

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5015180号
(P5015180)

(45) 発行日 平成24年8月29日(2012.8.29)

(24) 登録日 平成24年6月15日(2012.6.15)

(51) Int.Cl. F I
H O I L 33/62 (2010.01) H O I L 33/00 4 4 0

請求項の数 7 (全 27 頁)

(21) 出願番号	特願2009-8928 (P2009-8928)	(73) 特許権者	000005821
(22) 出願日	平成21年1月19日(2009.1.19)		パナソニック株式会社
(62) 分割の表示	特願2006-519224 (P2006-519224) の分割		大阪府門真市大字門真1006番地
原出願日	平成16年7月12日(2004.7.12)	(74) 代理人	100090446
(65) 公開番号	特開2009-81469 (P2009-81469A)		弁理士 中島 司朗
(43) 公開日	平成21年4月16日(2009.4.16)	(74) 代理人	100125597
審査請求日	平成21年1月19日(2009.1.19)		弁理士 小林 国人
(31) 優先権主張番号	特願2003-275454 (P2003-275454)	(74) 代理人	100146798
(32) 優先日	平成15年7月16日(2003.7.16)		弁理士 川畑 孝二
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	(74) 代理人	100121027
			弁理士 木村 公一
		(72) 発明者	永井 秀男
			大阪府門真市大字門真1006番地 パナソニック株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 モジュール

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

実装基板の一方の主面に半導体発光装置が実装されてなるモジュールにおいて、
前記半導体発光装置は、透光性基板の一方の主面上に複数の発光素子が配されてなり、
前記複数の発光素子の各々は、一組のダイオード構造を有し、且つ、p型電極とn型電極とを有しており、

前記透光性基板の一方の主面上において、前記複数の発光素子は、マトリクス状に配されているとともに、隣り合う発光素子同士は、互いの間に形成された分離溝により分離されており、

前記分離溝は絶縁層で覆われており、

前記複数の発光素子は、隣り合う発光素子同士において、一方のp型電極と、他方のn型電極とが、前記絶縁層上に形成されたブリッジ配線により電氣的にダイオード構造が直列接続されており、

前記直列接続の終端のp型電極は、アノード電極に電氣的に接続され、前記直列接続の終端のn型電極は、カソード電極に電氣的に接続されており、

前記アノード電極および前記カソード電極は、前記透光性基板の角部に配置されており、

前記実装基板における一方の主面には、配線層が敷設されており、

前記配線層には、それぞれパターンニングされてなるカソードパッドとアノードパッドとアイランドパッドとが含まれており、

前記カソードパッドは、前記半導体発光装置のカソード電極と接続されており、
 前記アノードパッドは、前記半導体発光装置のアノード電極と接続されており、
 前記アイランドパッドは、前記半導体発光装置における隣り合う発光素子の一方の p 型電極と他方の n 型電極とに接続されていることを特徴とするモジュール。

【請求項 2】

前記分離溝は、底が前記透光性基板に到達する深さを有することを特徴とする請求項 1 に記載のモジュール。

【請求項 3】

前記透光性基板と前記複数の発光素子の各々との間には、前記透光性基板よりも高抵抗の高抵抗層が介挿されていることを特徴とする請求項 1 に記載のモジュール。

10

【請求項 4】

前記分離溝は、前記高抵抗層が残る状態で形成されていることを特徴とする請求項 3 に記載のモジュール。

【請求項 5】

前記透光性基板は、前記複数の発光素子が配された前記一方の主面とは反対側の主面に、凹凸構造を有することを特徴とする請求項 1 に記載のモジュール。

【請求項 6】

前記凹凸構造の上には、これを覆う状態で、透光性を有し、且つ外表面が平坦な被膜が形成されていることを特徴とする請求項 5 に記載のモジュール。

20

【請求項 7】

前記被膜には、前記発光素子から出射された光により励起する蛍光物質が含まれていることを特徴とする請求項 6 に記載のモジュール。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体発光装置とこれを備えるモジュールに関する。

30

【背景技術】

【0002】

発光ダイオード（以下、「LED」という。）を用いた照明装置は、発光効率および寿命などの面から従来の白熱電球、ハロゲン電球などに比べて優れた特性を有することから、新しい光源として期待されている。より照明装置の高光束化を図ろうとするとき、高密度に LED を実装することが考えられるが、この場合には、駆動時における放熱の問題やコスト面で現状ではあまり現実的ではない。そこで、照明装置の高光束化を図るためには、LED の発光効率をできる限り高めるという方策が現実的である。このために、種々の取り組みがなされているが、その際には、内部量子効率と外部量子効率という 2 つのパラメータが重要である。

40

【0003】

2 つのパラメータの内、内部量子効率は、供給された電力に対して LED における発光層でどれだけ光に変換できるかを示すパラメータであり、LED を構成する半導体の結晶性や層の構成に影響を受ける。

一方、外部量子効率は、供給された電力に対して発光層からの光の内のどれだけの光が LED 外方に取り出せるかを示すパラメータであり、内部量子効率と発光層で発生した光が LED 外方に取り出される割合（光取り出し効率）との積で表される。そして、外部量子効率を左右する光取り出し効率は、LED ベアチップの形状、LED ベアチップを覆う材料およびその形状などに影響を受ける。そこで、光取り出し効率の向上を図る一方法として、ベアチップを樹脂などで覆うことにより、光取り出し側におけるベアチップとそれ

50

に接する外界との界面における屈折率の差をできるだけ小さくするということが行われる。

【0004】

また、LEDを用いた照明装置では、ベアチップの光取り出し側の面に凹凸を設けることによって、取り出し側の面で光の入射角が一義的に決まらないようにし、光取り出し効率の向上が図られることもある（特許文献1、非特許文献1）。

ところで、ベアチップを実装基板に実装する方法として、図20に示すようなフリップチップ実装法が用いられることがある。図20に示すように、フリップチップ実装法を用いた場合には、真空コレット1300でベアチップ1100における光取り出し側の面を吸着し、これを実装基板1200における配線層1210に対して超音波で接合する。このようにベアチップ1100を実装することにより、ベアチップ1100の発光層と実装基板1200との距離を短いものとすることができ、発光層で生じた熱を効率よく基板に逃がすことができる。つまり、フリップチップ実装法は、ベアチップの高密度実装を必要とする照明装置において、放熱性を確保するという点から有効な技術であるといえる。

【特許文献1】特許第2836687号公報

【非特許文献1】Compound Semiconductor, Vol.8, No.1, pp.39-42, 2002

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、フリップチップ実装法を用いて上記光取り出し側の面に凹凸形成されたベアチップを実装する場合には、凹凸によって実装に係る位置精度や接合強度の低下、および凹凸構造の破壊などを生じてしまうことがある。即ち、図20の拡大部分に示すように、ベアチップ1100を実装する場合には、凹凸1111の存在によって真空コレット1300でベアチップ1100を確実に真空吸着することができず、また真空コレット1300からベアチップ1100に対して接合に十分な超音波を伝搬し難くなる。また、このような問題は、ベアチップを有する表示装置などにおいても同様に生じる。

【0006】

本発明は、上記問題を解決しようとなされたものであって、発光効率を高く維持しながら、基板に対して優れた接合性を有する半導体発光装置とこれを備えるモジュールを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記目的を達成するために、本発明は、透光性基板の一方の主面上に複数の発光素子が配されてなる半導体発光装置において、複数の発光素子の各々は、一組のダイオード構造を有し、且つ、p型電極とn型電極とを有している。本発明に係る半導体発光装置では、透光性基板の一方の主面上において、複数の発光素子は、マトリクス状に配されているとともに、隣り合う発光素子同士は、互いの間に形成された分離溝により分離されており、分離溝は絶縁層で覆われている。

【0008】

また、複数の発光素子は、隣り合う発光素子同士において、一方のp型電極と、他方のn型電極とが、絶縁層上に形成されたブリッジ配線により電氣的にダイオード構造が直列接続されており、直列接続の終端のp型電極は、アノード電極に電氣的に接続され、直列接続の終端のn型電極は、カソード電極に電氣的に接続されている。また、アノード電極およびカソード電極は、透光性基板の角部に配置されていることを特徴とする。

【0009】

また、本発明に係るモジュールは、上記本発明に係る半導体発光装置を備えることを特徴とする。

【発明の効果】

【0010】

上記本発明に係る半導体発光装置およびこれを備えるモジュールでは、隣り合う発光素

10

20

30

40

50

子同士の p 型電極と n 型電極とが、絶縁層上に形成されたブリッジ配線により接続されているので、ボンディングワイヤやパンプを用いて接続する場合に比べて、n 型電極の占有面積を十分小さくすることができる。よって、本発明に係る半導体発光装置およびモジュールでは、透光性基板における発光面積比率を大きくすることができる。

【 0 0 1 1 】

なお、上記本発明に係る半導体発光装置では、出射側に光透過部の凹凸構造が設けられている、という構成を採用することもできる。このような構成を採用する場合には、発光層から出射された光が凹凸構造で散乱あるいは効率よく透過され、高い光取り出し効率が維持されている。よって、高い発光効率が維持される。そして、本発明に係る半導体発光装置では、この凹凸構造が被膜によって被覆されているので、これを実装基板に実装する際に、出射側の表面から超音波を印加するときにも凹凸構造の破壊が抑制される。これからも、本発明に係る半導体発光装置では、高い発光効率が得られる。

10

【 0 0 1 2 】

また、本発明に係る半導体発光装置では、上記被膜が形成されていることにより、実装基板に対して実装する際にも、凹凸構造で超音波を大きくロスしないので、実装基板との優れた接合性が確保される。

従って、本発明に係る半導体発光装置は、発光効率を高く維持しながら、（実装）基板に対する優れた接合性が確保されるという優位性を有する。

【 0 0 1 3 】

なお、上記実装の形態については、所謂、フリップチップ実装も含む。

20

また、上記密に被覆するとは、表面における凹凸構造に対して、その凹部の底も含めて表面との間に隙間が生じないように被膜が形成されている状態をいう。

また、半導体発光装置においては、通常、基板上に複数の層が積層された構成を有するが、上記凹凸構造とは、これら積層された層の内の一の層に形成された構造だけをさすものではない。例えば、光が基板側から出射される形態の半導体発光装置では、基板の表面に凹凸構造が設けられることがある。

【 0 0 1 4 】

ここで、上記凹凸構造は、不規則な凹凸の場合には上述のように光の散乱機能を果たすものであり、周期構造をとる場合にはフォトニッククリスタル（PC）構造あるいはフォトニックバンドギャップ（PBG）構造と呼ばれるものをも含んでいる。ここで、PC構造およびPBG構造は、一般に、面方向に凹凸がミクロンオーダーから $\lambda/4$ オーダー（ λ ；媒質中の波長）の間隔で現れる周期構造で特定の波長を選択的に反射・透過する機能を有している。従って、本発明に係る半導体発光装置が光透過部の凹凸構造としてPC構造あるいはPBG構造を有する場合には、光の透過がしやすくなるという機能を有することになる。

30

【 0 0 1 5 】

上記半導体発光装置においては、被膜が光透過部の凹凸構造に沿ったかたち（凹凸状態）で形成されていてもよいが、その外表面が略平坦となるように形成されていることが望ましい。すなわち、半導体発光装置を実装基板などに実装する際には、上述のように、真空コレットなどで装置の光出射側の表面を吸着するが、このとき吸着対象面となる表面が略平坦であれば、より確実な吸着力が確保できる。よって、この半導体発光装置では、実装基板に対して、より高い位置精度をもって実装することができる。

40

【 0 0 1 6 】

上記半導体発光装置における被膜では、ポリイミドまたはエポキシまたはシリコンまたはガラスなどの材料を構成上の主要要素とすることができる。ここで、被膜を構成するのに用いることができる材料の内、ガラスについては、例えば、ゾルゲル法によるガラスや低融点ガラスなどを採用することができる。具体的なガラス材料としては、例えば、次のようなものなどを採用することが可能である。

（1）金属アルコキシド（テトラメトキシシラン、テトラエトキシシランなど）を出発原料とするガラス材料

50

(2) セラミック前駆体ポリマー（ペルヒドロポリシラサンなど）からなるガラス材料

(3) 酸化燐、酸化ボロンなどからなるガラス材料

また、被膜中に発光層からの光によって励起する発光物質を含有させておくことが望ましい。特に、被膜中の発光物質が、発光層からの光を白色光に変換できる物質（蛍光物質など）とすれば、本発明に係る半導体発光装置を照明装置などに用いるのに望ましい。

【0017】

上記半導体発光装置において、発光層から出射される光の波長を とするとき、光透過部における凹凸構造を $\lambda/4$ 以上の周期をもって形成しておくことが、光取り出し効率を高く維持するという点で望ましい。

半導体発光装置における発光層は、一般に、複数の構成層（クラッド層、コンタクト層、バッファ層など）に挟まれた状態で、透光性基板の上に設けられているが、透光性基板の表面に凹凸構造を設け、これをもって光透過部の凹凸構造とすることもできる。即ち、光透過部の凹凸構造を透光性基板の表面に形成しておくことができる。ここで、透光性基板には、発光層および上記複数の構成層と略同一の屈折率を有するものを採用することが望ましい。これは、光取り出し効率を高く維持するのに有効であるからである。具体的な透光性基板の構成材料としては、GaN、SiC、AlNなどから選択されたものを採用することができる。

【0018】

なお、本発明が特徴とする上記構成については、発光ダイオード装置の他に、垂直面発光レーザ装置、共振面発光ダイオード装置、表面実装型デバイス、所謂SMD（Surface Mount Device）などに適用することもできる。

上記本発明に係る半導体発光装置の製造方法では、表面に凹凸構造を有した光透過部を形成することから、高い光取り出し効率が確保された半導体発光装置を得ることができる。また、この製造方法では、上記光透過部の形成後に、凹凸構造を覆うように、透光性を有した被膜を形成するので、得られた半導体発光装置を実装により実装基板に対して実装する場合にも、光透過部における凹凸構造の保護を図りながら確実な接合をなし得る。即ち、上記製造方法では、凹凸構造の上を被膜で保護することによって、実装時に真空コレットなどを用いて吸着する際の確実性が増し、また、超音波印加に際して、凹凸での超音波エネルギーのロスを低減することができる。

【0019】

従って、上記本発明に係る半導体発光装置の製造方法では、発光効率が高く維持され、基板に対して優れた接合性を有する半導体発光装置を製造することができる。

なお、上記表面の凹凸構造については、上述と同様に、その形成形態によって果たす機能を変えることができる。即ち、不規則な凹凸の場合には上述のように光の散乱機能を果たすものであり、周期構造をとる場合にはフォトニッククリスタル（PC）構造あるいはフォトニックバンドギャップ（PBG）構造と呼ばれるものである。

【0020】

上記本発明に係る半導体発光装置の製造方法においては、被膜の材料に、発光層からの光によって励起される発光物質を含有させておくことが望ましい。特に、装置からの出射光が所望の（波長を有した）白色となるように、形成後の被膜を所要の厚みまで研磨することが望ましい。

上記本発明に係る照明装置では、凹凸構造を表面に有する光透過部と、この上を被覆する被膜とを有する半導体発光装置を有するので、高い発光効率が維持され、且つ、半導体発光装置と実装基板との間における確実な接合を確保することができる。

【0021】

従って、本発明に係る照明装置は、高い発光効率と品質安定性を兼ね備える。

上述のように、本発明に係る半導体発光装置は、表面に凹凸構造を有した光透過部が出射側に形成されていることから高い光取り出し効率が確保され、高い発光効率を得られる。また、その凹凸構造を覆うように被膜が形成されているので、この装置を実装基板に対して実装する際にも、凹凸構造が破壊されることがなく、高い接合性が確保できる。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 2 】

また、本発明に係る半導体発光装置の製造方法では、発光層の出射側に表面に凹凸構造を有する光透過部を形成し、その後、この凹凸構造を覆うように被膜を形成することによって、上記優位性を有した半導体発光装置を容易に製造することができる。

さらに、本発明に係る照明装置では、上記半導体発光装置が実装基板上に実装されているので、高い発光効率と品質安定性を有する。

【 0 0 2 3 】

なお、被膜の構成材料としては、例えば、ポリイミド、エポキシ、シリコーンなどの樹脂材料や、ゾルゲル法によるガラスや低融点ガラスなどを用いることができる。具体的なガラス材料としては、例えば、以下のようなものを採用することができる。

(1) 金属アルコキシド (テトラメトキシシラン、テトラエトキシシランなど) を出発原料とするガラス材料

(2) セラミック前駆体ポリマー (ペルヒドロポリシラサンなど) からなるガラス材料

(3) 酸化燐、酸化ボロンなどからなるガラス材料

なお、何れのガラス材料を用いる場合においても、凹凸構造上に材料を塗布 (ポットイングやスピンコーティングなど) し、乾燥した後に、数百 () の温度で焼成することで、凹凸構造上に平坦な表面を有するガラス層 (被膜) を形成することができる。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 2 4 】

以下、本発明の実施の形態について、図面に基づいて説明する。

(実施の形態 1)

実施の形態 1 では、LEDベアチップ (以下、単に「LEDチップ」という。) 1 を半導体発光装置の一例として用いる。

(LEDチップ 1 の構成)

LEDチップ 1 について、図 1 および図 2 を用いて説明する。図 1 に LEDチップ 1 の外観斜視図、図 2 (a) にその一部断面図、図 2 (b) に LEDチップ 1 の回路構成図を示す。

【 0 0 2 5 】

図 1 に示すように、LEDチップ 1 は、ノンドープ GaN 基板 10 を共通のベースとして、複数の発光素子部 20 が形成されている。チップ基板 10 上における発光素子部 20 は、本実施の形態では x y 方向に 7 × 5 のマトリクス状に配され、計 35 の領域が存在する。ここで、各発光素子部 20 のサイズは、例えば、x 方向に 285 (μ m)、y 方向に 400 (μ m) であり、LEDチップ 1 全体のサイズは、例えば、2 (mm) × 2 (mm) である。

【 0 0 2 6 】

LEDチップ 1 における各発光素子部 20 は、それぞれ一組のダイオード構造を有しており、各間が分離溝 30 で分離されているとともに、ブリッジ配線 40 で電氣的に接合されて 35 のダイオード構造が直列接続されている。

図 1 に示すように、LEDチップ 1 における対角のコーナには、外部からの電力供給用の接続端子として、一方にカソード電極 50、他方にアノード電極 60 が配されている。これら電極 50、60 は、ブリッジ配線 40 により直列接続された 35 の発光素子部 20 の両端に位置する発光素子部 20 の各々における n 側電極および p 側電極である。

【 0 0 2 7 】

また、図 1 の拡大部分に示すように、ノンドープ GaN 基板 10 における下面は、複数の凹部 11 が形成されており、その上を被膜 70 で被覆されている。被膜 70 とノンドープ GaN 基板 10 との間には、凹部 11 の底部分も含めて隙間を有さない。即ち、ノンドープ GaN 10 における凹凸形成面は、被膜 70 によって密に被覆されている。

なお、LEDチップ 1 では、図 1 における z 方向下向き (- z 方向) が光の出射方向であり、チップ基板 10 における凹部 11 は、出射光を散乱あるいは透過しやすくすることで、擬似的に界面 (出射面) の屈折率差を低くすると同じ効果を得るために形成されて

10

20

30

40

50

いるものである。これについては、上記特許文献1および非特許文献1に詳しいので、ここでの説明は省略する。

【0028】

次に、図2(a)に示すように、LEDチップ1を断面方向にみると、ノンドープGaN基板10の上に、GaNバッファ層21(厚さ30nm)、n-GaNクラッド層22(Siドープ量 $3 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ2 μm)、(InGaN(厚さ2nm)/GaN(8nm)) $\times 6$ 発光層23、p-GaNクラッド層24(Mgドープ量 $3 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ200nm)、p-GaNコンタクト層25(Mgドープ量 $3 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ50nm)が順に積層され、さらにその上にRh/Pt/Auからなるp側電極26が形成されている。

10

【0029】

なお、(InGaN/GaN) $\times 6$ 発光層23とは、InGaN/GaN6周期の多重量子井戸発光層を意味し、LEDチップ1の発光駆動時において、波長460(nm)の青色光を出射する。

また、ノンドープGaN基板10は、(InGaN/GaN) $\times 6$ 発光層23とほぼ同等の2.5前後の屈折率を有する。これは、従来のLEDチップにおけるサファイヤ(屈折率; 1.7)を用いる場合に比べて、光取り出し効率の向上を果たすのに有効である。

【0030】

分離溝30の形成領域においては、ノンドープGaN基板10にまで掘り下げられており、表面が絶縁膜としてのSi₃N₄膜28で被覆されている。発光素子部20における分離溝30との境界部分には、柵状になったn-GaNクラッド層22の上にTi/Auからなるn側電極27が形成されている。そして、n型電極27と隣り合う発光素子部20におけるp型電極26との間は、Ti/Pt/Auからなるブリッジ配線40によって接続されている。

20

【0031】

一方、ノンドープGaN基板10の下面には、微少な四角断面の凹部11(例えば、1 μm 周期で形成された凹部)が表面全体にわたって形成されている。このようにノンドープGaN基板10における凹部11が形成された表面は、(InGaN/GaN) $\times 6$ 発光層23からの出射光を散乱あるいは透過しやすくする機能を果たす。そして、上述のように、ノンドープGaN基板10の表面上には、凹部11を埋めるように被膜70が形成されている。この被膜70は、透光性を有するポリイミド樹脂を主成分として形成されており、中に(Sr, Ba)₂SiO₄:Eu²⁺などの黄色蛍光体とSiO₂などの超微粒子が分散した状態で含有されている。被膜70は、薄い部分(凹部11のない部分)での厚みが80(μm)となるように、且つ、表面が略平坦となるように形成されている。

30

【0032】

なお、上記凹部11については、その形成形態によっては、フォトニッククリスタル(PC構造)あるいはフォトニックバンドギャップ(PBG)構造と呼ばれるものとなり、光散乱機能とは異なる機能を果たすことにもなる。即ち、これらの構成をとることで、光を透過し易くする機能を果たし得る。

本実施の形態で被膜70の厚みを80(μm)に設定したのは、(InGaN/GaN) $\times 6$ 発光層23から発する青色の励起光(ピーク波長範囲: 400nm以上500nm以下の波長範囲に主発光ピーク)と、これの一部を被膜70が受けることにより励起発光する黄色光(ピーク波長範囲: 550nm以上600nm以下の波長範囲に主発光ピーク)とが混色されることによって、LEDチップ1として白色光を得ることができるようにするためである。

40

【0033】

なお、ノンドープGaN基板10における凹部11については、上述のように、本実施の形態では四角の凹部としたが、光取り出し効率の向上が図れる範囲であれば、形状およびサイズに限定を受けるものではない。例えば、丸状、八ニカム状、直線状などの凹部あるいは溝などを採用することもできる。ただし、凹部11の形成に当たっては、(InG

50

a N / G a N) × 6 発光層 2 3 からの光の波長を とするとき、 / 4 以上の周期で凹部 1 1 を形成しておくことが、光取り出し効率という観点から望ましい。

【 0 0 3 4 】

図 2 (b) に示すように、 L E D チップ 1 は、各発光素子部 2 0 間がブリッジ配線 4 0 で接続されることによって、 3 5 の発光素子部 2 0 が直列接続されている。カソード電極 5 0 とアノード電極 6 0 とを介して、 L E D チップ 1 に 5 0 (m A) の電流を流したとき、その動作電圧は、 1 2 0 (V) となる。なお、 L E D チップ 1 への電力供給に際しては、実装基板などへの接続等により L E D チップ 1 で生じる熱の排出路を確保しておくことが望ましい。

【 0 0 3 5 】

なお、本実施の形態に係る L E D チップ 1 では、複数の発光素子部 2 0 を有する構成を採用したが、 1 チップに 1 の発光素子部を有する構成とすることも勿論可能である。

(L E D チップ 1 の製造方法)

次に、 L E D チップ 1 の製造方法について、図 3 ~ 図 4 を用いて説明する。

図 3 (a) に示すように、有機金属気相成長法 (Metal Organic Chemical Vapor Deposition ; M O C V D 法) を用いて、 5 (c m)、厚さ 3 0 0 (μ m) のノンドーブ G a N 基板 1 0 上に G a N バッファ層 2 1、 n - G a N クラッド層 2 2、 (I n G a N / G a N) × 6 発光層 2 3、 p - G a N クラッド層 2 4、 p - G a N コンタクト層 2 5 の各層を順に積層する。

【 0 0 3 6 】

次に、図 3 (b) に示すように、分離溝 3 0 を形成しようとする領域および n 型電極 2 7 を形成しようとする領域に相当する部分に、エッチングにより溝 3 1 を形成する。溝 3 1 は、 n - G a N クラッド層 2 2 に到達する深さを有する。なお、図示はしていないが、溝 3 1 の形成にあたっては、その他の領域にマスクを配してエッチングを実施し、溝 3 1 の形成完了後にマスクを除去している。

【 0 0 3 7 】

図 3 (c) に示すように、溝 3 1 の底面の一部領域をエッチングによってさらに掘り進む。そして、形成される溝 3 2 は、 n - G a N バッファ層 2 1 を貫き、ノンドーブ G a N 基板 1 0 にまで達する深さを有する。この溝 3 2 が分離溝 3 0 の元となる部分である。なお、溝 3 2 の形成には、エッチングに限らず、レーザ加工を用いることも可能である。

図 3 (d) に示すように、溝 3 2 の壁面を含めた表面を覆うように、 S i ₃ N₄ 膜 2 8 を形成する。 S i ₃ N₄ 膜 2 8 は、絶縁と表面保護という 2 つの目的から形成されるもので、スパッタ法などを用いて形成される。ここで、溝 3 2 においても、その側面および底面が S i ₃ N₄ 膜 2 8 で覆われるにいたり、溝 3 3 が形成される。そして、この分離溝 3 2 については、基板 1 0 への切り込み深さが極めて浅く、表面的な形成であるので、基板 1 0 を折損することがない。

【 0 0 3 8 】

次に、図 4 (e) に示すように、 p 型電極 2 6 を形成しようとする部分の S i ₃ N₄ 膜 2 8 をエッチングにより除去した後、蒸着法を用いて R h / P t / A u の膜を蒸着し、 p 型電極 2 6 を形成する。

図 4 (f) に示すように、分離溝 3 0 に隣り合う棚部分である n 型電極 2 7 を形成しようとする領域の S i ₃ N₄ 膜 2 8 をエッチングで除去した後、蒸着法を用いて T i / A u の膜を蒸着し、 n 型電極 2 7 を形成する。同様に、隣り合う発光素子部 2 0 の p 型電極 2 6 と n 型電極 2 7 とを接続するように、 T i / P t / A u からなるブリッジ配線 4 0 を形成する。

【 0 0 3 9 】

ここから以降の工程が本実施の形態の最も特徴的な部分である。

図 4 (g) に示すように、ノンドーブ G a N 基板 1 0 に対し、例えば、その厚みが 1 5 0 (μ m) になるまで、ラップ・ポリッシュで裏面 (図面での下面) を研磨する。その後、図 4 (g) の拡大部分に示すように、エッチングによりノンドーブ G a N 基板 1 0 の

10

20

30

40

50

裏面に複数の凹部 11 を形成する。凹部 11 は、上述のように、1 (μm) 周期で形成され、各々の開口形状が四角形である。

【 0040 】

図 4 (h) に示すように、凹部 11 を形成したノンドープ GaN 基板 10 の裏面に対し、 $(\text{Sr}, \text{Ba})_2\text{SiO}_4 : \text{Eu}^{2+}$ などの黄色蛍光体および SiO_2 などの微粒子が分散状態で含有されたポリイミド酸溶液を塗布する。この際、凹部 11 の内方にも溶液が確実に充填され、気泡などを間に抱かないようにする。そして、これを 350 () で加熱硬化させることで、膜形成が行われる。

【 0041 】

形成された膜については、 $(\text{InGaIn} / \text{GaIn}) \times 6$ 発光層 23 から出射される光と、膜中の蛍光物質によって励起発光される光との混合により、最終的に LED チップ 1 から白色光が出射されるように、膜の研磨を実施する。研磨には、ラップ・ポリッシュを用い、例えば、厚みが 80 (μm) となるまで実施する。これにより、被膜 70 の形成が完了する。

【 0042 】

なお、被膜 70 の主な構成要素としては、上記のポリイミド以外にも、エポキシ樹脂あるいは硬質シリコン樹脂などを用いることもできる。その場合、150 () 程度の加熱を実施することで硬化する。また、被膜 70 の厚みについては、 $(\text{InGaIn} / \text{GaIn}) \times 6$ 発光層 23 から出射される青色光との関係、および被膜 70 の中における黄色蛍光体の含有率などによっても変わってくる。これを利用して、研磨の段階では、確実に所定の色温度が得られる厚みまで実施する。

【 0043 】

最後に、図示していないが、ダイシングにより個々の LED チップ 1 を切り出して完成する。

なお、本実施の形態では、基板としてノンドープ GaN 基板 10 を用いたが、これの代わりに、より安価な、n - GaN 基板上に AlGaIn 層などの高抵抗層を形成した基板を用いてもよい。その際には、分離溝については高抵抗層が残るように形成することが必要となる。

【 0044 】

(LED モジュール 100 の構成)

上記 LED チップ 1 を有した LED モジュール 100 について、図 5 を用いて説明する。

図 5 (a) に示すように、LED モジュール 100 は、直径 5 (cm) の円盤形をしたコンジット基板 110 と、この上に設けられた 3 つの発光部 120 とから構成されている。この内、コンジット基板 110 には、後述する照明装置 200 への取り付けのための切り欠き部 110 a、および照明装置 200 からの電力の供給を受けるための端子 130、140 が設けられている。また、図示は省略しているが、コンジット基板 110 の略中央には、照明装置 200 への取り付け時の操作性を向上させるのにガイド孔が開設されている。

【 0045 】

コンジット基板 110 上における 3 つの発光部 120 の各々には、LED チップ 1 が各 1 個実装されている。これについて、図 5 (b) の部分断面図を用いて説明する。

図 5 (b) に示すように、LED チップ 1 は、コンジット基板 110 における凹部 111 の底面に実装されている。LED チップ 1 は、コンジット基板 110 に対してフリップチップ実装されており、放熱性に優れている。そして、LED チップ 1 が実装された凹部 111 の周囲には、これを取り囲むようにアルミ製の反射ミラー 150 が形成されている。反射ミラー 150 で囲まれた凹部 111 の内方には、樹脂層 160 が充填され、これによって LED チップ 1 が封止されている。樹脂層 160 の構成材料としては、シリコン樹脂やエポキシ樹脂などを用いることができる。

【 0046 】

また、反射ミラー150およびLEDチップ1を覆う樹脂層160は、その全体がレンズ層170により被覆されている。レンズ層170には、モールドによる一体成形が可能な樹脂材料や、あるいはガラス材料を用いることができる。LEDモジュール100の内部構造について、図5(a)のA-A断面である図5(b)を用いて説明する。

図5(b)の拡大部分に示すように、LEDチップ1は、そのp型電極26およびn型電極27がコンポジット基板110における配線層114に接続されている。配線層114の表面は、Auメッキが施されているとともに、各電極26、27と配線層114との間には、Au層180が介挿されているが、これは、LEDチップ1をコンポジット基板110にフリップチップ実装する際に配線層114の上に配したAuバンプである。

【0047】

図5(b)の拡大部分に示すように、コンポジット基板110は、厚さ1(mm)のアルミ層112と、その上に順に積層されたアルミナコンポジット絶縁層113、銅の配線層114から構成されている。また、図5では、図示していないが、配線層114の上にアルミナコンポジット絶縁層115が積層されている(図6参照。)

アルミナコンポジット絶縁層113、115の層厚さは、100(μm)であり、配線層114の層厚さは、25(μm)である。

【0048】

LEDチップ1におけるp型電極26およびp型電極27は、上記配線層114にフリップチップ実装されている。この内、上記図1におけるカソード電極50とアノード電極60とが接続される配線層114の所定のパッドは、それぞれ端子130、140に電気的に繋がっている。これより、LEDモジュール100の駆動時においては、配線層114を介してLEDチップ1に電力が供給される。

【0049】

本発明の実施の形態に係るLEDモジュール100には、3つの発光部120を備えるが、全てが上述のような構造を有する。

なお、隣り合う発光素子部20におけるp型電極26とn型電極27との間は、上述のようにブリッジ配線40により接続されているが、コンポジット基板110への実装によっても接続されるようになってきている。これは、LEDチップ1内における接続の確実性を向上させる目的と、発光駆動時にLEDチップ1で生じた熱を確実にコンポジット基板110の側に逃がすためである。

【0050】

(コンポジット基板110へのLEDチップ1の実装)

次に、コンポジット基板110に対してLEDチップ1を実装する方法について、図6および図7を用いて説明する。

図6に示すように、コンポジット基板110には、LEDチップ1を実装しようとする領域において、最上層のアルミナコンポジット絶縁層115が除去されている。実装される側のコンポジット基板110は、図7(a)に示すように、3つのLEDチップ1a、1b、1cが実装され得る領域を有し、配線層114により各々の正負極が端子130および端子140に接続されるようになってきている。

【0051】

図7(b)に示すように、各LEDチップ1a、1b、1cが実装される領域における配線層114は、LEDチップ1の35の発光素子部20に対応するカソードパッド1151、アノードパッド1152、アイランドパッド1153にパターンニングされている。この内、カソードパッド1151、アノードパッド1152が上述のように端子130、140に接続されている。また、それぞれのパッド1151~1153上には、Auバンプ180が打たれている。

【0052】

なお、アイランドパッド1153は、上述のように、隣り合う発光素子部20におけるp型電極26とn型電極27との接続性を高める役割と、高い効率をもってLEDチップ1で生じた熱をコンポジット基板110に逃がすという役割を担う。コンポジット基板1

10

20

30

40

50

10に伝達された熱は、配線層114およびアルミ層112を介して、アルミ層112から放熱される。即ち、アイランドパッド1153は、それぞれが独立して形成されているものであるが、上記の2つの重要な役割を担うものである。

【0053】

図6に戻って、コンポジット基板110にLEDチップ1をフリップチップ実装する場合には、真空コレット500でLEDチップ1における被膜70が形成された面を吸着し、LEDチップ1をコンポジット基板1の配線層114上におけるAuバンプ180に電極26、27が接触するまで下降させる。次に、電極26、27がAuバンプ180に押しつけられた状態を維持しながら、真空コレット500から超音波を印加する。この超音波の印加を受けて、Auバンプ180が軟かい状態となり、超音波の印加を停止することで実装が完了する。

10

【0054】

ここで、図6の拡大部分に示すように、LEDチップ1における真空コレット500が吸着する面には、被膜70が形成されている。上記のように吸着面である被膜70表面は、略平坦であるので、真空コレット500による確実な吸着が可能であり、また、この面を介しての真空コレット500からの超音波印加に際しても、そのエネルギーロスが少ない。

【0055】

さらに、被膜70は、超音波印加時におけるノンドープGaN基板10の凹部11を破壊から保護するという機能も果たす。

20

(LEDモジュール100を備える照明装置200)

次に、LEDモジュール100を備える照明装置200について、図8および図9を用いて説明する。図8は、照明装置200の外観斜視図および下面図を示し、図9は、LEDモジュール100の取り付けに係る展開図を示す。

【0056】

図8(a)に示すように、ラッパ状の器具210と、その内方に取り付けられるLEDモジュール100とから構成されている。器具210には、商用電源から供給された交流電力(例えば、100V、50/60Hz)をLEDモジュール100を発光駆動するのに必要とされる直流電力に変換する電力変換回路(不図示)を備えている。

図8(b)に示すように、照明装置200におけるLEDモジュール100は、器具210の内方の取り付け面にコンポジット基板110のアルミ層112が密着する状態に配されている。

30

【0057】

次に、図9に示すように、器具210におけるLEDモジュール100の取り付け面には、LEDモジュール100のコンポジット基板110の形状に合わせた円形の凹部211が形成されている。凹部211は、その底面が略平坦になっており、内側壁の開口部よりの部分には雌ネジ(不図示)が設けられている。また、この雌ネジと底面との間における内側壁からはガイド212およびフレキシブル端子213、214が突設されている。これらのガイド212、フレキシブル端子213、214の配置は、LEDモジュール100における切り欠き部110aおよび端子130、140の位置に対応している。また、器具210の凹部211の底面中央には、ガイドピン215が立設されている。

40

【0058】

なお、フレキシブル端子213、214については、器具210における凹部211の底面には接合されておらず、また、折り曲げ自由な構成を有する。そして、凹部211に対してLEDモジュール100を挿入する際には、前もって両フレキシブル端子213、214を、LEDモジュール100をはめ込む前に凹部211の内側壁に沿うように折り曲げておく。

【0059】

このような構造の器具210に対してLEDモジュール100を装着するには、まずガイド212をLEDモジュール100のガイド孔に挿入し、且つガイドピン215に切り

50

欠き部 110a を沿わせて、LED モジュール 100 を器具 210 の底面に向けてはめ込んでゆく。そして、器具 210 の凹部 211 の底面に LED モジュール 100 が載置されたところで、先に凹部 211 の内側壁に沿うように折り曲げたフレキシブル端子 213、214 を、LED モジュール 100 の端子 130、140 の各々と接続されるようにクラック状に折り返す。その後、LED モジュール 100 の外周縁に O-リング 220 を載置し、これを挟み込むようにリング状ネジ 230 を凹部 211 の内周壁に設けられた雌ネジに螺合させる。リング状ネジ 230 が完全に螺合しきった時点で、器具 210 への LED モジュール 100 の装着が完了する。

【0060】

なお、本実施の形態に係る照明装置 200 では、放熱効果を高めるために、LED モジュール 100 の裏面と器具 210 における凹部 211 の底面との間にシリコングリスを塗布している。また、器具 210 の笠部分における内壁面には、LED モジュール 100 からの光を高い効率で外部に取り出すために、高反射加工が施されている。

上記のように構成された照明装置 200 では、商用電源から供給された交流電力が器具内の電力変換回路で直流電力に変換された後、端子 130、140 を通して LED モジュール 100 に電流 150 (mA) が供給される。供給された LED モジュール 100 では、3つの発光部 120 がそれぞれ白色光を発する。そして、このとき LED チップ 1 で生じる熱は、コンポジット基板 110 におけるアルミ層 112 を介して器具 210 に逃がされる。よって、この照明器具 200 では、発光駆動を長時間持続した場合にも、LED チップ 1 の劣化が抑制され、またその発光効率も高く維持される。

【0061】

また、器具 210 の笠部分に施された高反射加工によって、照明装置 200 からは、LED モジュール 100 から出射された白色光の内の 90 (%) 以上の光が取り出される。

本実施の形態に係る照明装置 200 が出射する白色光のスペクトル分布を、図 10 に示す。図 10 に示すように、本実施の形態に係る照明装置 200 は、色温度 5400 (K)、平均演色 70 のスペクトルの白色光を出射し、発光スペクトルは、波長 460 (nm) 近傍および 560 (nm) 近傍で相対強度のピークを示す。この内、波長 460 (nm) 近傍では、鋭いピークを示す。また、全光束 1000 (lm)、中心光度 2000 (cd) であった。

【0062】

なお、本実施の形態に係る照明装置 200 では、(InGa_N/Ga_N) × 6 発光層 23 から出射される青色光と被膜 70 で励起発光する黄色光とを合成して白色光を得ているために、平均演色評価数が 70 程度であるが、例えば、赤色光を出射する Ca-Al-Si-O-N 系オキシナイトライド蛍光ガラスなどを被膜 70 に含有させれば、平均演色評価数を改善することも可能である。

【0063】

(LED チップ 1 およびこれを備える LED モジュール 100、照明装置 200 の優位性)

上記のように本実施の形態に係る LED チップ 1 は、光の出射側である ノンドープ GaN 基板 10 の表面に凹部 11 が形成され、さらにこれを覆うように被膜 70 が形成されている。よって、上記図 6 のように、コンポジット基板 110 に対して LED チップ 1 をフリップチップ実装する際に、ノンドープ GaN 基板 10 の凹部 11 が確実に保護される。また、フリップチップ実装時において、真空コレット 500 で LED チップ 1 を確実に吸着することができ、実装時の位置ずれを生じにくい。さらに、被膜 70 によって真空コレット 500 からの超音波の印加に際しても、印加した超音波エネルギーが真空コレット 500 と LED チップ 1 との間で弱められることがなく、確実な実装が実現される。

【0064】

このような LED チップ 1 を備える LED モジュール 100、さらには照明装置 200 では、LED チップ 1 における ノンドープ GaN 基板 10 の凹部 11 が確実に保護されていることから高い光取り出し効率が得られ、且つ実装に際しての確実な接合性が得られる

10

20

30

40

50

ことから、高い発光効率を有する。

なお、本実施の形態に係るLEDチップ1は、出射側に電極などの光を遮るものがないので、照射面に障害物の影が現れるようなことがないという優位性も備える。

(実施の形態2)

実施の形態2においても、半導体発光装置としてのLEDチップ3を一例に説明を進めてゆく。

【0065】

(LEDチップ3の構成)

本実施の形態に係るLEDチップ3は、上記図1で示したLEDチップ1と類似した外觀形状を有する。即ち、各々が $285(\mu\text{m}) \times 400(\mu\text{m})$ の発光素子部320が7×5のマトリクス状に配され、LEDチップ3全体のサイズが $2(\text{mm}) \times 2(\text{mm})$ である。以下では、LEDチップ3の構成について、LEDチップ1との相違点を主におき、図11を用いて説明する。図11では、(a)にLEDチップ3の一部断面を示し、(b)に後述する被膜370を除去した状態でのLEDチップ3の上面図を示す。

10

【0066】

図11(a)に示すように、LEDチップ3は、ノンドープ4H-SiC基板310の上に、AlGa_{0.95}Nバッファ層321(厚さ30nm)、n-Al_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層322(Siドープ量 $3 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 、厚さ $1.5 \mu\text{m}$)、In_{0.03}Ga_{0.97}N(3nm)/Al_{0.05}Ga_{0.95}N(5nm)×5発光層323、p-Al_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層324(Mgドープ量 $3 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ 、厚さ200nm)、p-GaNコンタクト層325(Mgドープ量 $3 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ 、厚さ500nm)が順に積層され構成されている。この内、In_{0.03}Ga_{0.97}N/Al_{0.05}Ga_{0.95}N×5発光層323は、In_{0.03}Ga_{0.97}N/Al_{0.05}Ga_{0.95}N5周期の多重量子井戸発光層を意味し、LEDチップ3の発光駆動時において、波長380(nm)の近紫外光を出射する。

20

【0067】

また、ノンドープ4H-SiC基板310は、In_{0.03}Ga_{0.97}N/Al_{0.05}Ga_{0.95}N×5発光層323と略同等の2.3前後の屈折率を有する。

分離溝330、n型電極327、Si₃N₄膜328およびブリッジ配線340などの構成については、上記LEDチップ1と同様であるので、説明を省略する。

30

図11(a)に示すように、LEDチップ3におけるノンドープ4H-SiC基板310の下面には、凹部が形成されておらず、Ni/Al/Pt/Au層380が形成されている。また、p-GaNコンタクト層325の上には、Ni/Auからなるp型電極326が形成されているが、これらp-GaNコンタクト層325の層表面からp型電極326を貫く複数の凹部326aが形成されている。これについて、図11(b)を用いて説明する。

【0068】

図11(b)に示すように、凹部326aは、 $1(\mu\text{m})$ 周期を有して形成された円形状を有するものであり、上述の通り、In_{0.03}Ga_{0.97}N/Al_{0.05}Ga_{0.95}N×5発光層323からの出射光を散乱あるいは透過し易くする機能を果たす。この凹部326aは、In_{0.03}Ga_{0.97}N/Al_{0.05}Ga_{0.95}N×5発光層323から出射された近紫外光の出射領域であるp型電極326の形成領域全体にわたる。

40

【0069】

図11(a)に戻って、LEDチップ3における上面(電極326、327形成側表面)は、透光性を有する被膜370で全体が覆われている。ただし、図示はしていないが、上記図1のカソード電極50およびアノード電極60に相当する部分には、被膜370の形成はない。

被膜370は、透光性を有する硬質シリコン樹脂を主成分とし、凹部326aを完全に埋め込み、且つ表面が略平坦となるように形成されており、膜厚さ $50(\mu\text{m})$ を有し

50

ている。また、被膜370の中には、 $\text{In}_{0.03}\text{Ga}_{0.97}\text{N}/\text{Al}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N} \times 5$ 発光層323から出射される近紫外光で励起発光する蛍光体や、 SiO_2 の微粒子などが分散された状態で含有されている。この蛍光体の選択については、上記近紫外光により励起され、結果的にLEDチップ3から白色光が出射されるようなものとするればよく、例えば、以下のような組み合わせを採用することができる。

(例1) 近紫外光で励起され青色光を放つ青色蛍光体 + 近紫外光で励起され緑色光を放つ緑色蛍光体 + 近紫外光で励起され赤色光を放つ赤色蛍光体

(例2) (上記例1の組み合わせ) + 近紫外光で励起され黄色光を放つ黄色蛍光体

(例3) 近紫外光で励起され青色光を放つ青色蛍光体 + 近紫外光で励起され黄色光を放つ黄色蛍光体

(例4) (上記例3の組み合わせ) + 近紫外光で励起され赤色光を放つ赤色蛍光体

(例5) 近紫外光で励起され青色光を放つ青色蛍光体 + 青色蛍光体が放つ青色光で励起され緑色光を放つ緑色蛍光体 + 青色蛍光体が放つ青色光で励起され赤色光を放つ赤色蛍光体

(例6) 近紫外光で励起され青色光を放つ青色蛍光体 + 青色蛍光体が放つ青色光で励起され緑色光を放つ緑色蛍光体 + 緑色蛍光体が放つ緑色光で励起され赤色光を放つ赤色蛍光体

なお、上記については、あくまでも例示であり、最終的にLEDチップ3から白色光が得られる組み合わせであれば、これに限定を受けるものではない。

【0070】

また、上記例示においては、青色光は、400 (nm) 以上500 (nm) 以下の範囲の波長領域に主発光ピークを有する光、緑色光は、500 (nm) 以上550 (nm) 以下の範囲の波長領域に主発光ピークを有する光、赤色光は、600 (nm) 以上680 (nm) 以下の範囲の波長領域に主発光ピークを有する光、黄色光は、550 (nm) 以上600 (nm) 以下の範囲の波長領域に主発光ピークを有する光を示すものである。

【0071】

具体的には、以下のような蛍光体を用いることができる。

青色蛍光体 ; $(\text{Ba}, \text{Sr})\text{MgAl}_{10}\text{O}_{17} : \text{Eu}^{2+}$

$(\text{Ba}, \text{Sr}, \text{Ca})_{10}\text{Mg}(\text{PO}_4)_6\text{Cl}_2 : \text{Eu}^{2+}$

緑色蛍光体 ; $\text{BaMgAl}_{10}\text{O}_{17} : \text{Eu}^{2+}, \text{Mn}^{2+}$

$(\text{Ba}, \text{Sr})_2\text{SiO}_4 : \text{Eu}^{2+}$

$\text{Y}_3(\text{Al}, \text{Ga})_5\text{O}_{12} : \text{Ce}^{3+}$

黄色蛍光体 ; $(\text{Y}, \text{Gd})_3\text{Al}_5\text{O}_{12} : \text{Ce}^{3+}$

$(\text{Sr}, \text{Ba})_2\text{SiO}_4 : \text{Eu}^{2+}$

赤色蛍光体 ; $\text{La}_2\text{O}_2\text{S} : \text{Eu}^{3+}$

$\text{CaS} : \text{Eu}^{2+}$

また、被膜370に含有される物質の内、 SiO_2 は、中心粒径が数10 (nm) ~ 数100 (nm) の超微粒子である。含有する微粒子については、上記で示した SiO_2 以外に、 Al_2O_3 、 ZnO 、 Y_2O_3 、 TiO_2 、 ZrO_2 、 HfO_2 、 SnO_2 、 Ta_2O_3 、 Nb_2O_3 、 BaSO_4 、 ZnS 、 V_2O_5 などや、あるいはこれらを混合したものをを用いることもできる。

【0072】

このような構成を有するLEDチップ3では、上記図2 (b)と同様に、35の発光素子部320が直列接続された回路構成を有し、 $\text{In}_{0.03}\text{Ga}_{0.97}\text{N}/\text{Al}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N} \times 5$ 発光層323からの近紫外光が被膜370で白色光に変換され、図11 (a)における上面側より出射される。LEDチップ3の動作電圧は、放熱を確保した状態で50 (mA) の電流を供給したとき、120 (V) である。

【0073】

(LEDチップ3の製造方法)

次に、LEDチップ3の製造方法について、図12を用いて説明する。なお、LEDチップ3の製造にあつては、使用材料の違いはあるものの、上記図4 (f)の段階まで、LEDチップ1の製造方法と重複するので、以下では、それ以降の部分について説明する。

10

20

30

40

50

図12(a)には、p型電極326、n型電極327の形成までが完了した状態を示す。

【0074】

次に、図12(b)に示すように、ノンドープ4H-SiC基板310の下面側を、厚さが150(μm)となるまで研磨し、その免状に蒸着方を用いて、Ni/Al/Pt/Au層380を形成する。

図12(c)に示すように、p型電極326の形成領域に対して、エッチングによって、上記図11(b)に示すパターンで凹部326aを形成する。このとき、凹部326aの底面は、p-GaNコンタクト層325の層表面である。凹部326aは、上述のように、周期が1(μm)で、開口形状が円形である。

10

【0075】

そして、チップの上面の全体に蛍光体を含有するシリコン樹脂を塗布し、これを150()の温度で加熱硬化させることで被膜370が形成される。なお、シリコン樹脂の塗布にあたっては、凹部326aの内方に気泡などが残らないようにする。なお、カソード電極およびアノード電極に相当する箇所については、シリコン樹脂が塗布されないようにマスクしておく。

【0076】

最後に、ラップ・ポリッシュを用いて、厚みが50(μm)となるまで研磨した後、ダイシングにより、個々のLEDチップ3を切り出して製造が完了する。

(LEDモジュールの構成)

20

LEDチップ3を備えるLEDモジュールの構成について、図13を用いて説明する。図13では、(a)に当該LEDモジュールの一部断面図、(b)にLEDチップ3と配線層414との接続状態図を示す。

【0077】

図13(a)に示すように、LEDモジュールは、凹部411(開口径: 3mm)が設けられたセラミックス基板410と、この凹部411の底面に接合されたLEDチップ3とを主要要素として構成され、セラミックス基板410の上であって、凹部411を取り囲むようにアルミ製の反射ミラー450(厚さ: 0.5mm、上部開口径: 4mm)が取り付けられている。そして、反射ミラー450で取り囲まれた凹部411の内部には、LEDチップ3の固定を確実にするための樹脂層460が充填されている。樹脂層460の上面は、反射ミラー450の上面と略面一となっており、これらの上面を覆うようにレンズ層470が形成されている。

30

【0078】

図13(a)に示すように、セラミックス基板410は、積層構造を有した直径5(cm)の基板であり、下から順に、厚さ0.5(mm)のAlN層412、厚さ25(μm)の銅あるいはタングステンからなる配線層414、さらにその上にセラミックス層415が積層された形態を有する。そして、凹部411においては、一番上層のセラミックス層415が除去されており、配線層414は、カソード電極側とアノード電極側とに二分するようにパターンニングされている。そして、凹部411により露出された配線層414の部分(パッド部)では、その表面にAuメッキが施されている。また、図示はしていないが、セラミックス基板410の下面は、放熱特性を向上させるためにAuメッキが施されている。

40

【0079】

なお、セラミックス基板410には、AlN層412の代わりとして、Al₂O₃、BN、MgO、ZnO、SiC、ダイヤモンドなどを材料とする層が形成されたものを用いることもできる。

LEDチップ3は、セラミックス基板410の凹部411の底面に載置されているが、Ni/Al/Pt/Au層380とセラミックス基板410の配線層414との間にはAu層480が介挿されている。これは、上述の通り、チップ実装の際にあらかじめ配線層414に設けたAuバンプである。図13(b)に示すように、LEDチップ3は、凹部

50

4 1 1の内側壁の対向する二方から延出された2つの舌状のパッド(カソードパッド4 1 4 a、アノードパッド4 1 4 b)の内、大きな面積を有するカソードパッド4 1 4 aの上に接続されている。そして、LEDチップ3におけるカソード電極3 5 0、アノード電極3 6 0は、それぞれカソードパッド4 1 4 a、アノードパッド4 1 4 bとボンディングワイヤ4 8 1、4 8 2で接続されている。

【0080】

なお、本実施の形態においては、ワイヤーボンディングによってLEDチップ3とセラミックス基板4 1 0上の各パッド4 1 4 a、4 1 4 bとを接続しているが、ワイヤーボンディングで電氣的に接続する代わりに、LEDチップ3に貫通孔を設け、そこに金属を埋め込み、LEDチップ3の裏面に電極を設けて、バンプやハンダなどでパッドと接続してもよい。

10

【0081】

反射ミラー4 5 0、樹脂層4 6 0、レンズ層4 7 0などについては、上記LEDチップ1と同一の構成をとるので、説明を省略する。

また、図では示していないが、本実施の形態に係るLEDモジュールは、LEDチップ3の構成および接続形態を除き、上記図5と同一の構成を有する。そして、これを備える照明器具については、上記図8と同一の構成を有してもよいし、その他の構成とすることもできる。

【0082】

本実施の形態に係るLEDチップ3を備える照明装置では、LEDモジュールに1 5 0 (mA)の直流電力が供給されることによって、色温度4 6 0 0 (K)、平均演色評価数9 0の白色光を出射する。この照明装置における全光束は1 0 0 0 (lm)であり、中心光度は2 0 0 0 (cd)である。本実施の形態に係る照明装置の出射する白色光の発光スペクトルを図1 4に示す。

20

【0083】

図1 4に示すように、6 2 0 (nm)あたりの波長領域において、相対強度の鋭いピークを有する。また、4 5 0 (nm)~6 2 0 (nm)にかけての波長領域では、比較的高い相対強度を有する。

(LEDチップ3およびこれを備えるLEDモジュール、照明装置の優位性)

本実施の形態に係るLEDチップ3は、 $In_{0.03}Ga_{0.97}N/Al_{0.05}Ga_{0.95}N \times 5$ 発光層3 2 3から出射された近紫外光の出射側となるp型電極3 2 6側に凹部3 2 6 aが設けられており、これを覆うように被膜3 7 0が形成されている。このLEDチップ3をセラミックス基板4 1 0にチップ実装する際には、被膜3 7 0の表面を真空コレットで吸着し、これをセラミックス基板4 1 0に押しつけた後に、超音波を印加するのであるが、被膜3 7 0の形成により真空コレットによる吸着が確実にでき、また超音波印加の際にそのエネルギーがp型電極3 2 6の凹部3 2 6 aでロスすることがなく、確実な接合を実施できる。また、凹部3 2 6 aでの超音波のロスが少なく、また、凹部3 2 6 aの表面が被膜3 7 0によって保護されていることから、チップ実装時における超音波の印加により凹部3 2 6 aが破壊されることもない。これらの事柄については、上記実施の形態1と同様である。

30

40

【0084】

以上のような優位性をLEDチップ3は有しているので、これを備えるLEDモジュールおよび照明装置では、上記実施の形態1と同様に、高い光取り出し効率が得られ、且つ、実装に際して確実な接合性が得られることから優れた放熱性を有する。よって、LEDモジュールおよび照明器具では、高い発光効率と長寿命という優位性を有する。

また、一般に、本実施の形態のLEDチップ3のように片面にp型電極3 2 6、n型電極3 2 7を配するような場合には、n型電極3 2 7部分の発光層を除去する必要があるために、その分だけ発光面積が狭くなることが避けられない。しかし、本実施の形態のLEDチップ3では、LEDチップ3内でブリッジ配線3 8 0を用いて個々の発光素子部間を接続しているので、ボンディングワイヤやバンプを用いて個々の発光素子部間を接続する

50

場合に比べて、 n 型電極 327 の面積を十分狭くすることができる（例えば、 $100\ \mu\text{m}$ 角程度に対して、 $10\ \mu\text{m}$ 角程度まで可能。）。よって、LEDチップ 3 では、 n 型電極 327 の面積を狭くした分、発光層が下層に形成されている p 型電極 326 の面積を広くとることができ、発光面積を広くすることができる。

【0085】

例えば、LEDチップにおける個々の発光素子部の面積が $285\ (\mu\text{m}) \times 400\ (\mu\text{m})$ であり、接合代が周囲 $25\ (\mu\text{m})$ の範囲とした場合には、その実効面積は、 $82250\ (\mu\text{m}^2)$ となる。そして、 n 型電極の面積が $10 \times 10\ (\mu\text{m}^2)$ の本実施の形態に係る LEDチップ 3 の発光素子部 1 個あたりの発光面積は、 $82250 - 10 \times 10 = 82150\ (\mu\text{m}^2)$ となる。同様に計算すると、上記 $100 \times 100\ (\mu\text{m}^2)$ の面積の n 型電極を有する従来の LEDチップにおける発光素子部 1 個あたりの発光面積は、 $72250\ (\mu\text{m}^2)$ となる。これらを比較すると、本実施の形態に係る LEDチップ 3 では、従来のものに比べて、その発光面積を 1.13 倍とすることができる。

10

【0086】

また、発光面積を広くすると、チップに同じ電流を流した場合に電流密度を減らすことができるので、発熱を抑制することができるし、同じ電流密度になるまで電流を増加させれば、光量を増加させることができる。

以上のことから、本実施の形態に係る LEDチップ 3 のように、チップ上において、ブリッジ配線を用いて発光素子間を接続する場合には、発光素子 1 個からなる LEDチップをワイヤボンディングやバンプで接続する場合に比べて、トータルとしてのチップ面積を同一とした場合にも発光面積を増やすことができるという優位性を有する。

20

【0087】

なお、本実施の形態に係る LEDチップ 3 においては、基板として n - SiC 基板 310 を用いたが、これの代わりに、 n - SiC 基板上に AlGaIn 層などの高抵抗層を形成した基板を用いることもできる。その場合には、高抵抗層が残るように分離溝を形成する必要がある。

また、LEDチップ 3 の内部において、カソード電極を n - SiC 基板に接続しておくようにすれば、カソードパッドとの間におけるボンディングワイヤを省略することができる。

【0088】

このように n - SiC 基板の代わりに n - SiC 基板を用いた場合には、 n - SiC 基板が金属並みの高い熱伝導性を有していることから、発光層を上にして実装した場合にも、発生した熱を実装基板に放熱させることができる。

30

また、熱伝導性では劣るものの、サファイア、 AlN 、 Si などを基板に用いることも可能である。

(実施の形態 3)

次に、本発明の実施の形態 3 に係る LED表示装置 6 の構成について、図 15 を用いて説明する。

【0089】

図 15 (a) に示すように、本実施の形態に係る LED表示装置 6 は、コンポジット基板 61 の主表面上の一部領域に、反射ミラー 62、レンズ 63 が順に積層され、この領域に 16 行 16 列の合計 256 個の発光部 66 が形成された構成を有している。また、コンポジット基板 61 の主表面上における他の領域には、当該 LED表示装置 6 とこれを駆動するための駆動回路との接続のための接続端子 64、65 が形成されている。これら接続端子 64、65 の各々は、コンポジット基板 61 の内層に形成された配線層 615、616 によって、各発光部 66 を構成する LEDチップ 67 に接続されている（図 15 (b) 参照）。

40

【0090】

図 15 (b) に示すように、LED表示装置 6 における各発光部 66 は、コンポジット基板 61 の主表面上に配された導電ランド 617 に LEDチップ 67 がバンプ 68 をもつ

50

て接合された構成、所謂、LEDチップ67がコンポジット基板61にフリップチップ実装された構成を有している。そして、LEDチップ67を取り囲むように反射ミラー62が配置され、これら全体を覆うようにレンズ63が形成されている。

【0091】

コンポジット基板61は、1層の金属層611とこれに積層された3層の絶縁層612~614とからなり、絶縁層612、613間に配線層616、絶縁層613、614間に配線層615がそれぞれ形成された構成を有している。なお、導電ランド617と各配線層615、616との間は、ビアホールで接続されている。

図15(b)に示すように、LEDチップ67は、図2に示すLEDチップ1における各発光素子部20と同一の構造を有している。そして、図15(b)の拡大部分に示すように、ノンドープGaN基板671の光取り出し面側(図では、上面側)には、微少な四角断面の凹部6711(例えば、1μm周期で形成された凹部)が表面全体にわたって形成されている。

10

【0092】

ノンドープGaN基板671の表面上には、凹部6711を埋めるように被膜672が形成されている。この被膜672は、上記実施の形態1と同様に、透光性を有するポリイミド樹脂を主成分として形成されており、中に(Sr、Ba)₂SiO₄:Eu²⁺などの黄色蛍光体とSiO₂などの超微粒子が分散した状態で含有されており、薄い部分(凹部6711のない部分)での厚みが80(μm)となるように、且つ、表面が略平坦となるように形成されている。これらの被膜672の構成などについては、上記実施の形態1

20

【0093】

本実施の形態3に係るLED表示装置6では、上記実施の形態1と同様に、コンポジット基板61に対してLEDチップ67をフリップチップ実装する際の凹部6711の確実な保護、また、LEDチップ67を実装する際の位置ずれを生じ難くすることができる。さらに、被膜672によって真空コレットからの超音波の印加に際しても、印加した超音波エネルギーが真空コレットとLEDチップ67との間で弱められることがなく、確実な実装が実現される。

【0094】

このような構成を有するLED表示装置6では、LEDチップ67におけるノンドープGaN基板671の凹部6711が確実に保護されていることから高い光取り出し効率を得られ、且つ実装に際しての確実な接合性が得られることから、高い発光効率を有する。

30

なお、本実施の形態に係るLED表示装置6は、一例を示すものであって、本発明がこれに限定されるものでない。例えば、コンポジット基板61の代わりに、TFT基板などを用いることもできる。

(実施の形態4)

以下では、実施の形態4について、図16を用いてその構成を説明する。本実施の形態では、垂直面発光レーザ(VCSSEL; Vertical Cavity Surface Emitting Laser)装置を一例として用い説明する。

【0095】

40

図16(a)に示すように、本実施の形態に係る垂直面発光レーザ装置(以下では、「VCSSEL装置」と記載する。)7は、SiC基板71の一方の主面(図16(a)での下面)に、カソード電極72が配され、他方の主面上(図16(a)での上面)の一部領域に蛍光体層74が形成され、同じ主面上の残りの領域にはアノード電極75が配されている。この内、SiC基板71における蛍光体層74で覆われた部分には、合計36箇所の垂直面発光レーザ(以下では、VCSSEL)セル部73が形成されている。そして、一部切り欠き部分に示すように、各VCSSELセル部73のアノード電極部738(図16(b)参照)とSiC基板71の主面上に配されたアノード電極75とは、Alブリッジ配線76によって接続されている。

【0096】

50

図16(b)に示すように、VCSEL装置7のC-C断面では、6つのVCSELセル部73が形成されている。同図の拡大部分に示すように、VCSELセル領域73は、SiC基板71をベースとして蛍光体層74が形成されたのとは反対側の主面に配されたカソード電極72と、蛍光体層74が形成された側の主面上に次のような層が積層され構成されている。SiC基板71上には、半導体DBR層731、nクラッド層732、多重量子井戸構造の活性層(以下では、「MQW層」と記載する。)733、pクラッド層734が順に積層され、これらの積層構造部分を取り囲むように、SiNパッシベーション膜735およびアノード電極部736が形成されている。そして、pクラッド層734の表面上であってアノード電極部736で取り囲まれた領域には、ITO層737、誘電体DBR層738が順に積層されている。

10

【0097】

このようにVCSEL装置7における各VCSELセル部73は、SiC基板71、カソード電極72および上記複数の構成要素731~738により構成される。また、上述のように、本実施の形態に係るVCSEL装置7では、VCSELセル部73が形成された部分全体が蛍光体層74で覆われた構成を有するところに特徴を有する。即ち、上記実施の形態1~3と同様に、VCSELセル部73の全体を蛍光体層74で被覆することによって、当該VCSEL装置7を実装しようとする際に、各VCSELセル部73のアノード電極部736などがダメージを受けることがなく、また、実装の確実性も高いものである。また、その他にも、上記実施の形態1、2と同様の効果を得ることができる。

【0098】

20

次に、本実施の形態に係るVCSEL装置7の製造方法について、図17および図18を用いて説明する。なお、図17および図18では、便宜上、1つのVCSELセル部73について図示している。

図17(a)に示すように、SiC基板71の一方の主表面上に、半導体DBR層731、nクラッド層732、MQW層733、pクラッド層734を順に積層する。

【0099】

図17(b)に示すように、pクラッド層734の表面上における一部領域、具体的にはVCSELセル部73を形成しようとする領域にマスク(不図示)を形成し、nクラッド層732をストッパ層とするエッチングを行う。これにより、nクラッド層732の表面の一部領域において、凸状にMQW層733およびpクラッド層734が残る。

30

図17(c)に示すように、半導体DBR層731とnクラッド層732とを上記エッチングに残ったMQW層733およびpクラッド層734よりもやや断面サイズが大きくなるようにエッチングする。この後に、図17(d)に示すように、SiC基板71の表面上からnクラッド層734の表面上における一部にまで続く状態で、Alブリッジ配線76を形成する。

【0100】

図18(e)に示すように、Alブリッジ配線76およびnクラッド層732の残る表面、さらにはpクラッド層734の表面の一部領域までを覆うように、SiNパッシベーション膜735を形成する。

次に、図18(f)に示すように、SiNパッシベーション膜735の表面上の一部領域およびpクラッド層734の一部領域に対してアノード電極部736の形成を行う。

40

【0101】

図18(g)に示すように、pクラッド層734の表面上におけるアノード電極部736で取り囲まれた領域にITO層737および誘電体DBR層738を順に積層する。そして、図18(h)に示すように、SiC基板71のもう一方の主表面全体にカソード電極72を形成する。

なお、図示を省略するが、図18(h)に示す工程の後に、上記各構成要素731~738が形成されたSiC基板71の表面上における所要部分に蛍光体層74の形成を行う。最後に、図16に示す単位にSiC基板71を切り分けることで、VCSEL装置7におけるVCSELセル部73の形成が完了する。

50

【0102】

ここで、上述のように、V C S E L 装置 7 の製造においては、V C S E L セル部 7 3 の形成領域全体を覆うように、蛍光体層 7 4 の形成を行う。蛍光体層 7 4 の形成においては、その表面が略平坦となるようにする。このため、V C S E L 装置 7 については、上述のように、基板等に別途実装するのであるが、その際にも蛍光体層 7 4 の表面を用いてチップ実装等を実施することができるので、上記優位性を有する。

【0103】

なお、本実施の形態では、V C S E L 装置を一例としたが、略同一構成を有する共鳴共振型面発光ダイオード (R C - L E D) 装置などに適用しても同様の効果を奏することができる。

(その他の事項)

上記実施の形態 1 ~ 4 は、本発明の構成および作用における特徴を説明するために、その一例として用いたものであり、本発明は、これらに何ら限定を受けるものではない。例えば、本実施の形態 1、2 では、発光層からの出射光とこれによって励起する蛍光体の励起光との合成によって、各々の発光部 1 2 0 から白色光を出射する構成としたが、単色の L E D モジュール、あるいは単色の L E D 光を合成して白色光を得るようにしてもよい。また、出射するのは、必ずしも白色光だけに限定されるものではなく、単色光でもよい。

【0104】

また、L E D チップ 1、3 における各被膜 7 0、3 7 0 には、蛍光体などを含有することとしたが、蛍光体などについては必ずしも含有されていなくてもよい。基本として、これら被膜は、L E D チップ 1、3 をフリップチップ実装あるいはチップ実装する際に、真空コレットでの吸着性の向上および超音波のエネルギーロスの低減を目的として形成されているものであり、蛍光体の含有については必須要件ではない。

【0105】

また、上記実施の形態 1 では、被膜 7 0 を構成する材料として、ポリイミド、エポキシ、シリコンなどの有機樹脂をあげたが、この代わりとしてゾルゲル法によるガラスや低融点ガラスなどを用いることもできる。具体的なガラス材料としては、例えば、以下のようなものを採用することができる。

(1) 金属アルコキシド (テトラメトキシシラン、テトラエトキシシランなど) を出発原料とするガラス材料

(2) セラミック前駆体ポリマー (ペルヒドロポリシラサンなど) からなるガラス材料

(3) 酸化燐、酸化硼などからなるガラス材料

なお、何れのガラス材料を用いる場合においても、凹凸構造上に材料を塗布 (ポッティングやスピンコーティングなど) し、乾燥した後に、数百 () の温度で焼成することで、凹凸構造上に平坦な表面を有するガラス層 (被膜) を形成することができる。

【0106】

また、上記実施の形態に係る各半導体発光装置については、実装時に必ずしも超音波の印加を伴うものでなくても、真空コレットなどでの吸着時における優位性を奏することができる。

また、上記実施の形態 3、4 で一例として用いた表示装置 6 や V C S E L 装置 7 の各構成についても、本発明が有する特徴を奏しうる範囲内で適宜変更が可能である。

【0107】

さらに、本発明は、図 1 9 に示すような、所謂、S M D (S u r f a c e M o u n t D e v e c e) に適用することも可能である。図 1 9 に示すように、本発明を適用した S M D 8 は、実装基板 8 1 の表面上に形成された一対の外部電極 8 2 a、8 2 b に対して、L E D チップ 8 3 が間にパンプ 8 4 を介してフリップチップ実装され構成されている。そして、実装基板 8 1 上の外部電極 8 2 a、8 2 b の一部領域および L E D チップ 8 3 は、樹脂パッケージ 8 5 により覆われている。

【0108】

図 1 9 の拡大部分に示すように、S M D 8 における L E D チップ 8 3 は、上記実施の形

10

20

30

40

50

態 2 などに示す L E D チップ 6 7 と同様に、チップ基板 8 3 1 の表面上に凹部 8 3 1 1 が存在し、この凹部 8 3 1 1 を埋めるように被膜 8 3 2 2 が形成されている。このような構成を有する S M D 8 においても、L E D チップ 8 3 を実装基板 8 1 に実装する際のダメージなどを低減することが可能となり、上記実施の形態 1 ~ 4 と同様の効果を得ることが可能である。

【産業上の利用可能性】

【0109】

本発明は、高出力で、且つ、高光束を得ることができる半導体発光装置、照明装置および表示装置などを実現するのに有効である。

【図面の簡単な説明】

10

【0110】

【図 1】本発明の実施の形態 1 に係る L E D チップ 1 の外観斜視図である。

【図 2】(a) は、L E D チップ 1 の一部断面図であり、(b) は、L E D チップ 1 における回路配線図である。

【図 3】L E D チップ 1 の製造過程を示す工程図である。

【図 4】L E D チップ 1 の製造過程を示す工程図である。

【図 5】(a) は、L E D モジュール 1 0 0 の外観斜視図であり、(b) は、その一部断面図である。

【図 6】L E D チップ 1 を実装基板 1 1 0 に対してフリップチップ実装する際の工程を示す概略図である。

20

【図 7】(a) は、実装基板 1 1 0 の正面図であり、(b) は、L E D チップ実装部 1 a におけるパッドの配置図である。

【図 8】(a) は、本発明の実施の形態 1 に係る照明装置 2 0 0 の外観斜視図であり、(b) は、その下面図である。

【図 9】照明装置 2 0 0 におけるソケット 2 1 0 に対する L E D モジュール 1 0 0 の取り付け方法を示す工程図である。

【図 1 0】照明装置 2 0 0 における発光スペクトルを示す特性図である。

【図 1 1】(a) は、本発明の実施の形態 2 に係る L E D チップ 3 の一部断面図であり、(b) は、その凹部 3 2 6 a の配置図である。

【図 1 2】L E D チップ 3 の製造過程を示す工程図である。

30

【図 1 3】(a) は、L E D チップ 3 が実装されてなる実装基板 4 1 0 の一部断面図であり、(b) は、L E D チップ 3 の実装箇所を示す上面図である。

【図 1 4】L E D チップ 3 を備える照明装置における発光スペクトルを示す特性図である。

【図 1 5】(a) は、本発明の実施の形態 3 に係る L E D 表示装置 6 の斜視図であり、(b) は、その B 部を示す断面図である。

【図 1 6】(a) は、本発明の実施の形態 4 に係る垂直面発光レーザ装置 7 の斜視図（一部切り欠き）であり、(b) は、その一部断面図である。

【図 1 7】垂直面発光レーザ装置 7 の製造方法を示す工程図である。

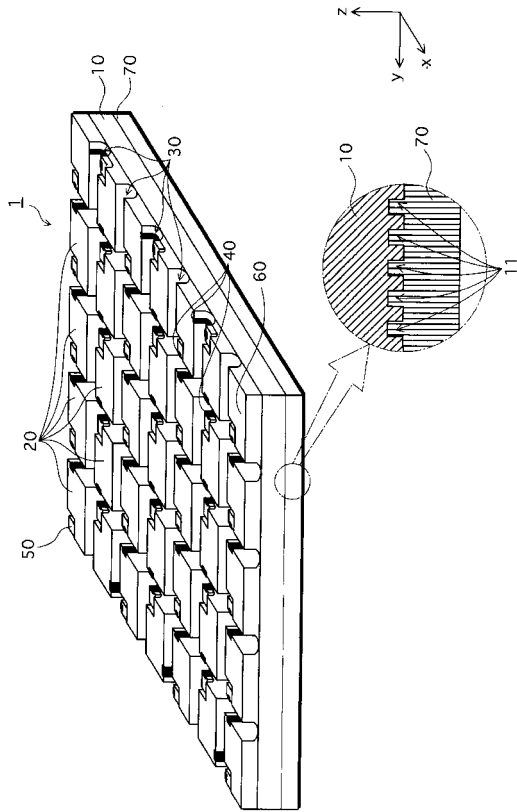
【図 1 8】垂直面発光レーザ装置 7 の製造方法を示す工程図である。

40

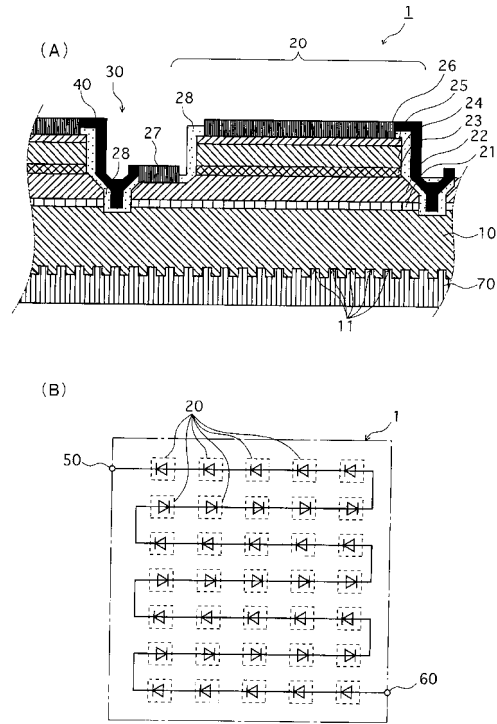
【図 1 9】変形例としての S M D を示す断面図である。

【図 2 0】従来構造の L E D チップ 1 1 0 0 を実装基板 1 2 1 0 に実装する際の工程を示す概略図である。

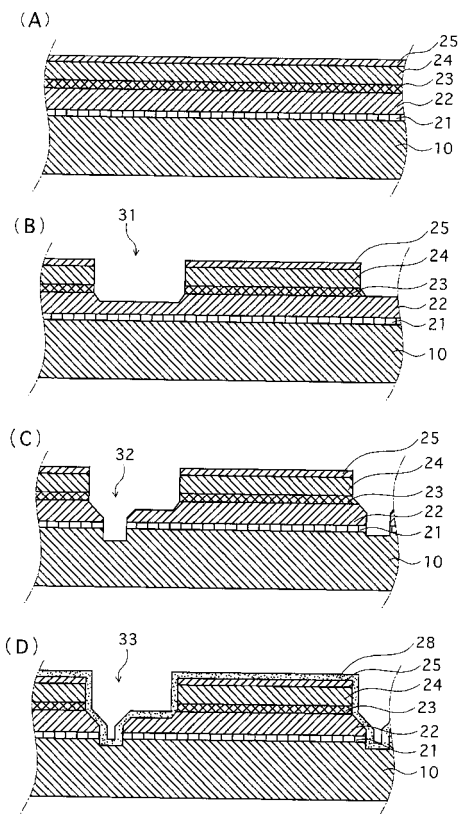
【図1】



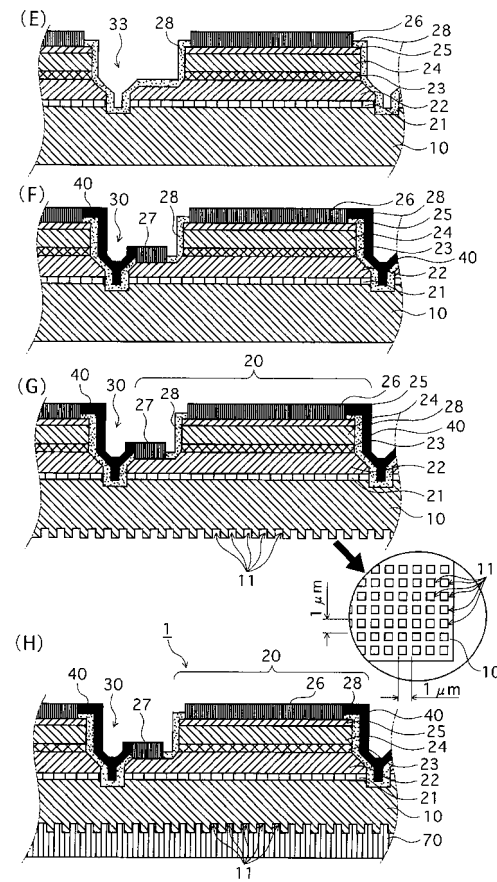
【図2】



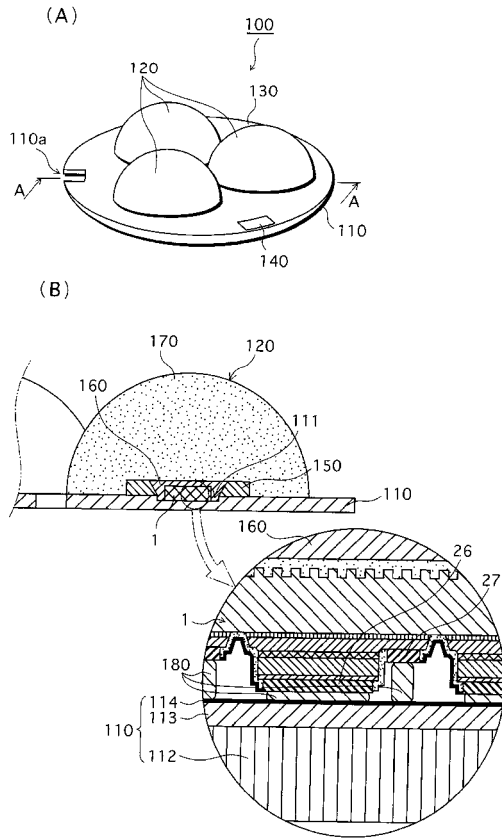
【図3】



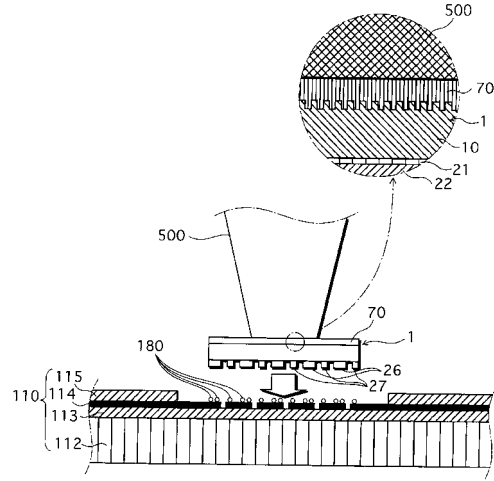
【図4】



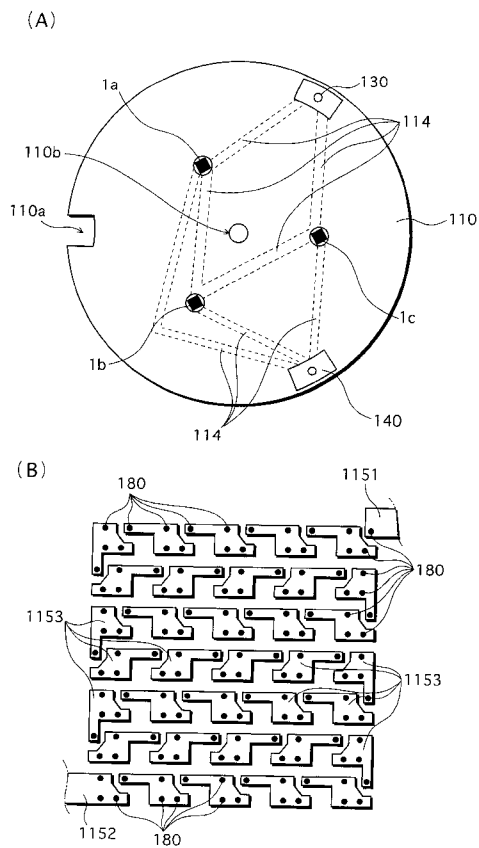
【図5】



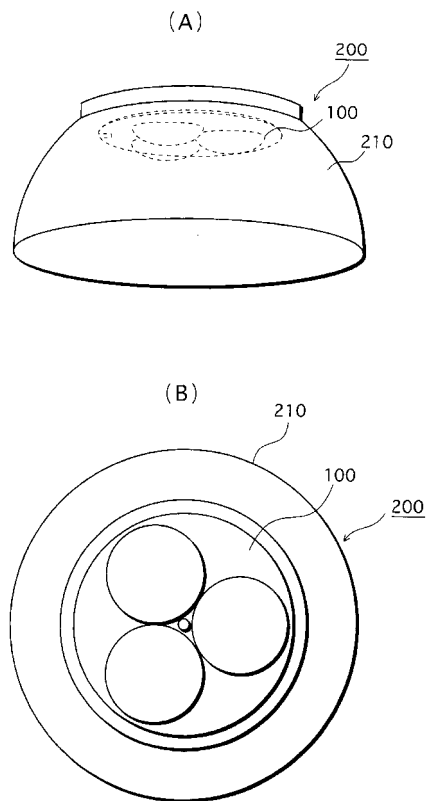
【図6】



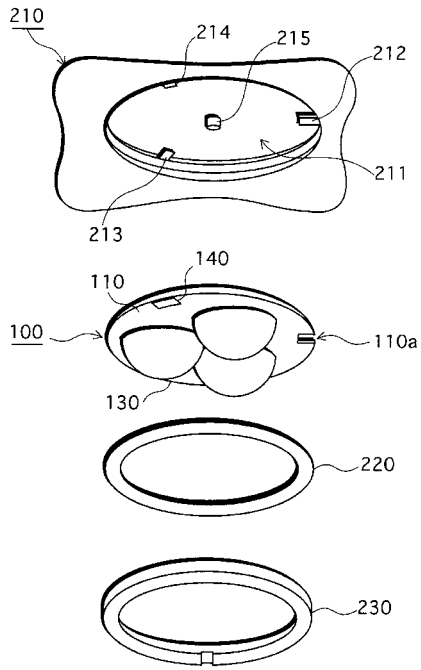
【図7】



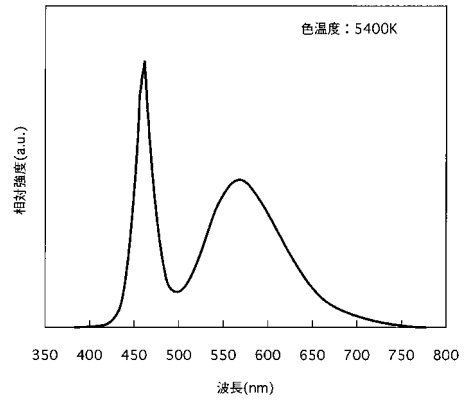
【図8】



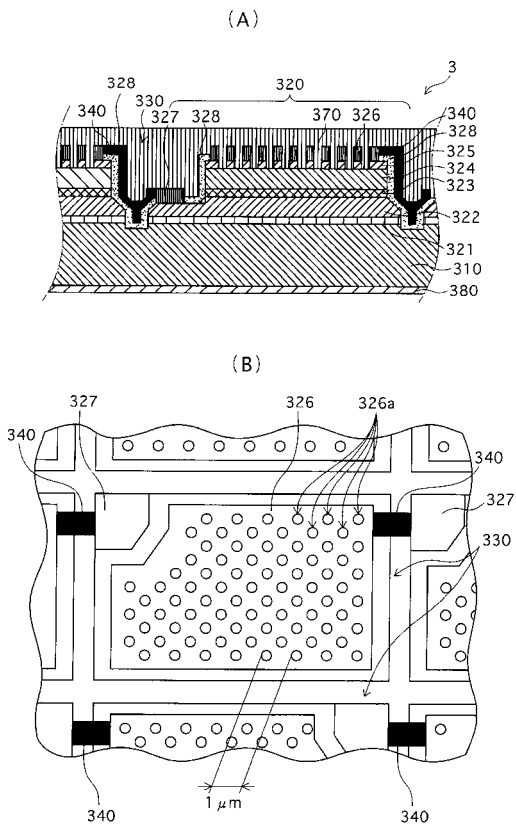
【図9】



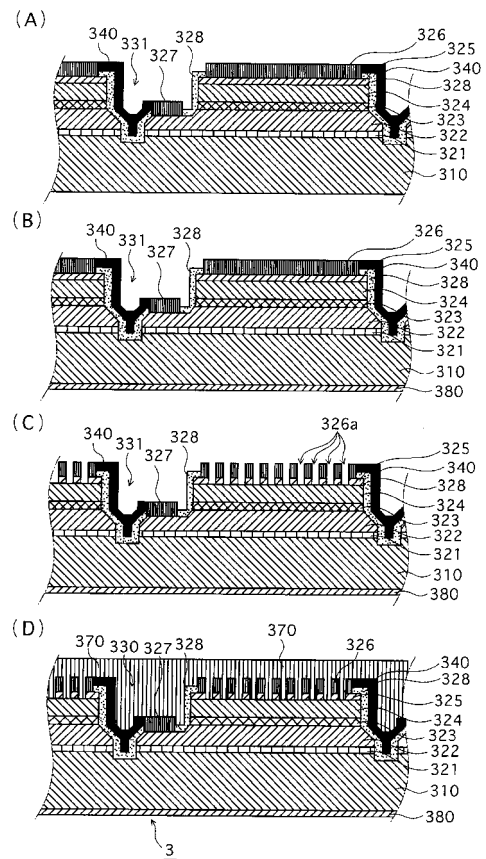
【図10】



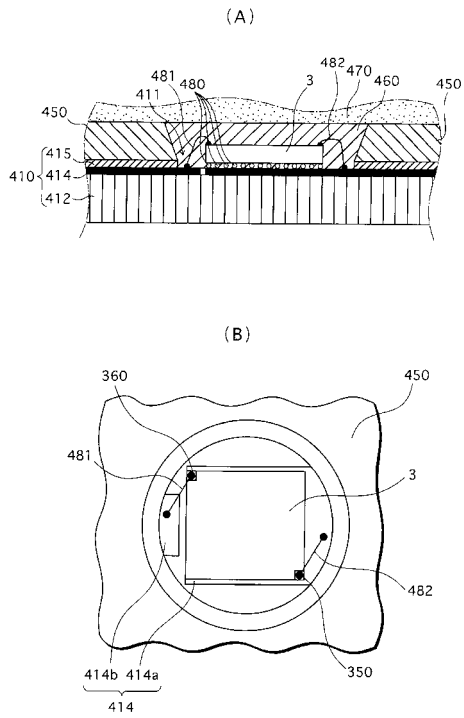
【図11】



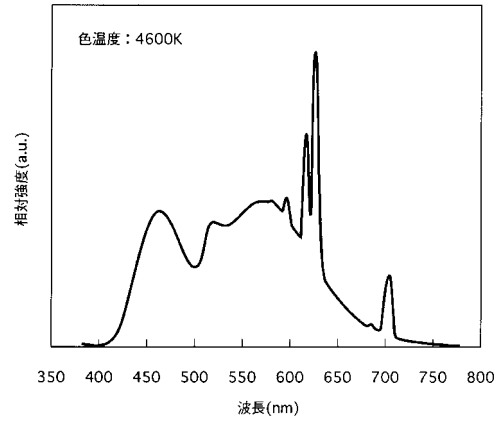
【図12】



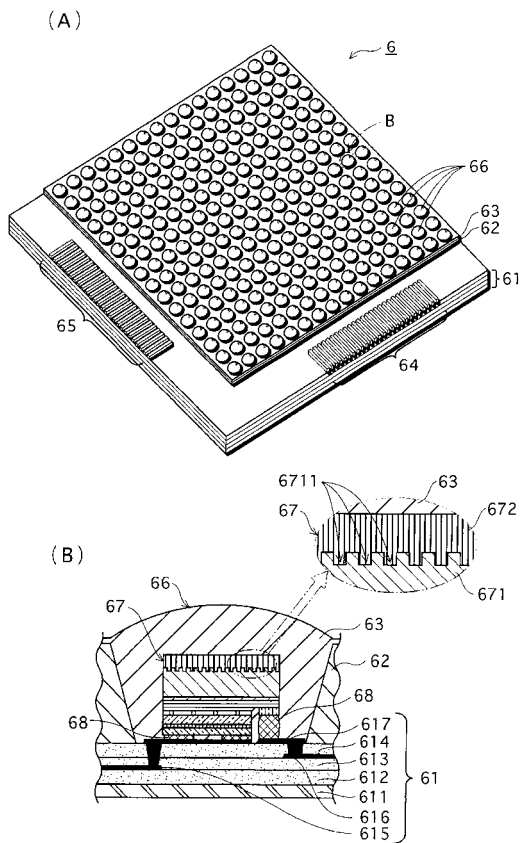
【図13】



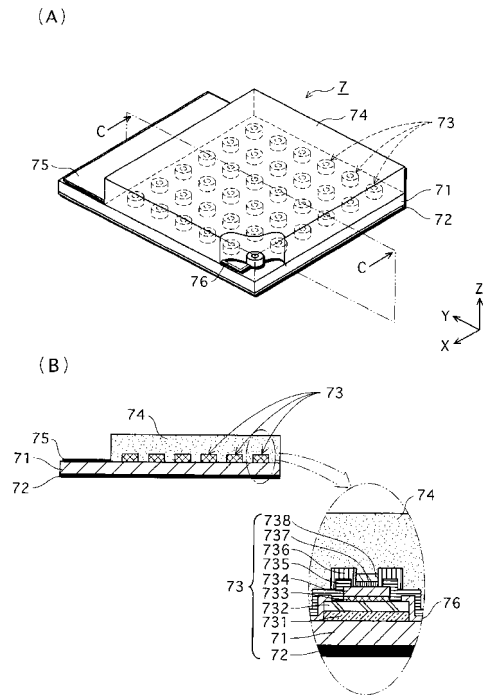
【図14】



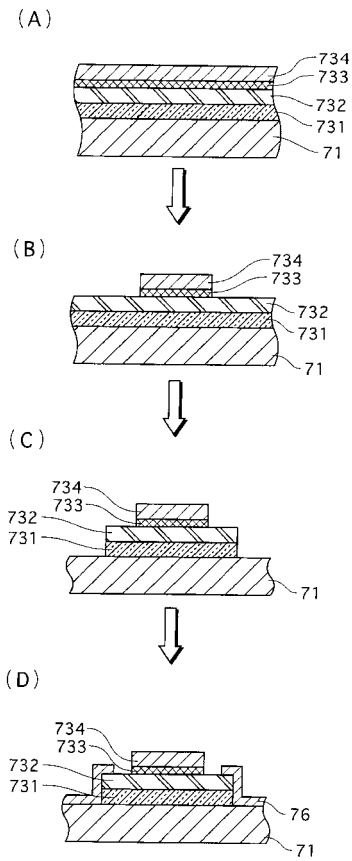
【図15】



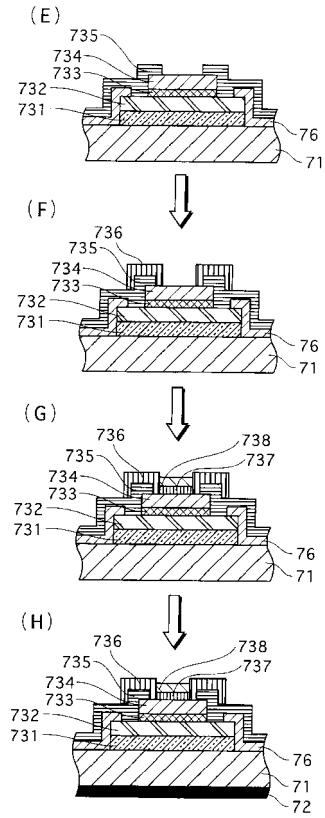
【図16】



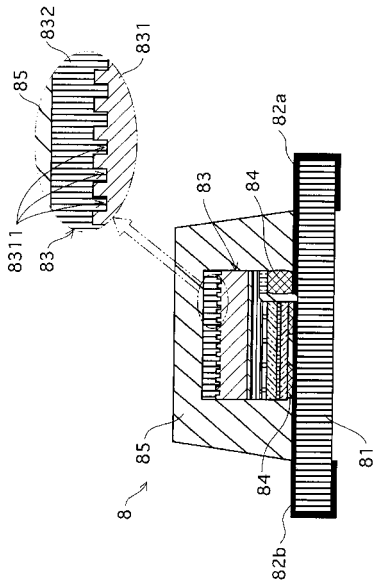
【図 17】



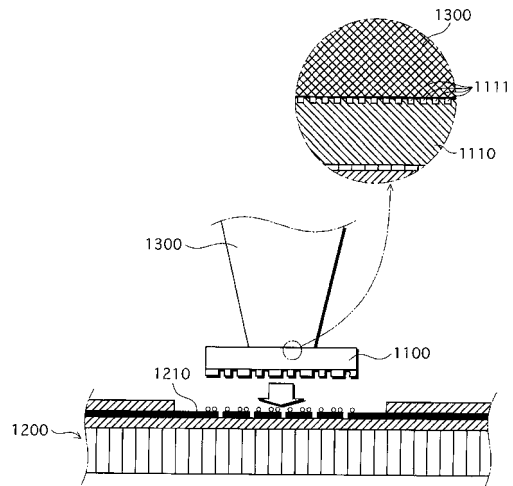
【図 18】



【図 19】



【図 20】



フロントページの続き

審査官 芝沼 隆太

(56)参考文献 特開平10 - 107316 (JP, A)
特開2002 - 359402 (JP, A)
特開2003 - 046124 (JP, A)
特開2002 - 335014 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01L 33/00 - 33/64