している。以下に半導体素子の製造方法を、図 1 ～図 6 を使用して説明する。

【0032】

発光素子 10 として、例えば図 3 に示す LED のような窒化物半導体素子では、成長基板 5 であるサファイヤ基板の上に、第 1 の窒化物半導体層 6 である n 型半導体層、活性層 8 である発光層、第 2 の窒化物半導体層 7 である p 型半導体層を順にエピタキシャル成長させた窒化物半導体層 11 と、さらに窒化物半導体層 11 の上に形成された透光性導電層 13 とを有する。結晶成長方法としては、例えば、有機金属気相成長法（MOCVD: metal-organic chemical vapor deposition）、ハイドライド気相成長法（HVPE）、ハイドライド CVD 法、MBE（molecular beam epitaxy）などの方法が利用できる。

【0033】

続いて、発光層 8 および p 型半導体層 7 の一部を選択的にエッチング除去して、n 型半導体層 6 の一部を露出させ、さらに、第 1 の電極 3 A である n 型パッド電極を形成している。また n 型電極 3 A と同一面側であって、透光性導電層 13 上には、第 2 の電極 3 B である p 型パッド電極が形成される。さらに、n 型パッド電極 3 A 及び p 型パッド電極 3 B の所定の表面のみを露出し、他の部分は絶縁性の保護膜で被覆できる。なお、n 型パッド電極は、n 型半導体層 6 の露出領域に、透光性導電層 13 を介して形成してもよい。以下に半導体発光素子 1 の各構成要素に関して、具体的に説明する。

【0034】

（成長基板）

成長基板 5 は、半導体層 11 をエピタキシャル成長させることができる基板で、基板の

大きさや厚さ等は特に限定されない。窒化物半導体における基板としては、C面、R面、及びA面のいずれかを主面とするサファイアやスピネル (MgAl_2O_4) のような絶縁性基板、また炭化珪素 (6H、4H、3C)、シリコン、ZnS、ZnO、Si、GaAs、ダイヤモンド、及び窒化物半導体と格子接合するニオブ酸リチウム、ガリウム酸ネオジウム等の酸化物基板、GaNやAlN等の窒化物半導体基板があり、そのオフアングルした基板 (例えば、サファイアC面で $0.01^\circ \sim 3.0^\circ$) も用いることができる。また、成長基板5を半導体層11形成後に除去した基板の無い半導体素子構造、その取り出した半導体層を支持基板、例えば導電性基板に接着、フリップチップ実装した構造等とすること、また別の透光性部材・透光性基板を半導体層に接着した構造とするもできる。具体的には、半導体層の光取り出し側の主面に成長基板、接着した部材・基板を有する場合は透光性とし、不透光性、遮光性、光吸収性の成長基板の場合は除去し、そのような基板に半導体層を接着する場合は、半導体層主面の光反射側に設ける構造とする。光取り出し側の透光性基板・部材から半導体層に電荷を供給する場合は、導電性のものを用いると良い。その他、ガラス、樹脂などの透光性部材により半導体層が接着・被覆されて、支持された構造の素子でも良い。成長用基板の除去は、例えば装置又はサブマウントのチップ載置部に保持して、研磨、LLO (Laser Lift Off) で実施できる。また、透光性の異種基板であっても、基板除去することで、光取り出し効率、出力を向上させることができ、好ましい。

10

【0035】

(半導体層)

20

半導体層11としては、実施例及び以下で説明する窒化物半導体が、可視光域の短波長域、近紫外域、若しくはそれより短波長域である点、その点と光変換部材 (蛍光体) とを組み合わせた発光装置において好適に用いられる。また、それに限定されずに、InGaAs系、GaP系などの半導体でも良い。

【0036】

(発光素子構造)

半導体層による発光素子構造は、後述する第1導電型 (n型)、第2導電型 (p型) 層との間に活性層を有する構造が出力、効率上好ましいが、それに限定されず後述する構造など、その他の発光構造でも良い。各導電型層に、絶縁、半絶縁性、逆導電型構造が一部に設けられても良く、またそれらが第1、2導電型層に対し付加的に設けられた構造でも良く、別の回路構造、例えば保護素子構造、を付加的に有しても良く、また上記基板が発光素子の導電型の一部を担う構造でも良い。

30

【0037】

半導体層に設けられる電極は、実施例及び以下で説明する一方の主面側に第1導電型 (n型)、第2導電型 (p型) 層の電極が設けられる構造が好ましいが、それに限定されず半導体層の各主面に対向して各々電極が設けられる構造、例えば上記基板除去構造において除去側に電極を設ける構造でも良い。

【0038】

(窒化物半導体層)

窒化物半導体としては、一般式が $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x$ 、 $0 \leq y$ 、 $x+y \leq 1$) であって、BやP、Asを混晶してもよい。また、n型半導体層6、p型半導体層7は、単層、多層を特に限定しない。窒化物半導体層11には活性層である発光層8を有し、この活性層は単一 (SQW) 又は多重量子井戸構造 (MQW) とする。以下に窒化物半導体層11の詳細を示す。

40

【0039】

成長基板上に、バッファ層などの窒化物半導体の下地層、例えば低温成長薄膜GaNとGaN層を介して、n型窒化物半導体層、例えばSiドープGaNのn型コンタクト層とGaN/InGaNのn型多層膜層、p型窒化物半導体層、例えばMgドープのInGaN/AlGaNのp型多層膜層とMgドープGaNのp型コンタクト層を有し、さらにそのp型、n型層の間に活性層を有する構造を用いる。

50

【0040】

また、窒化物半導体の発光層8（活性層）は、例えば、 $\text{Al}_a\text{In}_b\text{Ga}_{1-a-b}\text{N}$ （ $0 \leq a \leq 1$ 、 $0 \leq b \leq 1$ 、 $a + b \leq 1$ ）からなる井戸層と、 $\text{Al}_c\text{In}_d\text{Ga}_{1-c-d}\text{N}$ （ $0 \leq c \leq 1$ 、 $0 \leq d \leq 1$ 、 $c + d \leq 1$ ）からなる障壁層とを含む量子井戸構造を有する。活性層に用いられる窒化物半導体は、ノンドープ、n型不純物ドープ、p型不純物ドープのいずれでもよいが、好ましくはノンドープ又はn型不純物ドープの窒化物半導体を用いることにより発光素子を高出力化することができる。障壁層は井戸層よりもバンドギャップエネルギーの大きな窒化物半導体を用いられる。井戸層にAlを含ませることで、GaNのバンドギャップエネルギーである波長365nmより短い波長を得ることができる。活性層から放出する光の波長は、発光素子の目的、用途等に応じて360nm～650nm付近、好ましくは380nm～560nmの波長とする。

10

【0041】

井戸層の組成はInGaNが、可視光・近紫外域に好適に用いられ、その時の障壁層の組成は、GaN、InGaNが良い。井戸層の膜厚は、好ましくは1nm以上30nm以下、より好ましくは2nm以上20nm以下であり、1つの井戸層の単一量子井戸、障壁層などを介した複数の井戸層の多重量子井戸構造とできる。

【0042】

また、窒化物半導体層11の積層構造としては、MIS接合、PIN接合やPN接合を有したホモ構造、ヘテロ構造あるいはダブルヘテロ構成のものが挙げられる。また、各層を超格子構造としたり、活性層である発光層8を量子効果が生ずる薄膜に形成させた単一量子井戸構造や多重量子井戸構造とすることもできる。

20

【0043】

次に、p型半導体層7の表面に所定の形状をなすマスクを形成し、p型半導体層7及び活性層である発光層8をエッチングする。これにより図4（a）に示すように、所定の位置のn型半導体層6を構成するn型コンタクト層6aが露出される。

【0044】

（光反射構造）

本発明の発光素子の基本的な構造について具体的には、半導体層の互いに対向する2つの主面は、一方を光取り出し側、他方を光反射側とする。この光反射側には、光反射構造が設けられ、特に活性層などの発光構造を有する領域に設けられる。

30

【0045】

光反射構造は、電極構造の一部、電極構造との重畳構造、電極構造との面内分離構造、などとして設けられ、好適には発光構造に対応して発光面積を大きく、電荷注入効率を高めるように重畳構造とする。具体的には、半導体層接触側の電極である透光性導電層と、素子外部と接続する外部接続用（パッド）電極との間に、反射構造が設けられる。この電極間の反射構造は、電極間を導通するような構造になる。具体的には、以下に示す導通経路と反射領域とが面内に分離して配置された構造とすることが好ましいが、これに限らず導電性の反射構造としても良い。この面内分離の反射構造は、分離領域に導通構造を有しているため、絶縁性で構成することができる。尚、光取り出し側に電極を設ける場合は、部分電極、光透過性電極、透光性電極、それらを組み合わせた構造を用いることができる。

40

【0046】

本発明の反射構造には、発光波長に反射率が依存する反射部を有し、具体的には、以下の誘電体多層膜、DBRなどを用いる。この波長依存性反射部の他に、半導体層、透光性部材（波長依存性反射部、電極）との屈折率差により反射させる透光性膜、金属反射膜を付加的に有していても良く、その場合、これら透光性の部材は半導体層側に、遮光性の金属反射膜はその外側にそれぞれ配置される。また、波長依存性膜、透光性膜の配置は、特に限定されないが、好適には半導体層側から順に透光性膜、波長依存性膜を設けると、透光性膜による屈折率差の反射機能と、波長依存成膜による波長、方向依存の反射とを機能分離して各機能を高めることで好ましい。

50

【0047】

また、これら反射構造は、各々1つ設けた構造だけでなく、後述するように多重構造、例えば各膜・部材を備えた反射構造を繰り返した重畳構造、反射構造の各膜・部材を複数備えた、若しくは多重化した構造、とすることができる。具体的には、前者の反射構造の重畳化は、後述する図10のような構造であり、後者の構成膜・部材の多重化は、多種の波長依存性膜、例えば中心波長の異なる誘電体多層膜を積層するような構造、とする。尚、反射構造を構成する各膜・部材は、一体的に形成する例を以下に示すが、これに限らず、各膜・部材を互いに異なる形状、パターンとすることもできる。

【0048】

以上では、発光構造に対応して設けられる反射構造について述べたが、これに限らず、後述のn電極領域のような非発光領域、半導体層の側面若しくは発光構造の側面、又は素子表面の領域に、反射構造を設けること、例えば後述の保護膜に対応して重畳的に設けることができる。

10

【0049】

以下、反射構造における透光性導電層（電極）、誘電体多層膜、絶縁性膜（透光性膜）、電極、並びに保護膜を順に説明する。

【0050】

（透光性導電層）

さらに、p型半導体層7上に、透光性導電層13を形成する。図4（b）に示すように、p型半導体層7及び露出したn型半導体層6のほぼ全面に導電層が形成されることにより、電流をp型半導体層7全体に均一に広げ、透光性を備えることで、その上に反射構造を設けることができる。

20

【0051】

また、透光性導電層13の被覆領域は、n型半導体層6及びp型半導体層7の双方の半導体層のみならず、どちらか一方の半導体層のみに限定することもできる。図4（b'）の例では、透光性導電層13をn型半導体層6上に形成せず、p型半導体層7のみに被覆している。

【0052】

透光性導電層13は、透明電極など数々の種類があるが、好ましくはZn、In、Snよりなる群から選択された少なくとも一種の元素を含む酸化物とする。具体的には、ITO、ZnO、In₂O₃、SnO₂等、Zn、In、Snの酸化物を含む透光性導電層13を形成することが望ましく、好ましくはITOを使用する。あるいはNi等の金属を30Å等の薄膜の金属膜、その他の金属の酸化物、窒化物、それらの化合物、窓部の開口部を有する金属膜のような光透過構造、以上の複合物でもよい。このように、露出したp型半導体層7のほぼ全面に導電層が形成されることにより、電流をp型半導体層7全体に均一に広げることができる。

30

【0053】

また、透光性導電層13の厚さは、その層の光吸収性と電気抵抗・シート抵抗、すなわち、光の反射構造と電流広がり性を考慮した厚さとし、例えば1μm以下、具体的には10nmから500nmとする。また、活性層8から放出される光の波長λに対してλ/4のおよそ整数倍とすることが光取り出し効率が上がるので好ましい。

40

【0054】

（誘電体多層膜）

具体的に、図2、図3、図4（c）に示す誘電体多層膜4は、窒化物半導体層11と電極3との界面19の少なくとも一部に形成され、好ましくは所定のパターンで半導体層、透光性導電層の略全体を覆うように形成される。また、誘電体多層膜4の面内配置の個数は特に限定されないが、複数の多層膜を形成する場合は、互いに離間されることが好ましい。特に、図3に示すように、絶縁性膜16を介して反射構造が形成される場合、透光性導電層13との界面19上の少なくとも一部を開口するよう、所定の間隔をもって離間しつつ水平に配置することが好ましい。これにより、電極より供給される電力の導通経路3

50

2（図2の矢印参照）を封鎖することなく、外部電極側から窒化物半導体層11側へと給電できる。

【0055】

実施の形態1に係る誘電体多層膜4は、屈折率の異なる2種以上からなる材料膜を交互に積層させた多層構造である。誘電体多層膜4は、所定の波長を高効率に反射できる。これは、誘電体多層膜4が、屈折率の異なる膜を1/4波長の厚みで交互に積層した多層膜である。また、誘電体多層膜4の例は、Si、Ti、Zr、Nb、Ta、Alからなる群より選択された少なくとも一種の酸化物または窒化物から選択された少なくとも2つを繰り返し積層した誘電体多層膜が好ましい。さらに好ましくは非金属元素からなる材質、あるいは酸化物の積層構造とし、例えば $(\text{SiO}_2/\text{TiO}_2)_n$ （ただしnは自然数）の積層構造等で構成される。

10

【0056】

図3に示す誘電体多層膜4は、活性層8からの光を中心波長とする第1反射層4aと、この中心波長とは異なる波長を中心波長とする第2反射層4bとが積層された構造を備える。また、第2反射層4bは、第1反射層4aよりも、長波長な中心波長かつ広範囲な反射帯域を有することができる。具体的に、第2反射層4bは、発光層8からの光の波長に対して1.15倍～1.40倍、好ましくは1.20倍～1.35倍の波長域に相当する反射特性を有する。また、第1反射層4a及び第2反射層4bの少なくとも一の反射層は、その中心波長が可視光域であり、双方の反射層は互いに色相が異なることが好ましい。

【0057】

第2反射層4bは、好ましくは中心波長が一定で一对、さらに好ましくは複数対の層で構成され、また、別の形態として好ましくはその一定の中心波長の層を複数組、例えば2組、例えば後述の実施例の第2、3反射層、若しくはそれ以上有しても良く、好適には1組か2組とする。また、上記の波長域に対応できるよう、所定の等差級数或いは等比級数を満たす連続的に変化した膜厚でもって、多層膜中の層ごとに厚み、或いは、上記の波長域内であって中心波長を徐々にずらした複数の層ペアを有して広帯域化させることができる。

20

【0058】

図3の例の反射構造4では、狭い波長域に相当する第1反射層4aと、広い波長域に対応する第2反射層4bを有する。これにより、エネルギー変換量の誤差により生じるストークスシフトのバラツキによって、二次光における波長のバラツキを、広帯域な第2反射層4bでもってカバーできる。すなわち、各々の反射構造を、混色光の成分光の発光特性にそれぞれ対応させることにより、成分光の出力を高められるため、結果、高出力な混合色とできる。また、反射の波長域を選択することで、演色性の向上した出射光とできる他、一方で、所望としない色相を有する二次光の出力が強調されるのを低減させるフィルターの役割も担うことができる。

30

【0059】

特に可視光である青色系の励起光源に黄色系の蛍光体を組み合わせた発光装置の場合、単一の蛍光体のみで白色LEDを構成できるため、光学特性の調整が容易で、かつ高い変換効率を得られる。また、紫外光からの色変換に比べて、ストークスシフトが小さく本質的なエネルギー変換を改善できる。さらに青色LEDの透過光を利用できるため発光効率が高い。したがって、上記の色相の組み合わせによる光源光と蛍光とを有する発光装置に、該色相に応じた反射構造をそれぞれ搭載することにより、光損失を低減でき一層の高出力となる。

40

【0060】

また、発光装置より放出される混色光の成分光における波長に対応した反射構造とすることで、成分光の色相を略統一できるため、発光素子または発光装置間での発光色のバラツキを低減できる。さらに、誘電体多層膜において、反射の中心波長を、光源光、および励起後の波長変換部材の発光波長に限定することで、広範囲な波長をグレーティングさせたものと比較して薄型とでき、製造工程の簡略化が実現する。加えて、光源である一次光

50

が角度をもって誘電体多層膜へと入射した場合の、長波長側へと遷移した傾斜光をも第2反射層4bでもって反射可能であり、素子の光取り出し効率を向上できる。

【0061】

(誘電体多層膜の形成パターン)

誘電体多層膜4を形成するパターンは、任意のパターンを使用できる。これらのパターンは、レジストパターンの上からRIE (reactive ion etching) やイオンミリング (ion milling)、リフトオフ等の方法により形成する。好ましい開口部形状としては、図5に示すストライプ状、図6に示すドット状、またはブロック状とする。図4(c)の例では、誘電体多層膜4の開口部35がドット状にパターンニングされている。また、誘電体多層膜4は、図3に示すように、少なくとも開口部35を備えることで、透光性導電層13の露出領域を有する。このように部分的にITOが表出してパッド電極と接触するような構造とすることで、図2に示すようにこの領域が導通経路32となり、接触抵抗を実質的に低減して順方向電圧を低下させることができる。なお、誘電体多層膜4の形成パターンは上記の例に限られず、例えばドットの形状を円形、楕円形、矩形状、多角形状などとしたり、またブロック状のパターンの縦横幅を適宜変更したり、そのブロック状の形状を三角形状や円形、半円形、多角形状としたり、これらの配置を千鳥状としたり、種々の形成部・開口部の形状、配置としても良い。また全体に均一に配置する例に限られず、領域ごとに大きさや密度を適宜変更したり、上記のパターンを組み合わせたり、もできる。

10

【0062】

尚、図4(c)の平面図において、反射構造はp型半導体層7上のみに形成されているが、図3に示すように、n型半導体層6にも設けることができる。反射構造が、第1及び第2電極3A、3Bの双方に形成されれば、両領域に進行した光を選択的に反射して、所定の波長を有する光の損失を効率的に低減できる。また、実施の形態1の発光装置では、両電極が同一面側に配置されているため、双方の電極に反射構造を形成すれば、発光素子の主面のほぼ全体に反射構造領域を備えることとなり、光取り出し効率を高めることができる。

20

【0063】

また、図3の発光素子10において、双方の電極3に形成される誘電体多層膜4、さらに好ましくは反射構造の光学的特性は略同じとする。これにより、誘電体多層膜4が両電極で略同じであると、発光装置1の光源による色ムラを低減できる他、両方を同時形成することにより製造工程の簡略化が図れる。一方、各電極3A、3Bに装着される各々の誘電体多層膜4は、その光学的特性に差を設けても良い。例えば、電極の部位による光の入射角度や、波長変換部材との離間距離などを考慮して、反射層の膜厚を決定することができる。

30

【0064】

(絶縁性膜)

また、図2の窒化物半導体素子10では、半導体構造11上に適宜形成される透光性導電層13と誘電体多層膜4との間に、透光性の絶縁性膜16を介することができ、好ましくは反射構造内に設けられる。この透光性の絶縁性膜16は、発光素子10からの光を効率よく反射させ、一部を多層膜4に透過させるように高い透光性を有する。そのため絶縁性膜16は、好ましくは酸化物とし、さらに好ましくはSi、Alよりなる群から選択された少なくとも一種の元素の酸化物とする。具体的には、 SiO_2 、 Al_2O_3 等とし、好ましくは SiO_2 を使用する。

40

【0065】

絶縁性膜16の厚さは特に限定するものではなく、 $10\text{nm} \sim 2\mu\text{m}$ 程度の厚さで形成可能である。特に、絶縁性膜16の上面に形成される金属電極層と共に設けられる場合の絶縁性膜16の膜厚は、 10nm から 500nm とすることが好ましい。

【0066】

(電極)

透光性導電層13上に誘電体多層膜4を含む反射構造が形成された後、図3、図4(d)

50

）に示すように、金属電極層 2 3 が形成され、透光性導電層に電氣的に接続される。金属電極層 2 3 は、p 型半導体層 7 及び n 型半導体層 6 側に適宜設けられた透光性導電層 1 3、及び反射構造である誘電体多層膜 4 に接して、第 1 の電極 3 A と第 2 の電極 3 B 側にそれぞれ形成される。

【0067】

金属電極層は、発光素子と外部電極とを電氣的に接続させ、パッド電極として機能する。例えば、金属電極層表面に Au バンプのような導電部材 2 4 を配置し、導電部材を介して、発光素子の電極と、これに対向された外部電極との電氣的接続させる。また、金属電極層は透光性導電層 1 3 と一部が電氣的に直接接続される。パッド電極には既存の構成が適宜採用できる。例えば Au、Pt、Pd、Rh、Ni、W、Mo、Cr、Ti のいずれかの金属またはこれらの合金やそれらの組み合わせから成る。金属電極層の一例として、下面から W/Pt/Au、Rh/Pt/Au、W/Pt/Au/Ni、Pt/Au もしくは Ti/Rh の積層構造が採用できる。

10

【0068】

本実施の形態において、金属電極層は、透光性導電層 1 3 の少なくとも一部に接して形成される。また本発明に係る他の実施の形態における金属電極層の一部は、透光性導電層 1 3 に設けた貫通孔内に延在させて、あるいは透光性導電層 1 3 より外側にて、窒化物半導体層に直接接触する接触部として、設けてもよい。このように、金属電極層一部の接触部によって密着性を高めることができる。

【0069】

また、p 型窒化物半導体層 7 側および n 型窒化物半導体層 6 側に形成される金属電極層は、用いる金属の種類や膜厚を同じ構成とすることが好ましく、なぜなら同時に形成することで、別々に形成する場合と比較して、金属電極層の形成の工程を簡略化することができる。別々に設ける場合の n 型窒化物半導体層側の電極は、例えば、n 型窒化物半導体層 6 側から順に積層させた W/Pt/Au 電極（その膜厚として、例えばそれぞれ 20 nm/200 nm/500 nm）や、さらに Ni を積層させた W/Pt/Au/Ni、あるいは Ti/Rh/Pt/Au 電極等が利用できる。

20

【0070】

（保護膜）

金属電極層 2 3 を形成した後、外部領域との接続領域を除いて半導体発光素子 1 0 のほぼ全面に絶縁性の保護膜 1 4 を形成できる。図 4（e）の例では、n 型電極 3 A 部分及び p 型電極 3 B 部分に被覆される保護膜 1 4 に、開口部 2 1、2 2 がそれぞれ形成される。保護膜 1 4 には SiO₂、TiO₂、Al₂O₃、ポリイミド等が利用できる。尚、実施例で示すように、絶縁性膜 1 6 と保護膜 1 4 とを同一部材で併用させてもよく、すなわち保護膜 1 4 と絶縁膜 1 6 とを同一工程、同一膜として形成することで工程簡略化でき好ましい。

30

【0071】

なお、以上の例では p 電極および n 電極が同一面側に存在する発光素子をフリップチップ実装する例を説明したが、本発明を、発光素子が有する一対の電極が、発光層を上下に挟み込む、いわゆる縦型の発光素子にも採用できる。縦型の発光素子の電極では、少なくとも、発光素子を載置する配線基板側の電極に、反射層を設けることで、該反射層へと進行した光を、対向する光取り出し表面側へ反射できる。これに加えて、光取り出し表面側に形成された電極にも反射構造を形成して、電極への光吸収を抑制し、これにより外部量子効率を高めることができる。

40

【0072】

（発光装置）

上記の方法で得られた発光素子を配線基板上にフリップチップ実装して発光装置を得る。一例として図 1 に示される発光装置 1 の製造方法を図 7 を用いて説明する。まず図 7（a）に示すように、サブマウント基板 9 となるウェハ 2 5 上に、発光素子 1 0 をフリップチップ実装するパターンに従い、バンプ 2 4 を形成する。次に図 7（b）に示すように、

50

このバンプ 24 を介して発光素子 10 をフリップチップ実装する。この例では一のサブマウント基板 9 を形成する領域に、各々 2 個の LED チップを並べて実装している。さらに図 7 (c) で、スクリーン印刷を行う。スクリーン印刷は、メタルマスクをウェハ 25 上に配置して、被覆層 26 を構成する樹脂を塗布し、スキージで押し広げる。そして樹脂 26 を硬化後、メタルマスクを外して図 7 (d) に示すようにダイシングを行い、サブマウント基板サイズに切り出す。切り出されたサブマウント基板 9 は各々、図 7 (e) に示すように支持体 27 上に共晶ダイボンディングにより共晶層 28 を介して固定される。ここでは共晶ハンダとして、Au-Sn を使用し、約 290℃ で共晶を行った。その後、図 7 (e) に示すようにサブマウント基板 9 の電極と支持体 27 の電極 29 とをワイヤボンディング 31 で配線する。さらに図 7 (g) に示すように、LED チップの外周を覆うように樹脂製のレンズ 36 を接着材等により固定して、発光装置を得る。

10

【0073】

ただ、発光素子 10 の周囲を被覆する樹脂 26 の配置方法は特に限定されない。例えば樹脂 26 が配置される領域の界面を構成したパッケージを形成し、この内部に樹脂 26 を充填することもできる。また、発光素子は発光装置の所定の載置部に直接実装される形態、すなわちサブマウントを備えなくても良い。また、上記個々に切り出されたサブマウント基板、若しくは、それにレンズ等を接着、封止されたものを、発光装置とすることもできる。

【0074】

(波長変換部材)

20

また、図 1 に示すように、封止部材としての樹脂 26 には、発光素子 10 の光で励起されて蛍光を発する蛍光物質等の波長変換部材 12 が混入される。つまり、光源からの光の一部が、波長変換部材としての蛍光体を励起することで、主光源の波長とは異なった波長を持つ光が得られ、この結果、混色による所望の色相を有する出射光を実現できる。この波長変換部材 12 としては蛍光体が好適に利用できる。なぜなら蛍光体は光散乱性及び光反射性の機能をも備えているため、波長変換機能に加えて光散乱部材としての役割を果たし、光の拡散効果を得ることができるからである。蛍光体は、樹脂 26 中に、ほぼ均一の割合で混合することも、部分的に偏在するように配合することもできる。例えば、発光素子に近接すると上記反射構造に到達する蛍光体の光が多くなり、発光出力、効率の高い発光装置とできる。また、発光素子 10 から所定の距離だけ離間させることにより、発光素子 10 で発生した熱が蛍光物質に伝達し難くして蛍光物質の劣化を抑制できる。また、蛍光体は、発光装置の表面上において一層からなる発光層中に二種類以上存在してもよいし、二層からなる発光層中にそれぞれ一種類あるいは二種類以上存在してもよい。これにより所望の波長を有する発光装置を実現できる。尚、樹脂以外にガラスなどの透光性部材、並びに蛍光体粒子の凝集体、その結晶体の部材を用いることもできる。

30

【0075】

代表的な蛍光体 12 としては、銅で付括された硫化カドミ亜鉛やセリウムで付括された YAG 系蛍光体及び LAG 系蛍光体が挙げられる。特に、高輝度且つ長時間の使用時においては $(\text{Re}_{1-x}\text{Sm}_x)_3(\text{Al}_{1-y}\text{Ga}_y)_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$ ($0 \leq x < 1$, $0 \leq y \leq 1$ 、但し、Re は、Y、Gd、La、Lu からなる群より選択される少なくとも一種の元素である。) 等が好ましい。また YAG、LAG、BAM、BAM:Mn、CCA、SCA、SCESN、SESN、CESN、CASBN 及び $\text{CaAlSiN}_3:\text{Eu}$ からなる群から選択される少なくとも 1 種を含む蛍光体が使用できる。

40

【0076】

実施の形態 1 の波長変換部材 12 としては、YAG 蛍光体を使用して、光源からの出射光と、その一部が該蛍光体 12 により励起されて出射光とは異なる波長を有する光との混色により、例えば白色を得ることができる。また、蛍光体としては、ガラスや樹脂に蛍光体を混合した蛍光体ガラスや蛍光体含有樹脂を用いてもよい。また、光源から発する熱に耐性のあるもの、使用環境に左右されない耐候性のあるものがより望ましい。

【0077】

50

発光装置 1 において、蛍光体は、2 種類以上の蛍光体を混合させてもよい。黄～赤色発光を有する窒化物蛍光体等を用いて赤味成分を増し、平均演色評価数 R_a の高い照明や電球色 LED 等を実現することもできる。具体的には、発光素子の発光波長に合わせて CIE の色度図上の色度点の異なる蛍光体の量を調整し含有させることでその蛍光体間と発光素子で結ばれる色度図上の任意の点を発光させることができる。その他に、近紫外～可視光を黄色～赤色域に変換する窒化物蛍光体、酸窒化物蛍光体、珪酸塩蛍光体、 $L_2SiO_4 : Eu$ (L はアルカリ土類金属)、特に $(Sr_xMa_{1-x})_2SiO_4 : Eu$ (Ma は Ca、Ba などのアルカリ土類金属) などが挙げられる。窒化物系蛍光体、オキシナイトライド (酸窒化物) 蛍光体としては、 $Sr-Ca-Si-N : Eu$ 、 $Ca-Si-N : Eu$ 、 $Sr-Si-N : Eu$ 、 $Sr-Ca-Si-O-N : Eu$ 、 $Ca-Si-O-N : Eu$ 、 $Sr-Si-O-N : Eu$ などがあり、アルカリ土類窒化ケイ素蛍光体としては、一般式 $LSi_2O_2N_2 : Eu$ 、一般式 $L_xSi_yN_{(2/3x+4/3y)} : Eu$ 若しくは $L_xSi_yO_zN_{(2/3x+4/3y-2/3z)} : Eu$ (L は、Sr、Ca、Sr と Ca のいずれか) で表される。

【0078】

具体的に、実施の形態 1 に係る蛍光体 12 では、図 1 に示されているように半導体発光素子 1 近傍に偏在して分布されている。これにより半導体発光素子 1 からの出射光を反射あるいは散乱させる効果が高まり、発光装置より放出される光の出射角を広範囲とできるため四方に拡散された光を得ることができる。さらに、波長変換部材を、発光素子の周囲近傍に均一に被覆することで、発光装置の部位による波長変換量をほぼ一定とでき、これにより発光装置毎の光ムラを低減でき、光損失が低減できる。また、発光素子からの出射光が波長変換部材に進行するまでの距離を略一定とできるため、波長変換量、及び拡散量が安定する。すなわち、一次光と二次光との混合比を略一定とでき、色ムラ及び光ムラの低減された出射光を得ることができる。

【0079】

また、封止部材である樹脂 26 の材料は透光性であれば特に限定されず、シリコーン樹脂組成物、変性シリコーン樹脂組成物等を使用することが好ましいが、エポキシ樹脂組成物、変性エポキシ樹脂組成物、アクリル樹脂組成物等の透光性を有する絶縁樹脂組成物を用いることができる。また、これらの樹脂を少なくとも一種以上含むハイブリッド樹脂等、耐候性に優れた封止部材も利用できる。さらに、ガラス、シリカゲル等の耐光性に優れた無機物を用いることもできる。さらにまた、封止部材の発光面側を所望の形状にすることによってレンズ効果を持たせることができ、発光素子チップからの発光を集束させることができる。実施の形態 1 では封止部材としてシリコーン樹脂を使用した。

【0080】

(添加部材)

また、封止部材は、波長変換部材の他、粘度増量剤、顔料、蛍光物質等、使用用途に応じて適切な部材を添加することができ、これによって良好な指向特性を有する発光装置が得られる。同様に外来光や発光素子からの不要な波長をカットするフィルター効果を持たせたフィルター材として各種着色剤を添加させることもできる。

【0081】

ここで本明細書において拡散剤とは、例えば中心粒径が 1 nm 以上 $5\text{ }\mu\text{ m}$ 未満のものは、発光素子 10 及び蛍光物質からの光を良好に乱反射させ、大きな粒径の蛍光物質を用いることによって生じやすい色ムラを抑制することができ、また、発光スペクトルの半値幅を狭めることができ、色純度の高い発光装置が得られる。一方、 1 nm 以上 $1\text{ }\mu\text{ m}$ 未満の拡散剤は、発光素子 10 からの光波長に対する干渉効果が低い反面、透明度が高く、光度を低下させることなく樹脂粘度を高めることができる。

【0082】

(フィラー)

さらに、封止部材中に蛍光物質の他にフィラーを含有させてもよい。具体的な材料としては、拡散剤と同様のものが使用できる。ただ、拡散剤とフィラーとは中心粒径が異なり、本明細書においてはフィラーの中心粒径は $5\text{ }\mu\text{ m}$ 以上 $100\text{ }\mu\text{ m}$ 以下とすることが好ま

しい。このような粒径のフィラーを封止部材中に含有させると、光散乱作用により発光装置の色度バラツキが改善される他、封止部材の耐熱衝撃性を高めることができる。

【0083】

また、発光装置に搭載される発光素子の発光層から出力される出射光の発光ピーク波長は特に限定されないが、例えば近紫外線から可視光の短波長領域である240nm～500nm付近、好ましくは380nm～420nm若しくは450nm～470nmに発光スペクトルを有する半導体発光素子を用いることができる。実施の形態1においては、上記製造方法にて得られた発光素子10を使用した。

【0084】

(実施の形態2)

実施の形態2に係る発光素子の概略断面図を図8に示す。なお、実施の形態2に係る発光装置は、実施の形態1に係る発光装置と比較して、搭載される発光素子の反射構造のみが相違しており、他の構造は実質的に同じである。したがって、実施の形態2に係る発光素子20において、実施の形態1に係る発光素子10と同様の構成要素については同符号を付して、その詳細な説明を省略する。

【0085】

図8に示される発光素子20は、実施の形態1と同様の反射構造4が複数積層された反射構造群34を有する。誘電体多層膜4は、互いに離間されて並列されており、平面状に配置された複数の誘電体多層膜4を、便宜上、第1段目の反射構造群34Aと称する。

【0086】

この第1段目の反射構造群34Aに加えて、積層方向側(上方)に、第2段目の反射構造群34Bが形成される。また、第1段目の反射構造群34A及び第2段目の反射構造群34Bは、積層方向からの平面視において、少なくとも第1段目の反射構造群34Aの開口部領域の一部を覆うように配置される。これにより、電極3の表面側からの平面視において、反射構造の形成領域が増大するため、光取り出し効率を向上させることができる。

【0087】

具体的に、図8に示すように、第1段目の反射構造群34Aの上面に、ITO等の透光性導電層13を介して、第2段目の反射構造群34Bが積層される。さらに、第1段目の反射構造群34A及び第2段目の反射構造群34Bは当接されず離間しており、これにより、反射構造群34の上側に形成される金属電極層23側から活性層8への導通経路32(図2参照)が設けられ、半導体構造11へ給電される。

【0088】

また、図8の例では誘電体多層膜群を2段に積層したが、積層の階数は2段に限定されず3段以上とでき、2段同様に下層の誘電体多層膜群の開口部領域の上方に、透光性導電層を介して、上層の誘電体多層膜群が形成される。これにより、導通経路を備えて、光取り出し面18からの平面視において、反射構造の形成領域を増加させられる。また、上記の反射構造群34の、最上面側に金属電極層23が設けられるのは実施の形態1と同様である。

【0089】

(実施の形態3)

さらに、反射構造における他の実施の形態を図9に示す。実施の形態3に係る発光素子は、実施の形態2に係る発光素子と比較して、反射構造のみが相違であり、他の構造は実質的に同じである。したがって、実施の形態3に係る発光素子30において、実施の形態2に係る発光素子20と同様の構成要素については同符号を付して、その詳細な説明を省略する。

【0090】

図9の例では、第1反射層4aと第2反射層4bの双方が、積層方向(図9における上下方向)に連結されず、それぞれが分離されて、水平方向に交互に並列されている。ただ、双方の反射層の並列順序は交互に限定されず、混合色を構成する成分光の配分比率に相当するよう、各反射層の形成領域を決定することができ、好ましくは、各反射層が一定の

間隔で離間され、双方の反射層が均等に混合した配置に形成され、部位による色ムラが低減された混合色とできる。また、双方の反射層を縦型に積層せずに、分離して水平に並列させるため、反射構造を薄型とできる。ひいては、発光素子、発光装置の薄型化が実現できる。

【0091】

(実施の形態4)

さらに、反射構造における他の実施の形態を図10に示す。実施の形態4に係る発光素子は、実施の形態2に係る発光素子と比較して、反射構造のみが相違であり、他の構造は実質的に同じである。したがって、実施の形態4に係る発光素子40において、実施の形態2に係る発光素子20と同様の構成要素については同符号を付して、その詳細な説明を省略する。

10

【0092】

図10の例では、相互に分離した第1反射層4a及び第2反射層4bが、水平方向において変位して、上下に積層された反射構造群34を有する。つまり、反射構造群34は、同一の中心波長を有する第1反射層4aが水平に形成された第1段目の反射構造群34Aと、この上方であって、さらに第1反射層4aの開口部領域を中心に、第2反射層4bが水平に形成された第2段目の反射構造群34Bとから構成され、実施の形態3同様に透光性導電層13を介して積層される。すなわち、電極3の表面側からの平面視において、第1反射層4a同士の離間領域を埋めるように、第2反射層4bが配置される。この構造により、反射構造を平面的及び立体的に配置して、所望の特性の素子を得ることができる。

20

【0093】

また、図10の例では、各段に水平に配列される反射層の中心波長を同一としたが、図9に示すように、隣接する反射層の中心波長を相違としてもよく、すなわち数種類の反射層からなる反射層群が、複数段にわたって形成されてもよい。

【実施例】

【0094】

(比較例1、実施例1～5)

上記の手順によって、反射構造がそれぞれ相違する発光素子とする。比較例1、実施例1～5の発光素子は、 $\square 1\text{ mm}$ のLEDであって、反射構造に誘電体多層膜を備える。また、電極構造は、各導電型の半導体層上に透光性導電層(ITO)を設けて、絶縁性膜(SiO_2)／誘電体多層膜の順に積層されてなる反射構造を有する。比較例1、実施例1～5の各発光素子は、誘電体多層膜4の構成が相違しており、他の構造については上記の発光素子と実質的に同一であるため、詳細な説明を省略する。

30

【0095】

反射構造は、図6に示すように、一辺を $10\text{ }\mu\text{ m}$ とする正形状のドット状の開口部を有し、これを格子状の格子点に配置されてなる。隣接するドット間の距離は $30\text{ }\mu\text{ m}$ とする。また、誘電体多層膜は、窒化物半導体層上に形成された 60 nm 程度の透光性導電層(ITO)に、さらに $0.5\text{ }\mu\text{ m}$ 程度の絶縁性膜(SiO_2)を介して形成され、それらが反射構造を構成する。さらに、誘電体多層膜4の表面側には、外部電極の接続領域として、Ti-Rhからなる金属電極層が積層されて電極が構成され、一部に設けられた反射構造の開口部35で透光性導電層に導通する。また、図3の断面図に示すように、絶縁性膜16は、半導体構造11の露出部表面に形成されており、保護膜と併用される。すなわち、保護膜と絶縁性膜とを別個の工程で設けずして、双方は同一工程、同一材料で形成される。さらにこの実施例では、反射構造が、外部電極23との導通部となる開口部を透光性導電層上に設けて、半導体層の露出部の略全面に設けられる。

40

【0096】

比較例1の反射構造では、光源の発光ピークスペクトルに相当した反射特性を有する第1反射層4aのみから構成される。具体的に、第1反射層4aは、 Nb_2O_3 と SiO_2 とからなる2層膜を4ペア積層し、それぞれの反射の中心波長を 460 nm とする。

【0097】

50

また、実施例 1 に係る誘電体多層膜は、LED の発光ピーク波長である第 1 反射層の中心波長（460 nm）に加えて、さらに該ピーク波長よりも長波長側に反射特性を有する第 2 反射層から成る。第 2 反射層の中心波長は、光源により励起されて波長変換された波長域内にある。ただし、長波長側の変換光の発光ピーク（波長約 560 nm）における半値幅は、それよりも短波長側の LED 光の発光ピークにおける半値幅よりも広くなる。このため、第 2 反射層の中心波長をそれよりも長波長側とする。実施例 1 では、第 2 反射層の中心波長を 575 nm とし、すなわち第 1 反射層の中心波長の 1.25 倍に相当する。また、実施例 1 に係る LED 光とその変換光のピーク波長と同様に、各反射層の中心波長に相当する色相は互いに相違しており、かつ両者は補色の関係にある。

【0098】

10

また、実施例 2 に係る誘電体多層膜は、光源波長（460 nm）の 0.8 倍に相当する 368 nm を反射特性とする第 1 反射層と、光源波長（460 nm）の 1.2 倍に相当する 552 nm を反射特性とする第 2 反射層とで構成される。

【0099】

さらに、実施例 3～5 の誘電体多層膜は、3 種の中心波長を有する反射層より構成される。光源波長（460 nm）を基準とした際の各反射層における具体的な各中心波長、及び積層ペア数は以下の通りである。

実施例 3：第 1 反射層（368 nm（0.8 倍））2 ペア／第 3 反射層（460 nm（1.0 倍））2 ペア／第 2 反射層（552 nm（1.2 倍））2 ペア

実施例 4：第 1 反射層（431 nm（0.9375 倍））3 ペア／第 3 反射層（518 nm（1.125 倍））3 ペア／第 2 反射層（621 nm（1.35 倍））3 ペア

20

実施例 5：第 1 反射層（437 nm（0.95 倍））3 ペア／第 3 反射層（529 nm（1.15 倍））3 ペア／第 2 反射層（621 nm（1.35 倍））3 ペア

尚、実施例 1～5 の各誘電体多層膜は、比較例 1 と同様の材質からなる 2 層膜の膜厚を変化させることで、各中心波長とする。

【0100】

ここで、実施例 3～5 は、上記第 2 反射層に加えて、変換光のピーク波長より短波長、すなわち LED 光と変換光の各ピーク波長間に中心波長の第 3 反射層を有する。またその第 2 反射層は、第 3 反射層より、更には変換光のピーク波長より、長波長側の中心波長を有している。また、実施例 2～5 は第 1 反射層を LED 光のピーク波長より短波長側を中心波長としている。

30

【0101】

また、比較例 1 及び実施例 1～5 の発光素子を、波長変換部材である蛍光体の有無の点で相違する発光装置に搭載して得られる発光特性、駆動電圧、発光出力 ϕ_e 、外部量子効率 η_{ex} 、中心波長 λ_d 、光束 ϕ_v 、電力効率 WPE（Watt Per Energy）、発光効率（lm/W）、を表 1 に示す。表 1 における出力比及び光束比は、比較例 1 の値との比率、〔各実施例〕／〔比較例 1〕、で示す。また、図 11 に、比較例 1 及び実施例 1～5 に係る発光素子の反射構造の反射率のグラフを示す。図 12 には、実施例 1、2 と比較例 1 の発光装置における発光スペクトルを示す。尚、表中、「装置 B」と表記している発光装置は、図 1 に示すような発光装置で、そのサブマウントに、各実施・比較例の発光素子を 2 個、直列に配線接続して、波長変換部材を樹脂と共に被覆され、白色発光するものである。また、表中「装置 A」とは、2 本一組の各極性用のリード（計 4 本）の内、一方の組のマウント用リードのカップ内に、発光素子 1 個を搭載し、樹脂レンズ一体で封止して得られる青色発光の装置である。また、表 2 についても同様である。

40

【0102】

【表 1】

	装置A @350mA						装置B @350mA			
	電圧 [V]	ϕ_e [mW]	出力比	WPE [%]	η_{ex} [%]	λ_d [nm]	vol [V]	ϕ_v [lm]	光束比	効率 [lm/W]
比較例1	3.12	465.1	—	42.6	48.3	455.1	6.40	138.9	—	62.0
実施例1	3.09	467.1	1.004	43.2	48.2	455.7	6.44	145.8	1.050	64.7
実施例2	3.10	464.2	0.998	42.8	49.0	455.0	6.41	152.2	1.096	67.8
実施例3	3.11	466.3	1.003	42.9	48.2	453.2	6.47	145.9	1.050	64.4
実施例4	3.10	467.8	1.006	43.1	48.0	453.9	6.45	150.0	1.080	66.5
実施例5	3.09	470.5	1.012	43.4	48.6	453.4	6.46	153.1	1.103	67.8

【0103】

表1に示すように、いずれの実施例の発光素子においても波長変換部材を含有する発光装置において、その比較例1に比し発光特性が向上し、その比較例との光束比も向上する。換言すると、単一の色相のみを出射する発光装置において、発光特性の向上は、反射層における中心波長の数量に依存しないが、複数の色相に相当する波長を出射可能な発光装置においては、各色相に対応する反射層を有することで、発光特性が5～10%程度向上する（表1の波長変換部材あり参照）。実施例1と2の比較により、光源に対応する第1反射層の中心波長を短波長側へシフトさせ、第2反射層の中心波長との波長域を拡大した場合においても、発光特性の改善がなされる。具体的には、第1反射層の中心波長を、光源の波長に対して0.8倍以上1.0倍未満とし、又は／かつ、第2反射層の中心波長を1.20倍以上1.35倍以下とし、各反射層の中心波長の波長差を離間させることで、上記の効果が顕著に得られる。従って、LED光と変換光のピーク間波長域より、第1、2反射層の中心波長間を大きくして、好ましくは、短波長側の第1反射層の中心波長をLED光のピーク波長より短波長とし、長波長側の第2反射層の中心波長を変換光のピーク波長と同程度かそれより長波長とすること、例えば変換光ピークの半値となる波長よりピーク側（ピーク値の半値以上の波長域）、具体的にはピーク波長に±20nmの範囲に含まれることが好ましい。さらに好ましくは第1、2反射層の中心波長間に、LED光ピーク波長と変換光ピーク波長若しくはピーク値の半値以上の波長域の一部が包含され、具体的には波長域の1/4以上が包含される。このように、従来における多層膜反射層の中心波長を、入射角が高角度の成分に対応させるように、すなわちLED光の波長より長波長のものを追加、若しくは長波長側に広帯域化、させる構造に比して、本発明では短波長側の中心波長（第1反射層）を有する点、また、その反射層の中心波長の間をLED-変換光ピーク間、若しくはLEDピーク波長-変換光の短波長側の半値の波長間より広く離間させている点で相違し、これにより発光素子、発光装置の特性を向上させている。具体的には、LED-変換光ピーク間（約100nm）に比して、各実施例の第1、2反射層の中心波長間は、実施例1で115nm、実施例2、3、5で184nm、実施例4で190nm、またその比、[第1、2反射層の中心波長間] / [LED-変換光ピーク間]、は、1.15、1.84、1.90である。このことから、LED-変換光ピーク間と第1、2反射層の中心波長間の比を、1.1～3倍程度、好ましくは1.3～2.5倍程度とすると良いことがわかる。

【0104】

また、実施例3～5は、第1、2反射層に加えて、第3反射層を波長域両端の第1、2反射層の中心波長の間を中心波長を有している。実施例3は実施例2にLED光ピーク波長に相当する第3反射層を有し、実施例4は実施例2同様にLED光ピーク波長の短波長側、変換光ピーク波長の長波長側に対応する第1、2反射層に加えて、変換光ピーク波長に略相当する第3反射層を有し、実施例5は実施例2に比して第1、2反射層の中心波長間を同一として、その中心波長の両端をより長波長側に設定している。実施例2に比して

、実施例 3、4 は光束及びその比が低下する傾向にあるが、実施例 3 は特に低下が大きい。このことから、第 3 反射層は L E D－変換光ピーク間の領域に設けられることが好ましく、その L E D－変換光ピーク間中心（490nm）より長波長側、第 1、2 反射層の中心波長間の中心（実施例 5 では 529nm）より長波長側が好ましい。

【0105】

（比較例 2～3、実施例 6～7）

さらに、比較例 2～3、実施例 6～7 の反射構造では、上記の実施例 1 と比して、膜厚が 50nm 程度の透光性導電層（ITO）と誘電体多層膜層との間における、絶縁性膜（SiO₂）の介在の有無の点で相違する。反射構造である誘電体多層膜の開口部パターンは、実施例 1 と同様のドット状とする。

10

【0106】

具体的に、比較例 2 及び実施例 6 の反射構造は、上記比較例 1 と同様、すなわち反射の中心波長を 460nm とする第 1 反射層のみから構成される。ただし、比較例 2 は絶縁性膜を備えておらず、一方、実施例 6 の発光素子は絶縁性膜を備える。また、比較例 3 及び実施例 7 の反射構造は、光源（460nm）を基準とする 0.7 倍以上 1.2 倍以下であって、公差 0.1 毎に相当する中心波長の層を 1 ペアずつ、計 6 ペア積層したものである。すなわち、複数の反射層を有する。ただし、比較例 3 は絶縁性膜を備えず、一方、実施例 7 の発光素子は絶縁性膜を有する。該各発光素子を、波長変換部材を含有する発光装置に搭載して得られる発光特性を表 2 に示す。表 2 より、絶縁性膜を有する電極構造では、反射構造に依らず、発光特性が向上する。

20

【0107】

【表 2】

	装置B @350mA						
	電圧 [V]	φ _v [lm]	White/ Blue	出力比 I	出力比 II	効率 [lm/W]	λ _d [nm]
比較例2	6.42	91.2	0.231	0.809	—	40.60	577
実施例6	6.44	113	0.255	1.000	—	50.06	579
比較例3	6.49	100	0.246	1.101	0.924	44.22	580
実施例7	6.42	117	0.267	1.033	1.000	51.91	577

30

【産業上の利用可能性】

【0108】

本発明の半導体発光装置及び半導体発光装置の製造方法は、照明用光源、L E D ディスプレイ、バックライト光源、信号機、照明式スイッチ、各種センサ及び各種インジケータ等に好適に利用できる。

【図面の簡単な説明】

【0109】

【図 1】実施の形態 1 に係る発光装置の概略断面図である。

【図 2】実施の形態 1 に係る発光装置の一部拡大断面図である。

40

【図 3】実施の形態 1 に係る発光素子の断面図である。

【図 4】実施の形態 1 に係る発光素子の、反射構造が形成される製造工程を説明する説明図である。

【図 5】透光性導電層の上面に誘電体多層膜を設けた例を示す略平面図である。

【図 6】透光性導電層の上面に誘電体多層膜を設けた他の例を示す略平面図である。

【図 7】実施の形態 1 に係る発光装置の製造方法を示す模式図である。

【図 8】実施の形態 2 に係る発光素子の断面図である。

【図 9】実施の形態 3 に係る発光素子の断面図である。

【図 10】実施の形態 4 に係る発光素子の断面図である。

【図 11】比較例 1 実施例 1～5 の反射構造における反射率を示すグラフである。

50

【図 1 2】実施例と比較例に係る発光装置の発光スペクトル図である。

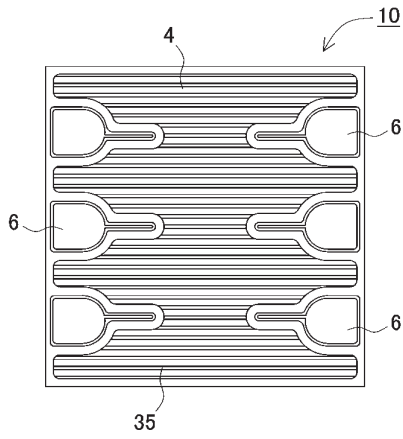
【図 1 3】従来の発光素子を示す断面図である。

【符号の説明】

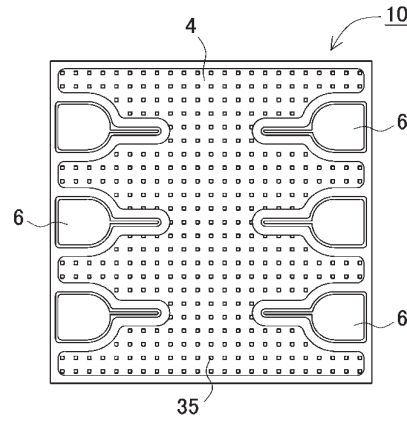
【 0 1 1 0 】

1 … 発光装置	
3 … 電極	
3 A … 第 1 の電極 (n 型パッド電極)	
3 B … 第 2 の電極 (p 型パッド電極)	
4 … 反射構造 (誘電体多層膜)	
4 a … 第 1 反射層	10
4 b … 第 2 反射層	
5 … 成長基板 (サファイヤ基板)	
6 … 第 1 の窒化物半導体層 (n 型半導体層)	
6 a … n 型コンタクト層	
7 … 第 2 の窒化物半導体層 (p 型半導体層)	
8 … 発光層 (活性層)	
9 … 配線基板 (サブマウント基板)	
1 0 、 2 0 、 3 0 、 4 0 … 発光素子 (窒化物半導体素子)	
1 1 … 半導体構造 (窒化物半導体層)	
1 2 … 波長変換部材 (蛍光体)	20
1 3 … 透光性導電層 (透光性電極、 I T O)	
1 4 … 保護膜	
1 6 … 絶縁性膜 (保護膜)	
1 8 … 光取り出し面	
1 9 … 界面	
2 1 、 2 2 … 保護膜の開口部	
2 3 … 金属電極層	
2 4 … 導電部材 (バンプ)	
2 5 … ウェハ	
2 6 … 被覆層 (樹脂)	30
2 7 … 支持体	
2 8 … 共晶層	
2 9 … 支持体の電極	
3 1 … ワイヤボンディング	
3 2 … 導通経路	
3 4 … 反射構造群	
3 4 A … 第 1 段目の反射構造群	
3 4 B … 第 2 段目の反射構造群	
3 5 … 開口部	
3 6 … レンズ	40
1 0 0 … 発光装置	
1 0 1 … 基板	
1 0 2 … n 型半導体層	
1 0 3 … 発光層	
1 0 4 … p 型半導体層	
1 0 5 … p 側電極	
1 0 5 a … A g 層	
1 0 5 b … 金属層	
1 0 6 … n 側電極	

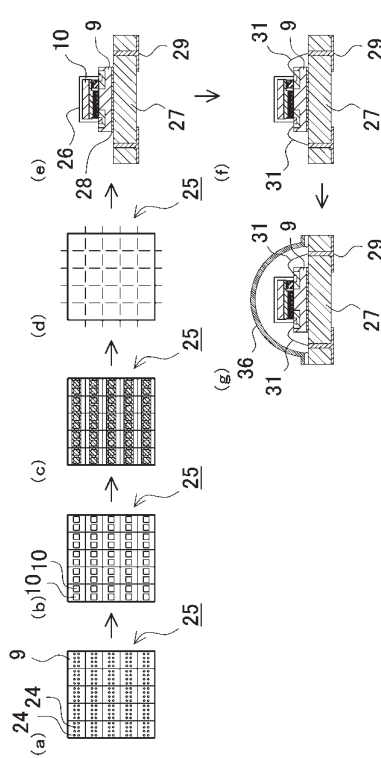
【図 5】



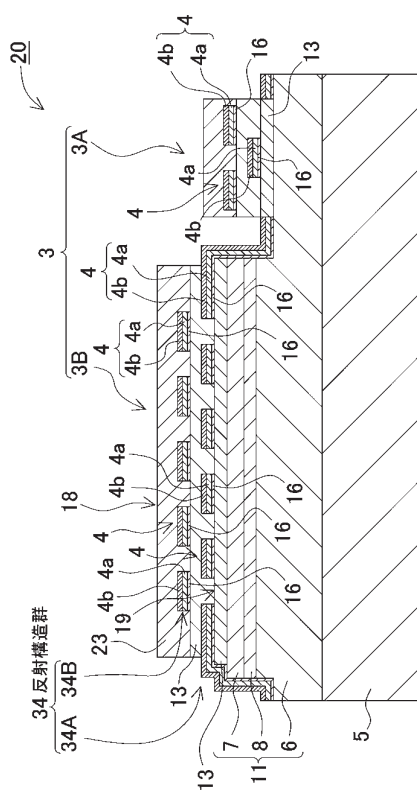
【図 6】



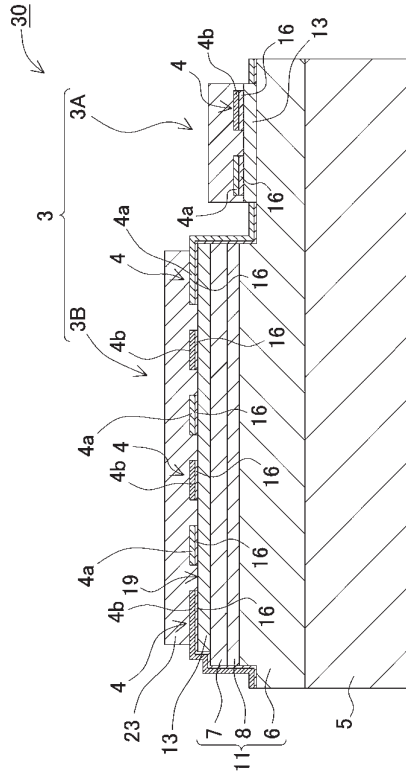
【図 7】



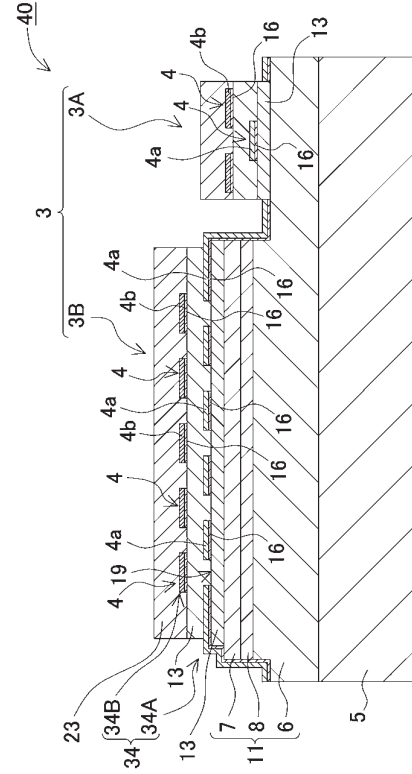
【図 8】



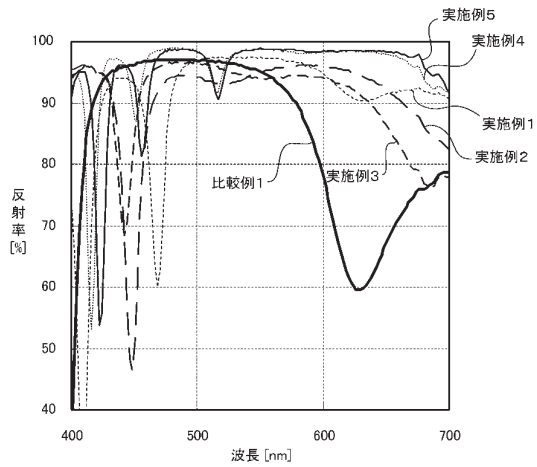
【図 9】



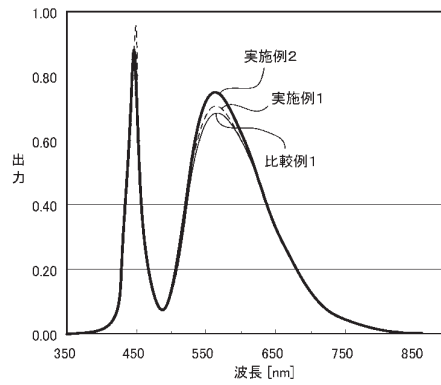
【図 10】



【図 11】



【図 12】



【図 13】

