

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B1)

(11) 特許番号

特許第5398939号
(P5398939)

(45) 発行日 平成26年1月29日(2014.1.29)

(24) 登録日 平成25年11月1日(2013.11.1)

(51) Int.Cl. F I
H O 1 L 33/60 (2010.01) H O 1 L 33/00 4 3 2

請求項の数 11 (全 43 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2013-532761 (P2013-532761) (86) (22) 出願日 平成25年6月6日(2013.6.6) (86) 国際出願番号 PCT/JP2013/003565 審査請求日 平成25年7月19日(2013.7.19) (31) 優先権主張番号 特願2012-177945 (P2012-177945) (32) 優先日 平成24年8月10日(2012.8.10) (33) 優先権主張国 日本国(JP)</p> <p>早期審査対象出願</p>	<p>(73) 特許権者 000005821 パナソニック株式会社 大阪府門真市大字門真1006番地 (74) 代理人 110001427 特許業務法人前田特許事務所 (72) 発明者 井上 彰 大阪府門真市大字門真1006番地 パナ ソニック株式会社内 (72) 発明者 横川 俊哉 大阪府門真市大字門真1006番地 パナ ソニック株式会社内</p> <p>審査官 下村 一石</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体発光装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

成長面が非極性面又は半極性面であり、且つ偏光光を発する半導体発光チップと、
 前記偏光光を反射する反射面を有する反射部材とを備え、
 前記半導体発光チップの成長面の法線を含み、前記偏光光の偏光方向に対して90°の
 角度をなす平面をL90平面とし、前記法線を含み、前記偏光方向に対して45°の角度
 をなす平面をL45平面とした場合に、
 前記反射面は、前記L90平面上の光のうち少なくとも一部を前記成長面の法線方向に
 反射し、且つ前記反射面が前記L90平面上で前記成長面の法線方向に反射する光の光量
 は、前記反射面が前記L45平面上で前記成長面の法線方向に反射する光の光量よりも大
 きく、

前記反射面における前記L90平面と交差する領域の反射率をR_yとし、前記反射面に
 における前記L45平面と交差する領域の反射率をR_zとした場合に、

反射率R_yは、反射率R_zよりも大きい、半導体発光装置。

【請求項2】

成長面が非極性面又は半極性面であり、且つ偏光光を発する半導体発光チップと、
 前記偏光光を反射する反射面を有する反射部材とを備え、
 前記半導体発光チップの成長面の法線を含み、前記偏光光の偏光方向に対して90°の
 角度をなす平面をL90平面とし、前記法線を含み、前記偏光方向に対して45°の角度
 をなす平面をL45平面とした場合に、

10

20

前記反射面は、前記 L 9 0 平面上の光のうち少なくとも一部を前記成長面の法線方向に反射し、且つ前記反射面が前記 L 9 0 平面上で前記成長面の法線方向に反射する光の光量は、前記反射面が前記 L 4 5 平面上で前記成長面の法線方向に反射する光の光量よりも大きく、

前記反射面における前記 L 9 0 平面と交差する領域の拡散反射率を R_{y_d} とし、前記反射面における前記 L 4 5 平面と交差する領域の拡散反射率を R_{z_d} とした場合に、
拡散反射率 R_{z_d} は、拡散反射率 R_{y_d} よりも大きい、半導体発光装置。

【請求項 3】

成長面が非極性面又は半極性面であり、且つ偏光光を発する半導体発光チップと、前記偏光光を反射する反射面を有する反射部材とを備え、
前記半導体発光チップの成長面の法線を含み、前記偏光光の偏光方向に対して 9 0 ° の角度をなす平面を L 9 0 平面とし、前記法線を含み、前記偏光方向に対して 4 5 ° の角度をなす平面を L 4 5 平面とした場合に、

前記反射面は、前記 L 9 0 平面上の光のうち少なくとも一部を前記成長面の法線方向に反射し、且つ前記反射面が前記 L 9 0 平面上で前記成長面の法線方向に反射する光の光量は、前記反射面が前記 L 4 5 平面上で前記成長面の法線方向に反射する光の光量よりも大きく、

前記半導体発光チップを覆うように形成された透光性部材をさらに備え、
前記 L 4 5 平面と交差する領域の透光性部材は、前記 L 9 0 平面と交差する領域の透光性部材と比べて拡散透過率が高い材料からなる、半導体発光装置。

【請求項 4】

前記 L 9 0 平面における断面視において、前記反射面と前記半導体発光チップの成長面の法線方向とがなす角度を算術平均傾斜角度 θ_{1y} で定義し、

前記 L 4 5 平面における断面視において、前記反射面と前記半導体発光チップの成長面の法線方向とがなす角度を算術平均傾斜角度 θ_{1z} で定義した場合に、

算術平均傾斜角度 θ_{1z} は、算術平均傾斜角度 θ_{1y} よりも大きい、請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の半導体発光装置。

【請求項 5】

前記算術平均傾斜角度 θ_{1y} は、2 0 ° 以上且つ 4 0 ° 以下である、請求項 4 に記載の半導体発光装置。

【請求項 6】

前記算術平均傾斜角度 θ_{1y} は、2 5 ° 以上且つ 4 0 ° 以下である、請求項 5 に記載の半導体発光装置。

【請求項 7】

前記半導体発光チップは、少なくとも 2 つの半導体発光チップであり、
少なくとも 2 つの前記半導体発光チップは、互いの光の偏光方向を揃えて配置されている、請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の半導体発光装置。

【請求項 8】

前記半導体発光チップは、少なくとも 4 つの半導体発光チップであり、
少なくとも 4 つの前記半導体発光チップは、互いの光の偏光方向を揃えて行列状に配置されており、

少なくとも 4 つの前記半導体発光チップのうち、前記偏光方向に対して垂直な方向に配置された半導体発光チップ同士の間隔を D_1 とし、前記偏光方向に対して平行な方向に配置された半導体発光チップ同士の間隔を D_2 とした場合に、

前記間隔 D_2 は、前記間隔 D_1 よりも小さい、請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の半導体発光装置。

【請求項 9】

前記半導体発光チップを覆う波長変換部材をさらに備えている、請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の半導体発光装置。

【請求項 1 0】

10

20

30

40

50

前記反射面は、直線反射率が拡散反射率よりも高い、請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の半導体発光装置。

【請求項 1 1】

前記反射面の表面の凹凸の高さは、100nm以下である、請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の半導体発光装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、成長面が非極性面又は半極性面であり、且つ偏光光を発する半導体発光チップと、偏光光を反射する反射面を有する反射部材とを備えた半導体発光装置に関する。

10

【背景技術】

【0002】

V族元素に窒素(N)を含む窒化物半導体は、そのバンドギャップの大きさから、短波長発光素子の材料として有望視されている。なかでも、窒化ガリウム系化合物半導体の研究が盛んに行われており、窒化ガリウム系化合物半導体を用いた青色発光ダイオード(LED)素子及び緑色LED素子、並びに青色半導体レーザ素子も実用化されている。

【0003】

窒化ガリウム系化合物半導体は、ガリウム(Ga)の一部を、アルミニウム(Al)及びインジウム(In)の少なくとも一方で置換した化合物半導体を含む。このような窒化物半導体は、一般式 $Al_x Ga_y In_z N$ (但し、 $0 < x, z < 1$ 、 $0 < y < 1$ 、 $x + y + z = 1$ である。)で表される。以下、窒化ガリウム系化合物半導体をGaN系半導体と呼ぶ。

20

【0004】

GaN系半導体は、GaをAlやInで置換することにより、そのバンドギャップをGaNのバンドギャップよりも大きくすることも小さくすることも可能である。これにより、青色又は緑色等の短波長の光のみならず、オレンジ色又は赤色等の長波長の光を発光させることも可能となる。このような特徴から、窒化物半導体発光素子は、画像表示装置及び照明装置等に应用することも期待されている。

【0005】

窒化物半導体はウルツ鉱型結晶構造を有している。図1(a)、図1(b)及び図1(c)は、ウルツ鉱型結晶構造の面方位を4指数表記(六方晶指数)で表している。4指数表記では、 a_1 、 a_2 、 a_3 及び c で表される基本ベクトルを用いて結晶面及びその面方位が表される。基本ベクトル c は、 $[0001]$ 方向に伸びており、この方向の軸は「 c 軸」と呼ばれる。 c 軸に垂直な面(plane)は「 c 面」又は「 (0001) 面」と呼ばれる。図1(a)には、 c 面の他に、 a 面「 $= (11-20)$ 面」及び m 面「 $= (1-100)$ 面」を示している。また、図1(b)には、 r 面「 $= (1-102)$ 面」を示し、図1(c)には、 $(11-22)$ 面を示している。なお、本明細書においては、ミラー指数を表すカッコ内の数字の左側に付された符号「 $-$ 」は、その指数の反転を便宜的に表している。

30

【0006】

図2(a)はGaN系半導体の結晶構造を棒球モデルで表している。図2(b)は m 面表面付近の原子配列を a 軸方向から観察した棒球モデルである。 m 面は、図2(b)の紙面に垂直である。図2(c)は、 $+c$ 面表面の原子配列を m 軸方向から観察した棒球モデルである。 c 面は、図2(c)の紙面に垂直である。図2(a)及び図2(b)から分かるように、 m 面に平行な平面上にN原子及びGa原子が位置している。これに対して、 c 面では、図2(a)及び図2(c)から分かるように、Ga原子のみが配置される層と、N原子のみが配置される層とが形成される。

40

【0007】

従来から、GaN系半導体を用いて半導体素子を作製する場合は、窒化物半導体結晶を成長させる基板として、 c 面基板すなわち (0001) 面を主面とする基板が用いられて

50

いる。この場合、Ga原子及びN原子の配置に起因して、窒化物半導体にはc軸方向に自発的な分極(Electrical Polarization)が形成される。このため、「c面」は「極性面」とも呼ばれる。分極の結果、窒化物半導体発光素子の発光層を構成するInGaNからなる量子井戸層には、c軸方向に沿ってピエゾ電界が発生する。発生したピエゾ電界により、発光層内における電子及びホール分布に位置ずれが生じ、キャリアの量子閉じ込めシュタルク効果によって、発光層の内部量子効率が低下するという問題がある。この発光層における内部量子効率の低下を抑制するため、(0001)面に形成される発光層の厚さは3nm以下となるように設計されている。

【0008】

さらに近年、非極性面と呼ばれるm面若しくはa面、又は半極性面と呼ばれる-r面若しくは(11-22)面を主面とする基板を用いて、発光素子を作製することが検討されている。図1に示すように、ウルツ鉱型結晶構造におけるm面はc軸に平行であり、c面と直交する6つの等価な面である。例えば、図1において[1-100]方向に垂直な(1-100)面がm面に該当する。(1-100)面と等価な他のm面には、(-1010)面、(10-10)面、(-1100)面、(01-10)面及び(0-110)面がある。

10

【0009】

図2(a)及び図2(b)に示すように、m面においては、Ga原子及びN原子は同一原子面上に存在するため、m面に垂直な方向に分極は発生しない。このため、m面を成長面とする半導体積層構造を用いて発光素子を作製すれば、発光層にピエゾ電界が発生せず、キャリアの量子閉じ込めシュタルク効果による内部量子効率の低下という問題を解決することができる。このことは、m面以外の非極性面であるa面でも同様であり、また、半極性面と呼ばれる-r面又は(11-22)面でも類似の効果を得ることができる。

20

【0010】

m面若しくはa面、又は-r面若しくは(11-22)面を成長面とする活性層を有する窒化物半導体発光素子は、その価電子帯の構造に由来した偏光特性を有している。

【0011】

例えば、特許文献1には、パッケージから出射される光のチップ配置面の面内の方位角の違いによる強度の差を低減するために、主面12aを有する発光層12を含む発光ダイオードチップ10と、発光ダイオードチップ10が配置されるチップ配置面21aを有するパッケージ20とを備え、発光層12の主面12aから出射される光は、発光層12の主面12aの面内の方位角に依存して複数の異なる発光強度を有し、発光ダイオードチップ10及びパッケージ20の少なくとも一方は、パッケージ20から出射される光のチップ配置面12aの面内の方位角の違いによる強度の差を低減する構造を有する発光ダイオード装置が記載されている。

30

【0012】

また、特許文献2には、偏光光の乱れを防止するために、発光素子が実装された内面の少なくとも一部を鏡面にする発光装置が記載されている。

【0013】

また、特許文献3には、高い偏光比の偏光光を発する発光装置を実現するために、第1端面及び第2端面からそれぞれ第1偏光及び第2偏光を発する発光素子と、第1端面と平行に対向する第1内壁面に向けて、第2偏光を反射させる第2内壁面を有するパッケージからなる発光装置が記載されている。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0014】

【特許文献1】特開2008-109098号公報(図21)

【特許文献2】特開2009-38293号公報

【特許文献3】特開2009-88353号公報

【発明の概要】

50

【発明が解決しようとする課題】

【0015】

前記従来の非極性面又は半極性面を成長面とする活性層を有する窒化物半導体発光装置においては、出射光の配光分布特性及び偏光度特性に対する、より適切な制御が求められていた。

【0016】

本発明は、上記に鑑みてなされ、その目的は、光の偏光度を維持しながら、配光分布特性をより適切に制御することにある。

【課題を解決するための手段】

【0017】

上記の課題を解決するために、本発明の一態様は、成長面が非極性面又は半極性面であり、且つ偏光光を発する半導体発光チップと、偏光光を反射する反射面を有する反射部材とを備え、半導体発光チップの成長面の法線を含み、偏光光の偏光方向に対して 90° の角度をなす平面を $L90$ 平面とし、法線を含み、偏光方向に対して 45° の角度をなす平面を $L45$ 平面とした場合に、反射面は、 $L90$ 平面上の光のうち少なくとも一部を半導体発光チップの成長面の法線方向に反射し、且つ反射面が $L90$ 平面上で半導体発光チップの成長面の法線方向に反射する光の光量は、反射面が $L45$ 平面上で半導体発光チップの成長面の法線方向に反射する光の光量よりも大きい。

【発明の効果】

【0018】

本発明に係る半導体発光装置によると、配光分布特性及び偏光度特性をより適切に制御することができる。特に、配光角の制御と偏光度の維持とを実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】図1(a)はウルツ鉱型結晶構造の基本ベクトル a_1 、 a_2 、 a_3 及び c と、 a 面、 c 面及び m 面とを示す斜視図である。図1(b)はウルツ鉱型結晶構造の r 面を示す斜視図である。図1(c)はウルツ鉱型結晶構造の(11-22)面を示す斜視図である。

【図2】図2(a)～図2(c)はGaN系半導体の結晶構造を棒球モデルで示した図である。

【図3】図3(a)は偏光特性及び配光分布特性の測定に関して、半導体発光チップからの光の偏光方向、測定平面 L 及び方位角 θ の関係を示す斜視図である。図3(b)は法線が m 軸で、 $L0$ 平面における偏光方向、測定平面 L 及び方位角 θ の関係を示す斜視図である。図3(c)は法線が m 軸で、 $L45$ 平面における偏光方向、測定平面 L 及び方位角 θ の関係を示す斜視図である。図3(d)は法線が m 軸で、 $L90$ 平面における偏光方向、測定平面 L 及び方位角 θ の関係を示す斜視図である。

【図4】図4(a)は第1の実施形態に係る半導体発光装置を示す模式的な平面図である。図4(b)は図4(a)の $Y-Y'$ 線における断面図である。図4(c)は図4(a)の $Z-Z'$ 線における断面図である。

【図5】図5は第1の実施形態に係る正方形リフレクタにおける、角度 θ_{1x} と角度 θ_{1y} とが同一の場合における角度 θ_{1z} との関係を示すグラフである。

【図6】図6は第1の実施形態の第1変形例に係る半導体発光装置を示す断面図である。

【図7】図7は第1の実施形態の第2変形例に係る半導体発光装置を示す断面図である。

【図8】図8は第1の実施形態の第3変形例に係る半導体発光装置を示す断面図である。

【図9】図9は第1の実施形態の第4変形例に係る半導体発光装置を示す断面図である。

【図10】図10は第1の実施形態の第5変形例に係る半導体発光装置を示す断面図である。

【図11】図11は第1の実施形態の第6変形例に係る半導体発光装置を示す断面図である。

【図12】図12は第1の実施形態の第7変形例に係る半導体発光装置を示す模式的な平

10

20

30

40

50

面図である。

【図13】図13は第1の実施形態の第8変形例に係る半導体発光装置を示す模式的な平面図である。

【図14】図14は第1の実施形態の第9変形例に係る半導体発光装置を示す断面図である。

【図15】図15は第1の実施形態の第10変形例に係る半導体発光装置を示す断面図である。

【図16】図16(a)は第2の実施形態に係る半導体発光装置を示す模式的な平面図である。図16(b)は図16(a)のY-Y'線における断面図である。図16(c)は図16(a)のZ-Z'線における断面図である。

10

【図17】図17は第2の実施形態の第1変形例に係る半導体発光装置を示す模式的な平面図である。

【図18】図18は第2の実施形態の第2変形例に係る半導体発光装置を示す模式的な平面図である。

【図19】図19は第2の実施形態の第3変形例に係る半導体発光装置を示す模式的な平面図である。

【図20】図20(a)は第3の実施形態に係る半導体発光装置を示す模式的な平面図である。図20(b)は図20(a)のY-Y'線における断面図である。図20(c)は図20(a)のZ-Z'線における断面図である。

【図21】図21(a)は第4の実施形態に係る半導体発光装置を示す模式的な平面図である。図21(b)は図21(a)のY-Y'線における断面図である。図21(c)は図21(a)のZ-Z'線における断面図である。

20

【図22】図22(a)は第5の実施形態に係る半導体発光装置を示す模式的な平面図である。図22(b)は図22(a)のY-Y'線における断面図である。図22(c)は図22(a)のZ-Z'線における断面図である。

【図23】図23は第1実施例に係る正方形リフレクタS1を有する半導体発光装置を示す平面図及び断面図である。

【図24】図24は第1実施例に係るアルミニウム製リフレクタの反射面の反射率特性を示す図である。

【図25】図25(a)は角度 θ が 0° に設定された正方形リフレクタS1を有する半導体発光装置の偏光度特性を示す図である。図25(b)は角度 θ が 0° に設定された正方形リフレクタS1を有する半導体発光装置の配光分布特性を示す図である。

30

【図26】図26(a)は角度 θ が 45° に設定された正方形リフレクタS1を有する半導体発光装置の偏光度特性を示す図である。図26(b)は角度 θ が 45° に設定された正方形リフレクタS1を有する半導体発光装置の配光分布特性を示す図である。

【図27】図27は第1実施例に係る角度 θ と法線方向の偏光度との関係を示す図である。

【図28】図28は第1実施例に係る角度 θ と法線方向の規格化偏光度との関係を示す図である。

【図29】図29は第2実施例に係る角度 θ と法線方向の偏光度との関係を示す図である。

40

【図30】図30は第2実施例に係る角度 θ と法線方向の規格化偏光度との関係を示す図である。

【図31】図31は第3実施例に係る長方形リフレクタS2を有する半導体発光装置を示す平面図及び断面図である。

【図32】図32(a)は角度 θ が 0° に設定された長方形リフレクタS2を有する半導体発光装置の偏光度特性を示す図である。図32(b)は角度 θ が 0° に設定された長方形リフレクタS2を有する半導体発光装置の配光分布特性を示す図である。

【図33】図33(a)は角度 θ が 45° に設定された長方形リフレクタS2を有する半導体発光装置の偏光度特性を示す図である。図33(b)は角度 θ が 45° に設定さ

50

れた長方形リフレクタS2を有する半導体発光装置の配光分布特性を示す図である。

【図34】図34(a)は角度 θ_2 が 90° に設定された長方形リフレクタS2を有する半導体発光装置の偏光度特性を示す図である。図34(b)は角度 θ_2 が 90° に設定された長方形リフレクタS2を有する半導体発光装置の配光分布特性を示す図である。

【図35】図35は第3実施例に係る角度 θ_2 と法線方向の偏光度との関係を示す図である。

【図36】図36は第3実施例に係る角度 θ_2 と法線方向の規格化偏光度との関係を示す図である。

【図37】図37は第4実施例に係る半導体発光装置を示す平面図及び断面図である。

【図38】図38(a)は角度 θ_2 が 0° に設定された第4実施例に係る正方形リフレクタS1を有する半導体発光装置の偏光度特性を示す図である。図38(b)は角度 θ_2 が 0° に設定された第4実施例に係る正方形リフレクタS1を有する半導体発光装置の配光分布特性を示す図である。

【図39】図39は第5実施例に係る半導体発光装置を示す平面図及び断面図である。

【図40】図40(a)は角度 θ_2 が 0° に設定された第5実施例に係る正方形リフレクタS1を有する半導体発光装置の偏光度特性を示す図である。図40(b)は角度 θ_2 が 0° に設定された第5実施例に係る正方形リフレクタS1を有する半導体発光装置の配光分布特性を示す図である。

【図41】図41(a)は比較例1に係る半導体発光装置を示す模式的な平面図である。図41(b)は図41(a)のY-Y'線における断面図である。

【図42】図42(a)は比較例1に係る半導体発光装置の偏光度特性を示す図である。図42(b)は比較例1に係る半導体発光装置の配光分布特性を示す図である。

【図43】図43(a)は比較例2に係る半導体発光装置の偏光度特性を示す図である。図43(b)は比較例2に係る半導体発光装置の配光分布特性を示す図である。

【図44】図44(a)~図44(d)は比較例3に係る半導体発光装置を示す平面図及び断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0020】

本発明の一実施形態に係る半導体発光装置は、成長面が非極性面又は半極性面であり、且つ偏光光を発する半導体発光チップと、偏光光を反射する反射面を有する反射部材とを備え、半導体発光チップの成長面の法線を含み、偏光光の偏光方向に対して 90° の角度をなす平面をL90平面とし、法線を含み、偏光方向に対して 45° の角度をなす平面をL45平面とした場合に、反射面は、L90平面上の光のうち少なくとも一部を半導体発光チップの成長面の法線方向に反射し、且つ反射面がL90平面上で半導体発光チップの成長面の法線方向に反射する光の光量は、反射面がL45平面上で半導体発光チップの成長面の法線方向に反射する光の光量よりも大きい。

【0021】

一実施形態は、L90平面における断面視において、反射面と半導体発光チップの成長面の法線方向とがなす角度を算術平均傾斜角度 θ_1y で定義し、L45平面における断面視において、反射面と半導体発光チップの成長面の法線方向とがなす角度を算術平均傾斜角度 θ_1z で定義した場合に、算術平均傾斜角度 θ_1z は、算術平均傾斜角度 θ_1y よりも大きくてもよい。

【0022】

この場合に、算術平均傾斜角度 θ_1y は、 20° 以上且つ 40° 以下であってもよい。

【0023】

また、この場合に、算術平均傾斜角度 θ_1y は、 25° 以上且つ 40° 以下であってもよい。

【0024】

一実施形態において、反射面におけるL90平面と交差する領域の反射率を Ry とし、

10

20

30

40

50

反射面における L 4 5 平面と交差する領域の反射率を R_z とした場合に、反射率 R_y は、反射率 R_z よりも大きくてもよい。

【 0 0 2 5 】

一実施形態において、反射面における L 9 0 平面と交差する領域の拡散反射率を R_{y_d} とし、反射面における L 4 5 平面と交差する領域の拡散反射率を R_{z_d} とした場合に、拡散反射率 R_{z_d} は、拡散反射率 R_{y_d} よりも大きくてもよい。

【 0 0 2 6 】

一実施形態に係る半導体発光装置は、半導体発光チップを覆うように形成された透光性部材をさらに備え、L 4 5 平面と交差する領域の透光性部材は、L 9 0 平面と交差する領域の透光性部材と比べて拡散透過率が高い材料からなってもよい。

10

【 0 0 2 7 】

一実施形態において、反射部材は複数の反射面を有し、該複数の反射面は、平面視において正形状に配置されており、偏光光の偏光方向と複数の反射面が形成する形状の一边とがなす角度を θ とした場合に、角度 θ は、 0° 以上且つ 10° 以下、又は 80° 以上且つ 90° 以下であってもよい。

【 0 0 2 8 】

一実施形態において、反射部材は複数の反射面を有し、該複数の反射面は、平面視において長形状に配置されており、偏光光の偏光方向と複数の反射面が形成する形状の長辺とがなす角度を θ とした場合に、角度 θ は、 0° 以上且つ 10° 以下、又は 85° 以上且つ 90° 以下であってもよい。

20

【 0 0 2 9 】

この場合に、複数の反射面が形成する形状の角部には、曲面が設けられており、曲面の曲率 R は、半導体発光チップの 1 辺の長さよりも小さくてもよい。

【 0 0 3 0 】

一実施形態において、半導体発光チップは、少なくとも 2 つの半導体発光チップであり、少なくとも 2 つの半導体発光チップは、互いの光の偏光方向を揃えて配置されていてもよい。

【 0 0 3 1 】

一実施形態において、半導体発光チップは、少なくとも 4 つの半導体発光チップであり、少なくとも 4 つの半導体発光チップは、互いの光の偏光方向を揃えて行列状に配置されており、少なくとも 4 つの半導体発光チップのうち、偏光方向に対して垂直な方向に配置された半導体発光チップ同士の間隔を D_1 とし、偏光方向に対して平行な方向に配置された半導体発光チップ同士の間隔を D_2 とした場合に、間隔 D_2 は、間隔 D_1 よりも小さくてもよい。

30

【 0 0 3 2 】

一実施形態に係る半導体発光装置は、半導体発光チップを覆う波長変換部材をさらに備えていてもよい。

【 0 0 3 3 】

一実施形態において、反射面は、直線反射率が拡散反射率よりも高くてもよい。

【 0 0 3 4 】

一実施形態において、反射面の表面の凹凸の高さは、 100nm 以下であってもよい。

40

【 0 0 3 5 】

ところで、 m 面を成長面とする窒化物半導体活性層は、主として a 軸方向に電界強度が偏った光を出射する。発光素子が偏光光を発する場合は、偏光方向と垂直な方向に対して発光強度が大きくなるような配光分布を示すことが理論的に予測される。すなわち、発光素子の放射パターン（配光分布）が不均一となる。また、 $-r$ 面、 $(20-21)$ 面、 $(20-2-1)$ 面、 $(10-1-3)$ 面及び $(11-22)$ 面等の半極性面、並びに a 面等の他の非極性面においても窒化物半導体の特定の結晶方向に電界強度が偏った光を出射し、偏光方向と垂直な方向に対して発光強度が大きくなるような配光分布を示すことが理論的に予測される。

50

【 0 0 3 6 】

a面を成長面とする窒化物半導体活性層からの光の偏光方向は、m軸であることが知られている。従って、m軸に垂直な方向に対して発光強度が大きくなるような配光分布を示すと予測される。

【 0 0 3 7 】

半極性面である(20-2-1)面及び(20-21)面を成長面とする窒化物半導体活性層からの光の偏光方向は、[-12-10]方向であることが知られている。従って、[-12-10]方向に垂直な方向に対して発光強度が大きくなるような配光分布を示すと予測される。

【 0 0 3 8 】

半極性面である(10-1-3)面を成長面とする窒化物半導体活性層からの光の偏光方向は、窒化物半導体活性層のInの組成が大きい場合には[-12-10]方向であり、窒化物半導体活性層のInの組成が小さい場合には[11-23]方向であることが知られている。従って、活性層のInの組成が大きい場合には[-12-10]方向に垂直な方向に対して発光強度が大きくなり、活性層のInの組成が小さい場合には[11-23]方向に垂直な方向に対して発光強度が大きくなるような配光分布を示すと予測される。

【 0 0 3 9 】

半極性面である(11-22)面を成長面とする窒化物半導体活性層からの光の偏光方向は、窒化物半導体活性層のInの組成が大きい場合にはm軸方向であり、窒化物半導体活性層のInの組成が小さい場合には[-1-123]方向であることが知られている。従って、活性層のInの組成が大きい場合には、m軸に垂直な方向に対して発光強度が大きくなり、活性層のInの組成が小さい場合には、[-1-123]方向に垂直な方向に対して発光強度が大きくなるような配光分布を示すと予測される。

【 0 0 4 0 】

本明細書においては、特定の方向に電界強度が偏った光を「偏光光(Polarized Light)」と称する。例えばX軸方向に電界強度が偏った光を「X軸方向の偏光光」と称し、このときのX軸方向を「偏光方向」と称する。なお、「X軸方向の偏光光」とは、X軸方向に偏光した直線偏光光のみを意味するものではなく、他の軸方向に偏光した直線偏光光を含んでいてもよい。より詳細には、「X軸方向の偏光光」とは、「X軸方向に偏光透過軸を有する偏光子」を透過する光の強度(電界強度)が「他の軸方向に偏光透過軸を有する偏光子」を透過する光の電界強度よりも大きくなる光を意味する。従って、「X軸方向の偏光光」は、X軸方向に偏光した直線偏光光及び楕円偏光光のみならず、種々の方向に偏光した直線偏光光及び楕円偏光光が混在した非コヒーレント光を広く含む。

【 0 0 4 1 】

偏光子の偏光透過軸を光軸の周りに回転させたとき、その偏光子を透過する光の電界強度が最も大きくなるときの強度を I_{max} とし、電界強度が最も小さくなるときの強度を I_{min} とするとき、光の偏光度は、以下の式(A)で定義される。

【 0 0 4 2 】

式(A)

$$\text{偏光度} = |I_{max} - I_{min}| / |I_{max} + I_{min}|$$

「X軸方向の偏光光」の場合は、偏光子の偏光透過軸がX軸に平行なとき、その偏光子を透過する光の電界強度が I_{max} となり、偏光子の偏光透過軸がY軸に平行なとき、その偏光子を透過する光の電界強度が I_{min} となる。完全な直線偏光光では、 $I_{min} = 0$ となるため、偏光度は1に等しくなる。一方、完全な非偏光光では、 $I_{max} - I_{min} = 0$ となるため、偏光度は0に等しくなる。

【 0 0 4 3 】

m面を成長面とする活性層を有する窒化物半導体発光素子は、上述のように、主としてa軸方向の偏光光を出射する。このとき、c軸方向の偏光光及びm軸方向の偏光光も出射

10

20

30

40

50

される。しかしながら、c軸方向の偏光光及びm軸方向の偏光光は、a軸方向の偏光光と比べてその強度が小さい。

【0044】

本明細書においては、m面を成長面とする活性層を例に挙げ、a軸方向の偏光光に着目して議論するが、-r面、(20-21)面、(20-2-1)面、(10-1-3)面及び(11-22)面等の半極性面、並びにa面等の他の非極性面でも特定の結晶方向の偏光光について同様のことがいえる。

【0045】

本発明において、「m面」とは、m面に対して完全に平行な面のみだけでなく、m面から $\pm 5^\circ$ 程度以下の角度だけ傾斜した面をも含む。また、本発明の「m面」は、ステップ状の複数のm面領域を含む面をも含む。m面から僅かに傾斜する程度では、自発分極の影響は極めて小さい。また、m面から僅かに傾斜する面は、微視的には、多数のm面領域がステップ状に存在し、傾きのないm面と同様の性質を有する。一方、結晶成長技術において、結晶方位が所望の方位と厳密に一致した基板から僅かに傾斜した基板上の方が半導体層をエピタキシャル成長させやすい場合がある。従って、自発分極の影響を十分に抑制しながら、エピタキシャル成長する半導体層の結晶の品質を向上させたり、結晶成長速度を高めたりするために、結晶面を僅かに傾斜させることが有用な場合もある。

【0046】

また、「a面」、「(20-21)面」、「(20-2-1)面」、「(10-1-3)面」、「-r面」及び「(11-22)面」についても同様のことがいえるので、本明細書において、「a面」、「(20-21)面」、「(20-2-1)面」、「(10-1-3)面」、「-r面」及び「(11-22)面」とは、a面、(20-21)面、(20-2-1)面、(10-1-3)面、-r面、及び(11-22)面に対して完全に平行な面のみだけでなく、a面、(20-21)面、(20-2-1)面、(10-1-3)面、-r面、及び(11-22)面から、 $\pm 5^\circ$ 程度以下の角度だけ傾斜した面をも含む。

【0047】

窒化物半導体発光装置は、窒化物半導体からなる半導体発光チップと、リフレクタとを備える。リフレクタは、キャビティと呼ばれる場合がある。窒化物半導体発光装置は、実装基板の上に配置される。実装基板は、パッケージと呼ばれる場合がある。実装基板のうち半導体発光チップが保持される面を実装面と呼ぶ。リフレクタは、半導体発光チップから出射した光の向きを変える反射面を有する。

【0048】

従来、偏光光を発する半導体発光チップに関して、配光分布特性の方位角依存性と偏光度特性の方位角特性は十分に調べられておらず、リフレクタの反射面が配光分布特性と偏光度特性とに与える影響は、明らかにされていなかった。

【0049】

上記の特許文献1には、光の配光分布特性の非対称性を改善する目的で、半導体発光チップの配置方法、実装面及びリフレクタの表面の形状が記載されているが、偏光度特性に関しては、なんら考慮されていない。

【0050】

上記の特許文献2には、光の偏光度を維持する目的で、リフレクタの反射面を鏡面にする構造が記載されているが、配光分布特性に関してはなんら考慮されていない。

【0051】

上記の特許文献3には、光の偏光度を高める目的で、窒化物半導体発光チップの第2端面から出射した光の偏光方向を、第1端面から出射した光の偏光方向に揃えるためのリフレクタ構造が記載されているが、配光分布特性に関してはなんら考慮されていない。

【0052】

< 偏光光を発する半導体発光チップの偏光度特性と配光分布特性に関して >

実施形態の説明に先立って、偏光光を発する半導体発光チップの偏光度特性と配光分布

10

20

30

40

50

特性とに関して説明する。

【 0 0 5 3 】

まず、窒化物半導体からなる半導体発光チップ 1 0 0 から出射する光の方位の定義と、配光分布特性及び偏光度特性の測定方法とに関して、図 3 (a)、図 3 (b)、図 3 (c) 及び図 3 (d) を用いて説明する。まず、半導体発光チップ 1 0 0 に含まれる活性層の成長面である m 面に垂直な方向を Z 軸とし、活性層から出射する光の偏光方向を X 軸とし、Z 軸及び X 軸に共に垂直な方向を Y 軸とする。Z 軸は、法線方向とも呼ぶ。活性層の成長面が m 面の場合には、Z 軸は m 軸と対応し、X 軸は a 軸と対応し、Y 軸は c 軸と対応する。

【 0 0 5 4 】

活性層 1 0 6 に対して垂直に交わる平面 L を定義する。平面 L が偏光方向、すなわち X 軸に対してなす角度を θ (ファイ) と定義し、 θ が特定の値 θ_1 (単位: 度 [$^{\circ}$]) である場合の平面 L を L_{θ_1} 平面と定義する。さらに、 L_{θ_1} 平面上において、Z 軸方向 (法線方向) と放射光がなす角度を方位角 ϕ (カイ) と定義する。また、 L_{θ_1} 平面によって配光分布特性の測定面を定義し、方位角 ϕ によって測定方位角を定義する。また、 L_{θ_1} 平面が断面である場合の断面視を「 L_{θ_1} 平面における断面視」と呼ぶ。

【 0 0 5 5 】

図 3 (b)、図 3 (c) 及び図 3 (d) は、活性層の成長面が m 面である場合の具体例を示している。

【 0 0 5 6 】

図 3 (b) は、活性層の成長面が m 面で、 L_{0} 平面における配光分布特性及び偏光度特性の測定軸を示している。この場合、 L_{0} 平面は、m 軸と a 軸とがなす平面と対応する。

【 0 0 5 7 】

図 3 (c) は、活性層の成長面が m 面で、 L_{45} 平面における配光分布特性及び偏光度特性の測定軸を示している。この場合、 L_{45} 平面は、m 軸を含み、且つ a 軸から 45° 傾いた平面と対応する。

【 0 0 5 8 】

図 3 (d) は、活性層の成長面が m 面で、 L_{90} 平面における配光分布特性及び偏光度特性の測定軸を示している。この場合、 L_{90} 平面は、m 軸と c 軸とがなす平面と対応する。

【 0 0 5 9 】

偏光光を発する活性層を備えた半導体発光チップ 1 0 0 から出射する光は、 L_{0} 平面、 L_{45} 平面及び L_{90} 平面の各測定面において、配光分布特性及び偏光度特性は非対称となる。この現象は、後述する比較例において、その詳細を説明する。

【 0 0 6 0 】

配光分布特性に注目すると、 L_{45} 平面及び L_{90} 平面の特性は類似した特性を示し、 θ が -80° 以上且つ -10° 以下の範囲、及び 10° 以上且つ 80° 以下の範囲の光強度は、 $\theta = 0^{\circ}$ 、すなわち法線方向の光強度よりも極めて大きい光強度を示す。なお、本明細書においては、「光強度が大きい」と「光量が大きい」とは同義とする。

【 0 0 6 1 】

偏光度特性に注目すると、 L_{90} 平面の特性は、方位角 ϕ が -80° 以上且つ $+80^{\circ}$ 以下の範囲において、光強度が大きく、且つ高い偏光度を維持する。 L_{0} 平面の特性は、方位角 ϕ が 0° において光の偏光度が最大となり、方位角 ϕ が高角度側では緩やかに光の偏光度が低下する。 L_{45} 平面の特性では、方位角 ϕ が 0° において光の偏光度が最大となる点は L_{0} 平面の特性に類似している。しかし、方位角 ϕ が高角度側での光の偏光度の低下が顕著であり、方位角 ϕ が -40° 以下及び 40° 以上の範囲の光の偏光度は、 $\theta = 0^{\circ}$ の光の偏光度のほぼ 2 分の 1 以下にまで減少する。さらに、 L_{45} 平面の特性では、方位角 ϕ が -50° 以下及び 50° 以上の範囲の光の偏光度は、 $\theta = 0^{\circ}$ の光の偏光度のほぼ 3 分の 1 以下にまで減少する。このような配光分布特性及び偏光度特性の方位角依存性は、これまで知られていなかった。

10

20

30

40

50

【0062】

本発明者らは、配光分布特性及び偏光度特性の方位角依存性という新たな特性に基づいて、本実施形態に想到した。すなわち、 $L90$ 平面で方位角が -80° 以上且つ 80° 以下の範囲に放射される光は、光強度が大きく、且つ偏光度が高いという性質に注目した。さらに、 $L45$ 平面で方位角が -80° 以上且つ -40° 以下の範囲、及び方位角が 40° 以上且つ 80° 以下の範囲に放射される光は、光強度が極めて大きく、光の偏光度が低いという性質に注目した。

【0063】

すなわち、 $L90$ 平面で方位角が -80° 以上且つ 80° 以下の範囲に放射される光を法線方向に集光することにより、法線方向の光の偏光度を維持することが可能となる。さらに、 $L45$ 平面で方位角が -80° 以上且つ -40° 以下の範囲、及び 40° 以上且つ 80° 以下の範囲に放射される光を法線方向に集光しないことにより、法線方向の光の偏光度の低減を抑制することが可能となる。

【0064】

(第1の実施形態)

本発明の第1の実施形態に係る半導体発光装置について図4(a)、図4(b)及び図4(c)を参照しながら説明する。

【0065】

図4(a)は第1の実施形態に係る半導体発光装置の平面構成を示している。図4(b)は $Y-Y'$ 線における断面構成を示している。 $Y-Y'$ 線における断面は $L90$ 平面に相当する。図4(c)は $Z-Z'$ 線における断面構成を示している。 $Z-Z'$ 線における断面は $L45$ 平面に相当する。本実施形態に係る半導体発光装置は、実装基板101と、該実装基板101の上に実装され、偏光光を発する半導体発光チップ100と、該半導体発光チップ100の周囲に反射面が形成された反射部材であるリフレクタ120と、半導体発光チップ100を覆うように形成され、リフレクタ120の内部を埋める透光性部材とを備えている。リフレクタ120は、半導体発光チップ100から出射した光を反射する複数の反射面125(125x、125y及び125z)を有している。複数の反射面125は、平面視において正形状に配置されている。正形状の反射面125の一辺と半導体発光チップ100からの光の偏光方向とがなす角度を θ_2 とした場合に、角度 θ_2 は 0° 以上且つ 10° 以下にすることができる。

【0066】

ここで、リフレクタ120の複数の反射面125において、 $L0$ 平面と交差する反射面125を反射面125xとし、 $L90$ 平面と交差する反射面125を反射面125yとする。また、 $L45$ 平面と交差する反射面125を反射面125zとする。反射面125zは、反射面125y又は125xと同一となる。また、反射面125xと活性層の法線方向とがなす角度を θ_{1x} とし、反射面125yと活性層の法線方向とがなす角度を θ_{1y} とする。特に、 $Z-Z'$ 断面視($L45$ 平面における断面視)において、反射面125zと活性層の法線方向とがなす角度を θ_{1z} とする。また、角度 θ_2 は、 0° 以上且つ 10° 以下の範囲であれば、光の偏光度が高く維持される。

【0067】

図4(b)及び図4(c)に示すように、半導体発光チップ100は、m面を主面且つ成長面とするGaIn層(以下、m面GaIn層と呼ぶ。)を有する基板104と、基板104におけるGaIn層の主面上に形成されたn型窒化物半導体層105と、n型窒化物半導体層105の上に形成された窒化物半導体からなる活性層106と、活性層106の上に形成されたp型窒化物半導体層107と、p型窒化物半導体層107の上に接するように形成されたp側電極108と、露出されたn型窒化物半導体層105の上に接するように形成されたn側電極109とを含む。活性層106は、非極性面又は半極性面を成長面に有し、偏光光を出射する。なお、本実施形態においては、半導体発光チップ100には、発光ダイオード(LED)チップを用いることができる。以下の変形例及び他の実施形態においても同様である。

【0068】

n型窒化物半導体層105、活性層106及びp型窒化物半導体層107の成長面は、m面にほぼ平行となる。すなわち、これらの層は、m軸方向に積層されている。n型窒化物半導体層105と活性層106との間には、他の層が形成されていてもよい。また、活性層106とp型窒化物半導体層107との間に他の層が形成されていてもよい。ここで、窒化物半導体として、GaN系半導体を例に挙げて説明する。GaN系半導体は、一般式 $Al_x In_y Ga_z N$ （但し、 $0 < x, y < 1, 0 < z < 1, x + y + z = 1$ である。）で表される半導体を含む。

【0069】

半導体発光チップ100は、そのp側電極108及びn側電極109を、実装基板101の表面上に配置された配線電極102と対向させて実装されている。すなわち、半導体発光チップ100は、実装基板101上の2つの配線電極102とそれぞれバンプ103を介在させて電氣的に接続され且つ保持されている。このような構成は、フリップチップ構造と呼ばれる。なお、配線電極102の一方はp側電極108と接続され、他方はn側電極109と接続されている。実装基板101を構成する主材料には、アルミナ（酸化アルミニウム）、窒化アルミニウム（AlN）、ガラスエポキシ基板等の絶縁性材料、アルミニウム（Al）、銅（Cu）若しくはタングステン（W）等を含む金属材料、シリコン（Si）若しくはゲルマニウム（Ge）等の半導体材料、又はこれらの複合材料等を用いることができる。配線電極102を構成する材料として、アルミニウム（Al）、銀（Ag）、金（Au）又は銅（Cu）等の金属を用いることができる。

【0070】

基板104は、GaN層のみで構成されていてもよく、また、GaN層以外の層を含んでいてもよい。GaN層以外の層は、m面GaN基板、m面SiC基板、r面サファイア基板、m面サファイア基板又はa面サファイア基板であってもよい。さらに、基板104は除去されていてもよい。

【0071】

n型窒化物半導体層105は、例えばn型の $Al_u Ga_v In_w N$ （但し、 $0 < u, v, w < 1, u + v + w = 1$ ）から形成される。n型ドーパントとして、例えばシリコン（Si）を用いることができる。

【0072】

活性層106は、 $In_y Ga_{1-y} N$ からなる複数の障壁層（但し、 $0 < y < 1$ ）と、該障壁層によりその上下を挟まれた $In_x Ga_{1-x} N$ からなる少なくとも1つの井戸層（但し、 $0 < x < 1$ ）とを含む。活性層106に含まれる井戸層は単一層であってもよい。また、活性層106は、井戸層と障壁層とが交互に積層された多重量子井戸（MQW）構造を有していてもよい。半導体発光チップ100から放射される光の波長は、井戸層の半導体組成である $In_x Ga_{1-x} N$ 半導体におけるInの組成比xによって決まる。

【0073】

p型窒化物半導体層107は、例えばp型の $Al_s Ga_t N$ （但し、 $0 < s, t < 1, s + t = 1$ ）半導体から形成される。p型ドーパントとして、例えばマグネシウム（Mg）を用いることができる。p型ドーパントは、Mg以外に、例えば亜鉛（Zn）又はベリリウム（Be）等を用いてもよい。p型窒化物半導体層107において、Alの組成比sは、厚さ方向に一樣であってもよく、また、Alの組成比sが厚さ方向に連続的に又は階段的に変化していてもよい。p型窒化物半導体層107の厚さは、例えば、 $0.05 \mu m$ から $2 \mu m$ 程度である。p型窒化物半導体層107の上面の近傍、すなわちp側電極108との界面の近傍はAlの組成比sが0、すなわちGaN層から形成されていてもよい。この場合に、GaN層にはp型の不純物が高濃度で含まれ、GaN層がp側電極108に対するコンタクト層として機能してもよい。

【0074】

p側電極108は、p型窒化物半導体層107の表面のほぼ全体を覆っていてもよい。p側電極108は、パラジウム（Pd）層及び白金（Pt）層を積層した積層構造（Pd

10

20

30

40

50

/Pt)等によって形成される。また、p側電極108は、放射光の反射率を高めるために、銀(Ag)層及び白金(Pt)層を積層した積層構造(Ag/Pt)、又はPd層、Ag層及びPt層を順次積層した積層構造(Pd/Ag/Pt)を用いてもよい。

【0075】

n側電極109は、例えば、チタン(Ti)層及び白金(Pt)層を積層した積層構造(Ti/Pt)等によって形成される。放射光の反射率を高めるために、Ti層、Al層及びPt層を順次積層した積層構造(Ti/Al/Pt)を用いてもよい。

【0076】

半導体発光チップ100は、半導体層を積層したウェハをa軸方向及びc軸方向に沿って平面正形状又は平面長形状に小片化されている。この場合、窒化物半導体のc面は劈開が容易であるため、小片化の工程を簡略化できるという利点がある。また、半導体発光チップ100は、a軸方向及びc軸方向から0°以上且つ45°以下程度だけ傾いた方向に沿って小片化されていてもよい。この場合は、劈開性が乏しい面が半導体発光チップ100の側面に露出することになる。このため、半導体発光チップ100の側面に凹凸が生じやすく、この凹凸面から放射光の光取り出しが向上するという利点がある。

10

【0077】

透光性部材121の材料として、エポキシ樹脂又はシリコン樹脂を用いることができる。また、透光性部材121には、活性層106からの光によって励起され、該活性層106の光よりも長波長の光を発生する色変換材料を含んでいてもよい。透光性部材121の表面は平坦であってもよく、また、平坦とは異なる形態であってもよい。

20

【0078】

本実施形態においては、リフレクタ120の反射面125x、125yが、配光分布特性の対称性を改善し、且つ、光の偏光度を制御するための重要な機能を果たす。

【0079】

偏光光の偏光方向に対して90°をなすL90平面と交差する反射面125yに注目すると、反射面125yには、偏光度が高く、且つ強度が大きい光が入射する。角度1yが方位角の2分の1の値のときに、反射面125yで反射した光は、法線方向に反射される。従って、方位角が40°以上且つ80°以下の範囲の出射光を法線方向へ反射させるには、角度1yは20°以上且つ40°以下の範囲にすることができる。さらに、方位角が50°以上且つ80°以下の範囲の出射光を法線方向へ反射させるには、角度1yは25°以上且つ40°以下の範囲にすることができる。これにより、偏光度が高く、且つ強度が大きい光を法線方向に集光することが可能となり、法線方向の光の偏光度が維持される。

30

【0080】

偏光光の偏光方向と平行なL0平面と交差する反射面125xに注目すると、偏光度があまり高くなく、且つ強度が小さい光が入射する。従って、反射面125xに入射する光は、積極的に法線方向に反射させる必要はない。但し、法線方向に反射させたとしても、元の光強度は小さいため、光の偏光度への影響は小さい。すなわち、反射面125xの1xの設定に関しては、配光分布特性の非対称性を改善したい場合には1yと同程度にすることができる。

40

【0081】

四角形状のリフレクタ120の最大の特徴は、反射面125x及び反射面125yが交わる領域、すなわちZ-Z'断面視(L45平面における断面視)における反射面125zと法線方向とがなす角度1zが、角度1x及び角度1yよりも大きな値となる点である。

【0082】

図5は、角度1xと角度1yとが同一の角度の場合における角度1zとの関係を示している。角度1yの適正值である20°以上且つ40°以下の範囲において、角度1zは10°程度大きな値となる。角度2は、前述したように、0°以上且つ10°以下の範囲であるため、反射面125zに入射する光はL45平面の特性とほぼ等しい特

50

性である。すなわち、偏光度が低く且つ強度が大きい光が反射面125zに入射する。しかしながら、 θ_{1z} は θ_{1y} よりも 10° 程度大きな値であるため、反射面125zにおいて反射する光は、法線方向よりも離れた方向に広がるように反射する。このように、四角形状のリフレクタ120においては、偏光度が高く且つ強度が大きい光を法線方向に集光しながら、偏光度が低く且つ強度が大きい光を法線方向に集光し難くすることが可能である。その結果、配光分布特性の非対称性を改善しながら、法線方向の光の偏光度を維持することができる。

【0083】

なお、本実施形態では、L90平面における断面視において、反射面と半導体発光チップの成長面の法線方向とがなす角度を算術平均傾斜角度 θ_{1y} で定義し、L45平面における断面視において、反射面と半導体発光チップの成長面の法線方向とがなす角度を算術平均傾斜角度 θ_{1z} で定義した場合に、角度 θ_{1z} は、角度 θ_{1y} よりも大きくなるように設定することができる。角度 θ_{1z} が角度 θ_{1y} よりも大きな場合、反射面125zにおいて反射する光は、法線方向よりも離れた方向に広がるように反射する。結果として、偏光度が低く且つ強度が大きい光を法線方向に集光し難くすることが可能であり、偏光度を維持することができる。

10

【0084】

反射面125の材料としては、直線反射率が高い材料を用いることができる。例えば、銀(Ag)又はアルミニウム(Al)等の金属材料を用いることができる。また、表面粗さRaが 100nm 以下であれば、直線反射率を高めることができる。ここで、直線反射率が高い材料とは、直線反射率が拡散反射率よりも高い材料である。

20

【0085】

図6から図11は、第1の実施形態の各変形例に係る半導体発光装置におけるY-Y'線で示すL90平面における断面構成をそれぞれ示している。

【0086】

(第1の実施形態の第1変形例)

図6は第1の実施形態の第1変形例に係る半導体発光装置を示している。図6に示すように、第1変形例に係るリフレクタ120の反射面125は、L90平面における断面視において、法線方向となす角度が異なる複数の面から構成されていてもよい。本変形例においては、例えば、反射面125yが、法線方向となす角度が θ_{1y} である面と θ_{1y}' である面とを有している。複数の角度の反射面125を組み合わせることにより、より適切な配光角の制御が可能となる。本変形例においては、角度 θ_{1y} 及び角度 θ_{1y}' を 20° 以上且つ 40° 以下の範囲に設定することができる。さらに、角度 θ_{1y} 及び角度 θ_{1y}' を 25° 以上且つ 40° 以下の範囲に設定することができる。

30

【0087】

(第1の実施形態の第2変形例)

図7は第1の実施形態の第2変形例に係る半導体発光装置を示している。図7に示すように、第2変形例に係るリフレクタ120の反射面125は、L90平面における断面視において、実装基板101との接続部の近傍の法線方向となす角度 θ_{1y} が 0° 以上且つ 20° 未満となるように形成されている。本変形例においては、実装基板101との接続部の近傍の法線方向となす角度 θ_{1y} を 15° 未満としている。L90平面において、方位角 θ が -80° よりも小さい範囲、及び 80° よりも大きい範囲に出射される光の強度は小さいため、配光分布特性及び偏光度特性に与える影響は小さい。すなわち、反射面125における実装基板101との接続部の近傍部分は、配光分布特性及び偏光度特性に与える影響は小さい。従って、角度 θ_{1y} が 0° 以上且つ 20° 未満となる反射面125を実装基板101との接続部の近傍に形成しても、法線方向の光の偏光度の維持が可能である。

40

【0088】

(第1の実施形態の第3変形例)

図8は第1の実施形態の第3変形例に係る半導体発光装置を示している。図8に示すよ

50

うに、第3変形例に係るリフレクタ120の反射面125は、L90平面における断面視において法線方向となす角度が変化する曲面であってもよい。

【0089】

本変形例においては、反射面125と半導体発光チップ100の成長面の法線方向となす角度を算術平均傾斜角度 $\theta_1 y$ で定義した場合に、角度 $\theta_1 y$ を 20° 以上且つ 40° 以下の範囲に設定することができる。さらに、角度 $\theta_1 y$ を 25° 以上且つ 40° 以下の範囲に設定することができる。ここで、本願における算術平均傾斜角度 $\theta_1 y$ は、JIS規格B0601-1994と同様の定義であるが、角度の基準が異なる。すなわち、JIS規格における算術平均傾斜角度 R_a は水平方向を角度の基準としているが、本願における算術平均傾斜角度 $\theta_1 y$ は法線方向を角度の基準としている。具体的には、曲面を横方向（法線方向に対して垂直な方向）に一定間隔 Y で区切った際の法線方向の変化量を D_i とすると、算術平均傾斜角度 $\theta_1 y$ は、以下の[数1]で与えられる。

10

【0090】

【数1】

$$\Delta\theta_1 y = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{n-1} \left\{ \tan^{-1} \left(\left| \frac{\Delta Y}{\Delta D_i} \right| \right) \right\} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{n-1} \left\{ 90^\circ - \tan^{-1} \left(\left| \frac{\Delta D_i}{\Delta Y} \right| \right) \right\} = 90^\circ - R\Delta a$$

【0091】

20

実際の算術平均傾斜角度 $\theta_1 y$ の測定では、レーザ顕微鏡を用いて反射面の算術平均傾斜角度 R_a を測定し、 90° から測定値を差し引いた値が本願における算術平均傾斜角度 $\theta_1 y$ となる。すなわち、 $\theta_1 y$ が 20° 以上且つ 40° 以下の範囲を満足しない領域が反射面125の一部に存在したとしても、法線方向に対して反射面125が平均的に 20° 以上且つ 40° 以下の範囲であれば、本願における偏光度の低減効果を得ることができる。

【0092】

このように、反射面125 y は、L90平面における断面視において直線形状のみで形成される必要はない。複数の直線の組み合わせでもよく、曲線でもよく、また、直線と曲線との組み合わせでもよい。さらに、角度 $\theta_1 y$ が 0° 以上且つ 20° 未満となる反射面125 y を実装基板101との接続部の近傍に形成してもよい。

30

【0093】

（第1の実施形態の第4変形例）

図9は第1の実施形態の第4変形例に係る半導体発光装置を示している。図9に示すように、第4変形例に係る透光性部材121は、その表面形状が、平坦ではなく凸形状である。本変形例においては、反射面125 y によって光の偏光度が維持された光の配光分布特性を、透光性部材121の表面形状によって制御することが可能となる。

【0094】

例えば、透光性部材121の表面形状が凸形状であれば、配光角をさらに小さくすることができる。また、図示はしていないが、透光性部材121の表面形状は凹形状とすれば、逆に配光角を広げることができる。

40

【0095】

（第1の実施形態の第5変形例）

図10は第1の実施形態の第5変形例に係る半導体発光装置を示している。図10に示すように、第5変形例においては、実装基板101上の透光性部材121は、リフレクタ120の反射面125は覆わずに、半導体発光チップ100を覆っている。この構成においては、透光性部材121を形成した後に、リフレクタ120を形成することが可能となる。

【0096】

また、例えば、透光性部材121の表面形状が凸形状であれば、第4変形例と同様に、

50

配光角を小さくすることができる。また、特に図示はしないが、透光性部材 1 2 1 の表面形状を凹形状とすれば、逆に配光角を広げることができる。

【 0 0 9 7 】

(第 1 の実施形態の第 6 変形例)

図 1 1 は第 1 の実施形態の第 6 変形例に係る半導体発光装置を示している。図 1 1 に示すように、第 6 変形例においては、透光性部材 1 2 1 の上に、さらに波長変換部材 1 2 2 が形成されている。波長変換部材 1 2 2 は、半導体発光チップ 1 0 0 から出射した光の少なくとも一部に対して、その波長を変換する。出射光の一部の波長を変換する場合は、変換されなかった出射光はその偏光特性が維持される。波長変換部材 1 2 2 は、波長を変換する蛍光体を含む樹脂材又はガラスによって形成することができる。また、波長を変換する蛍光体を主成分とする焼結体であってもよい。

10

【 0 0 9 8 】

(第 1 の実施形態の第 7 変形例)

図 1 2 は第 1 の実施形態の第 7 変形例に係る半導体発光装置の平面構成を示している。図 1 2 に示すように、第 7 変形例に係る半導体発光装置のリフレクタ 1 2 0 は、その反射面 1 2 5 の各角部にそれぞれ設けられた曲面を有している。曲面の曲率 R は、半導体発光チップ 1 0 0 の 1 辺の長さよりも小さくすることができる。

【 0 0 9 9 】

(第 1 の実施形態の第 8 変形例)

図 1 3 は第 1 の実施形態の第 8 変形例に係る半導体発光装置の平面構成を示している。図 1 3 に示すように、第 8 変形例に係る半導体発光装置は、実装基板 1 0 1 の上に、複数の、ここでは 4 個の半導体発光チップ 1 0 0 が、それぞれの偏光方向を揃えて配置されている。光の偏光方向に垂直な方向（活性層が m 面の場合には c 軸方向）の半導体発光チップ 1 0 0 同士の間隔を D 1 とし、光の偏光方向と同一の方向（活性層が m 面の場合には a 軸方向）の半導体発光チップ 1 0 0 同士の間隔を D 2 とした場合に、間隔 D 2 は間隔 D 1 よりも小さくすることができる。これは、光の偏光方向に垂直な方向の配光分布特性（L 9 0 平面における配光分布特性）と、光の偏光方向と同一の方向の配光分布特性（L 0 平面における配光分布特性）とを比較した場合に、光の偏光方向に垂直な方向の配光分布特性（L 9 0 平面における配光分布特性）の方が、方位角 が大きい角度範囲にまで光強度が大きいためである。すなわち、間隔 D 2 < 間隔 D 1 とすることにより、各半導体発光チップ 1 0 0 から出射した光が、互いに干渉することを防ぐことができる。

20

30

【 0 1 0 0 】

(第 1 の実施形態の第 9 変形例)

図 1 4 は第 1 の実施形態の第 9 変形例に係る半導体発光装置の断面構成を示している。図 1 4 に示すように、第 9 変形例に係る半導体発光チップ 1 0 0 は、実装基板 1 0 1 の上に、ワイヤボンディング構造によって実装されている。すなわち、半導体発光チップ 1 0 0 は、基板 1 0 4 を実装基板 1 0 1 の実装面と対向して保持されている。p 側電極 1 0 8 及び n 側電極 1 0 9 は、実装基板 1 0 1 上の配線電極 1 0 2 とそれぞれ金 (Au) 又はアルミニウム (Al) からなるワイヤ 1 1 0 を介して電氣的に接続される。光取出し面 1 2 4 は、p 型窒化物半導体層 1 0 7 に形成される。基板 1 0 4 は、伝導性を有していてもよく、また、伝導性を有していなくてもよい。基板 1 0 4 は、例えば、サファイア基板等の絶縁性基板であってもよい。

40

【 0 1 0 1 】

(第 1 の実施形態の第 1 0 変形例)

図 1 5 は第 1 の実施形態の第 1 0 変形例に係る半導体発光装置の断面構成を示している。図 1 5 に示すように、第 1 0 変形例に係る半導体発光チップ 1 0 0 は、実装基板 1 0 1 の上に、ワイヤボンディング構造によって実装されている。すなわち、半導体発光チップ 1 0 0 は、p 側電極 1 0 8 を実装基板 1 0 1 の実装面と対向して保持されている。p 側電極 1 0 8 は、実装基板 1 0 1 の上の配線電極 1 0 2 と、金錫 (AuSn) 等の半田材を用いて電氣的に接続される。また、n 側電極 1 0 9 は、実装基板 1 0 1 の上の配線電極 1 0

50

2と、金(Au)からなるワイヤ110を介して電氣的に接続される。また、光取出し面124は、基板104に形成される。この場合、基板104は伝導性を有している。

【0102】

このように、フリップチップ構造とワイヤボンディング構造とは、p側電極108及びn側電極109と、実装基板101上の配線電極102との接続方法が異なる。しかし、他の構成は、ほぼ同様であり、第1の実施形態を適用した場合の作用効果も同様である。

【0103】

活性層106が偏光光を発する場合に、第1の実施形態及びその各変形例による偏光特性を維持する効果を得ることができる。従って、活性層106が、m面若しくはa面等の非極性面、又は-r面、(11-22)面若しくは(20-2-1)面等の半極性面を成長とする場合にも、本実施形態及びその各変形例による配光分布特性の改善効果と、光の偏光度を維持する効果とを得ることができる。

10

【0104】

なお、第1の実施形態の第9変形例及び第10変形例に対しても、図6から図8に示した断面形状を有するリフレクタ120を適用することができる。

【0105】

また、第9変形例及び第10変形例に、図9及び図10に示した任意の表面形状を有する透光性部材121を組み合わせることができる。

【0106】

また、第9変形例及び第10変形例に、図11に示した波長変換部材122を組み合わせることができる。

20

【0107】

(製造方法)

以下、第1の実施形態に係る半導体発光装置の製造方法について、図4を参照しながら説明する。

【0108】

まず、有機金属化学気相堆積(MOCVD)法等により、m面を主面とするn型GaNからなる基板104の主面上に、n型窒化物半導体層105をエピタキシャル成長する。すなわち、n型ドーパントとして、例えばシリコン(Si)を用い、ガリウム(Ga)源であるTMG($\text{Ga}(\text{CH}_3)_3$)、及び窒素(N)源であるアンモニア(NH_3)を供給し、900以上且つ1100以下程度の成長温度で、厚さが1 μm から3 μm 程度のGaNからなるn型窒化物半導体層105を形成する。なお、ここでの基板104はウエハ状態であり、一度に複数の半導体発光装置となる発光構造体を作製することができる。

30

【0109】

次に、n型窒化物半導体層105の上に、窒化物半導体からなる活性層106を成長する。活性層106は、例えば、厚さが3nmから15nmの $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{N}$ からなる井戸層と、厚さが6nmから30nmのGaNからなる障壁層とを交互に積層して、 InGaN/GaN 多重量子井戸(MQW)構造とする。 $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{N}$ からなる井戸層を形成する際には、成長中の井戸層にインジウム(In)が確実に取り込まれるように、成長温度を700以上且つ800以下程度に下げてもよい。半導体発光装置の用途に応じて発光波長を選択し、波長に応じたInの組成比xを決定する。例えば、波長を450nm(青色)とする場合には、Inの組成比xを0.25から0.27とすることができる。また、波長を520nm(緑色)とする場合には、Inの組成比xを0.40から0.42とすることができる。また、波長を630nm(赤色)とする場合には、Inの組成比xを0.56から0.58とすることができる。

40

【0110】

次に、活性層106の上に、p型窒化物半導体層107をエピタキシャル成長する。すなわち、p型不純物として、例えば Cp_2Mg (ビスシクロペンタジエニルマグネシウム)を用い、TMG及び NH_3 を原料として供給し、900以上且つ1100以下程度

50

の成長温度で、活性層 106 の上に厚さが 50 nm から 500 nm 程度の p 型 GaN からなる p 型窒化物半導体層 107 を形成する。p 型窒化物半導体層 107 の内部に、厚さが 15 nm から 30 nm 程度の p 型 AlGaIn 層を含んでいてもよい。p 型 AlGaIn 層を設けることにより、キャリアである電子のオーパフローを抑制することができる。また、活性層 106 と p 型窒化物半導体層 107 との間にアンドープ GaN 層を設けてもよい。

【0111】

次に、p 型窒化物半導体層 107 にドーパされた Mg の活性化を図るために、800 以上且つ 900 以下程度の温度で 20 分間程度の熱処理を行う。

【0112】

次に、リソグラフィ法及び塩素 (Cl_2) 系ガスを用いたドライエッチング法により、p 型窒化物半導体層 107 まで形成された半導体積層構造に対して選択的にエッチングを行う。これにより、p 型窒化物半導体層 107、活性層 106、及び n 型窒化物半導体層 105 の一部を除去して凹部 112 を形成し、n 型窒化物半導体層 105 の一部を露出する。

10

【0113】

次に、n 型窒化物半導体層 105 の露出した領域上に接するように、n 側電極 109 を選択的に形成する。ここでは、n 側電極 109 として、例えばチタン (Ti) と白金 (Pt) との積層膜 (Ti/Pt 層) を形成する。

【0114】

次に、p 型窒化物半導体層 107 の上に接するように、p 側電極 108 を選択的に形成する。例えば、p 側電極 108 としてパラジウム (Pd) と白金 (Pt) との積層膜 (Pd/Pt 層) を形成する。その後、熱処理を行って、Ti/Pt 層と n 型窒化物半導体層 105 との間、及び Pd/Pt 層と p 型窒化物半導体層 107 との間をそれぞれ合金化する。なお、n 側電極 109 及び p 側電極 108 の成膜の順序は特に問われない。

20

【0115】

次に、基板 104 における n 型窒化物半導体層 105 と反対側の面 (裏面) に対して研磨を行って、該基板 104 を所定量だけ薄膜化する。

【0116】

このようにして作製された複数の半導体発光装置を個々の半導体発光チップ 100 に小片化する。小片化工程は、レーザダイシング法及び劈開法等、種々の方法がある。小片化された個々の半導体発光チップ 100 は、実装基板 101 の実装面上に実装される。

30

【0117】

リフレクタ 120 は、実装基板 101 自体に凹部を設ける方法、又は別途作製したリフレクタ 120 を実装基板 101 に貼り付ける方法等がある。

【0118】

実装基板 101 自体に凹部を設ける方法は、実装基板 101 の主材料によって、その製法が異なる。実装基板 101 の主材料がアルミニウム (Al)、銀 (Ag)、銅 (Cu) 又はタングステン (W) 等を含む金属材料の場合には、金型を用いたプレス製法によって凹部を形成することが可能である。実装基板 101 の主材料がアルミナ (酸化アルミニウム) 又は窒化アルミニウム (AlN) 等の焼結材料の場合には、あらかじめ金型に凹凸構造を形成しておくことにより、焼結後に所定の凹部を形成することが可能である。実装基板 101 の主材料がシリコン (Si) 若しくはゲルマニウム (Ge) 等の半導体材料、又はこれらの複合材料等の場合には、マスク形成後にエッチングによって所定の凹部を形成することができる。

40

【0119】

リフレクタ 120 を貼り付けて作製する場合には、実装基板 101 にリフレクタ 120 を貼り付ける前に、半導体発光チップ 100 を実装基板 101 に実装してもよい。また、実装基板 101 にリフレクタ 120 を貼り付けた後に、半導体発光チップ 100 を実装基板 101 に実装してもよい。リフレクタ 120 を貼り付けて作製する場合には、リフレクタ 120 の主材料と実装基板 101 の主材料とに異なる材料を用いることが可能となる。

50

例えば、リフレクタ120がアルミニウム(A1)、銀(Ag)、銅(Cu)又はタングステン(W)等を含む金属材料の場合には、金型を用いたプレス法により作製が可能である。リフレクタ120が樹脂材料又はプラスチック材料からなる場合には、射出成型又は切削成型等により作製が可能である。この場合、実装基板101の主材料には、アルミニウム(A1)、銀(Ag)、銅(Cu)若しくはタングステン(W)等を含む金属材料、アルミナ(酸化アルミニウム)若しくは窒化アルミニウム(AlN)等の絶縁性材料、シリコン(Si)若しくはゲルマニウム(Ge)等の半導体材料、又はこれらの複合材料等を用いることができる。

【0120】

また、リフレクタ120の反射率を高める目的で、蒸着法又はめっき法によって、A1又はAg等を反射面125に成膜してもよい。また、酸化チタン(TiO₂)粒子を含む高反射率樹脂材を反射面125に成膜してもよい。

【0121】

配線電極形成用の金属膜は、スパッタ法又はめっき法等の成膜工程により、実装基板101の表面上に成膜される。その後、リソグラフィ工程等により、成膜された金属膜の上に、所望のレジストパターンが施される。その後、ドライエッチング法又はウエットエッチング法により、レジストパターンが配線電極102に転写されて、所望の電極パターンを有する配線電極102が形成される。

【0122】

次に、配線電極102の上の所定の位置に、複数のバンプ103をそれぞれ形成する。バンプ103の構成材料には金(Au)を用いるのが良い。各バンプ103の形成には、バンプボンドを用いて、直径が40 μ mから80 μ m程度のバンプを形成することができる。また、バンプボンドに代えて、Auめっき処理によってバンプ103を形成することも可能である。続いて、例えば超音波接合法により、複数のバンプ103が形成された配線電極102と、半導体発光チップ100の電極形成面とを電氣的に接続する。

【0123】

このようにして、第1の実施形態に係る半導体発光装置を得ることができる。

【0124】

(第2の実施形態)

以下、本発明の第2の実施形態に係る半導体発光装置について、図16(a)、図16(b)及び図16(c)を参照しながら説明する。図16において、図4に示す構成部材と同一の構成部材には同一の符号を付すことにより説明を省略する。ここでは、第1の実施形態との相違点について説明する。

【0125】

図16(a)は第2の実施形態に係る半導体発光装置の平面構成を示している。図16(b)はY-Y'線における断面構成を示している。Y-Y'線における断面は、L90平面に相当する。図16(c)はZ-Z'線における断面構成を示している。Z-Z'線における断面は、L45平面に相当する。リフレクタ120の複数の反射面125は、平面視において長形状に配置されている。長形状の反射面125の長辺と半導体発光チップ100からの光の偏光方向とがなす角度を θ とした場合に、角度 θ は0°以上且つ10°以下に設定することができる。また、角度 θ は85°以上且つ90°以下に設定することができる。

(第2の実施形態の第1変形例)

図17は第2の実施形態の第1変形例に係る半導体発光装置の平面構成を示している。図17に示すように、第1変形例に係る半導体発光装置のリフレクタ120は、その反射面125の各角部にそれぞれ設けられた曲面を有している。曲面の曲率Rは、半導体発光チップ100の1辺の長さよりも小さくすることができる。

【0126】

(第2の実施形態の第2変形例)

図18は第2の実施形態の第2変形例に係る半導体発光装置の平面構成を示している。

10

20

30

40

50

図18に示すように、第2変形例に係る半導体発光装置は、実装基板101の上に、複数の、ここでは4個の半導体発光チップ100が、長形状のリフレクタ120の長辺方向にそれぞれの光の偏光方向を揃えて配置されている。リフレクタ120の長辺と半導体発光チップ100からの光の偏光方向とがなす角度を θ とした場合に、角度 θ は 0° 以上且つ 10° 以下にすることができる。このように、角度 θ を 0° 以上且つ 10° 以下に設定すると、角度 θ を 85° 以上且つ 90° 以下に設定する場合と比べて、光の偏光度を高くすることができる。また、光の偏光方向に垂直な方向の配光分布特性(L90平面における配光分布特性)と、光の偏光方向と同一方向の配光分布特性(L0平面における配光分布特性)とを比較した場合は、光の偏光方向と同一方向の配光分布特性の方が配光角が小さいため、隣り合う半導体発光チップ100同士の間隔を小さくしても、互いの半導体発光チップ100が放出する光による干渉を抑制できるという利点がある。これらの詳細は、後述の第3実施例において説明する。

【0127】

(第2の実施形態の第3変形例)

図19は第2の実施形態の第3変形例に係る半導体発光装置の平面構成を示している。図19に示すように、第3変形例に係る半導体発光装置は、実装基板101の上に、複数の、ここでは4個の半導体発光チップ100が、それぞれの偏光方向を揃えて行列状に配置されている。光の偏光方向に垂直な方向、すなわち活性層の成長面がm面の場合には、c軸方向の半導体発光チップ間隔をD1とし、光の偏光方向と同一の方向、すなわち活性層の成長面がm面の場合には、a軸方向の半導体発光チップ間隔をD2とした場合に、間隔D2は間隔D1よりも小さくすることができる。これは、光の偏光方向に垂直な方向の配光分布特性(L90平面における配光分布特性)と、光の偏光方向と同一の方向の配光分布特性(L0平面における配光分布特性)とを比較した場合に、光の偏光方向に垂直な方向の配光分布特性(L90平面における配光分布特性)の方が、方位角 θ が大きい角度範囲にまで光強度が大きいためである。すなわち、間隔D2 < 間隔D1とすることにより、各半導体発光チップ100から出射した光が、互いに干渉することを防ぐことができる。

【0128】

なお、第2の実施形態及びその変形例は、リフレクタ120における反射面125の平面形状以外の点において、第1の実施形態と組み合わせることができる。すなわち、本実施形態の反射面125yは、L90平面における断面視において直線のみで形成される必要はない。例えば、複数の直線の組み合わせでもよく、曲線でもよく、また、直線と曲線との組み合わせでもよい。この場合、反射面125yと半導体発光チップ100の成長面の法線方向とがなす角度を算術平均傾斜角度 θ で定義した場合に、角度 θ が 20° 以上且つ 40° 以下の角度を含むように反射面125yを設定することができる。さらに、角度 θ が 0° 以上且つ 20° 未満となる反射面125yを実装基板101との接続部の近傍に形成しても、法線方向の光の偏光度は維持されやすい。

【0129】

また、図9及び図10に示した任意の表面形状を有する透光性部材121と本実施形態及びその変形例とを組み合わせることもできる。

【0130】

また、図11に示した波長変換部材122と本実施形態及びその変形例とを組み合わせることができる。

【0131】

また、図14及び図15に示すように、半導体発光チップ100をワイヤボンディング構造としてもよい。

【0132】

さらに、活性層106が偏光光を発する場合に、本実施形態及びその変形例による光の偏光度を維持する効果を得ることができる。従って、活性層106が、m面若しくはa面等の非極性面、又は-r面、(11-22)面若しくは(20-2-1)面等の半極性面

10

20

30

40

50

を成長面とする場合にも、本実施形態及びその変形例による配光分布特性の改善効果と、光の偏光度の維持効果とを得ることができる。

【0133】

(第3の実施形態)

以下、本発明の第3の実施形態に係る半導体発光装置について、図20(a)、図20(b)及び図20(c)を参照しながら説明する。図20において、図4に示す構成部材と同一の構成部材には同一の符号を付すことにより説明を省略する。ここでは、第1の実施形態との相違点について説明する。

【0134】

図20(a)は第3の実施形態に係る半導体発光装置の平面構成を示している。図20(b)はY-Y'線における断面構成を示している。Y-Y'線における断面は、L90平面に相当する。図20(c)はZ-Z'線における断面構成を示している。Z-Z'線における断面は、L45平面に相当する。リフレクタ120に設けられた複数の反射面125は、平面視において四角形状に配置されている。四角形状の反射面125の一辺と半導体発光チップ100からの光の偏光方向とがなす角度を θ_2 とした場合に、角度 θ_2 は、 0° 以上且つ 10° 以下とすることができる。

10

【0135】

第3の実施形態の特徴は、L45平面と交差する反射面125zの反射率を R_z とし、反射面125yの反射率を R_y とした場合に、 $R_z < R_y$ であることにある。反射率 R_z は、反射率 R_y の2分の1以下にすることもできる。

20

【0136】

このような構成にすることにより、第1の実施形態で示した角度 $\theta_1z > \theta_1y$ であることに加えて、光の偏光度を低下させる原因であるL45平面の光が法線方向に集光し難くなり、光の偏光度が維持される。

【0137】

反射面125zの材料としては、該反射面125zに低反射率の材料を塗布することにより、容易に作製が可能である。例えば、該反射面125zにブラックカーボン等を配置すれば、反射率を極めて小さくすることができる。また、黒色樹脂材を配置してもよい。

【0138】

本実施形態は、第1の実施形態又は第2の実施形態と組み合わせることができる。すなわち、反射面125yは、L90平面における断面視において直線のみで形成される必要はない。例えば、複数の直線の組み合わせでもよく、曲線でもよく、また、直線と曲線との組み合わせでもよい。この場合、反射面125yと半導体発光チップ100の成長面の法線方向とがなす角度を算術平均傾斜角度 θ_1y で定義した場合に、角度 θ_1y が 20° 以上且つ 40° 以下の角度を含むように反射面125yを設定することができる。さらに、角度 θ_1y が 0° 以上且つ 20° 未満となる反射面125yを実装基板101との接続部の近傍に形成しても、法線方向の光の偏光度は維持されやすい。

30

【0139】

なお、本実施形態においても、図9及び図10に示した任意の表面形状を有する透光性部材121を適用できる。

40

【0140】

また、図11に示した波長変換部材122を適用することができる。

【0141】

また、図12に示すように、四角形状のリフレクタ120の角部が曲面であってもよい。

【0142】

また、図13、図18及び図19に示すように、複数の半導体発光チップ100を有する半導体発光装置にも適用することができる。

【0143】

また、図14及び図15に示すように、半導体発光チップ100をワイヤボンディング

50

構造としてもよい。

【0144】

また、図16に示すように、リフレクタ120の平面形状が長方形であってもよい。

【0145】

さらに、活性層106が偏光光を発する場合に、本実施形態による光の偏光度を維持する効果を得ることができる。従って、活性層106が、m面若しくはa面等の非極性面、又は-r面、(11-22)面若しくは(20-2-1)面等の半極性面を成長面とする場合にも、本実施形態による配光分布特性の改善効果と、光の偏光度の維持効果とを得ることができる。

【0146】

(第4の実施形態)

以下、本発明の第4の実施形態に係る半導体発光装置について、図21(a)、図21(b)及び図21(c)を参照しながら説明する。図21において、図4に示す構成部材と同一の構成部材には同一の符号を付すことにより説明を省略する。ここでは、第1の実施形態との相違点について説明する。

【0147】

図21(a)は第4の実施形態に係る半導体発光装置の平面構成を示している。図21(b)はY-Y'線における断面構成を示している。Y-Y'線における断面は、L90平面に相当する。図21(c)はZ-Z'線における断面構成を示している。Z-Z'線における断面は、L45平面に相当する。リフレクタ120に設けられた複数の反射面125は、平面視において四角形状に配置されている。四角形状の反射面125の一辺と半導体発光チップ100からの光の偏光方向とがなす角度を θ とした場合に、角度 θ は、 0° 以上且つ 10° 以下とすることができる。

【0148】

第4の実施形態の特徴は、L45平面と交差する反射面125zの拡散反射率を R_{z_d} とし、反射面125yの拡散反射率を R_{y_d} とした場合に、拡散反射率 $R_{z_d} > R_{y_d}$ であることにある。

【0149】

このような構成にすることにより、角度 $\theta_{1z} > \theta_{1y}$ であることに加えて、光の偏光度を低下させる原因であるL45平面の光が法線方向に集光し難くなり、光の偏光度が維持される。

【0150】

反射面125zを構成する材料としては、酸化亜鉛(ZnO)、酸化シリコン(SiO₂)又は酸化チタン(TiO₂)等を用いることができる。これらの材料からなる微粒子を反射面125zに固着することにより、反射面125zの拡散反射率を高めることができる。具体的には、ZnO、SiO₂又はTiO₂等の微粒子を接着材又は樹脂材等に含有し、この領域に塗布すればよい。

【0151】

また、反射面125zを構成する材料として、該反射面125yと同一の材料を用いてもよい。この場合、例えば、銀(Ag)又はアルミニウム(Al)等を用いることができる。Ag又はAl等を用いる場合には、反射面125zの表面粗さ R_{a_z} が反射面125yの表面粗さ R_{a_y} よりも大きくなるようにする。具体的には、表面粗さ R_{a_z} を100nmよりも大きくすることにより、反射面125zの拡散反射率を高めることができる。具体的な作製方法は、反射面125zの領域にのみサンドブラストによって凹凸面を形成することにより、反射面125zの拡散反射率を高めてもよい。また、反射面125yを鏡面状として、該反射面125yの直線反射率を高めることにより、 $R_{z_d} > R_{y_d}$ を実現することもできる。

【0152】

本実施形態は、第1の実施形態又は第2の実施形態と組み合わせることができる。すなわち、反射面125yは、L90平面における断面視において直線のみで形成される必要

10

20

30

40

50

はない。例えば、複数の直線の組み合わせでもよく、曲線でもよく、また、直線と曲線との組み合わせでもよい。この場合、反射面 125y と半導体発光チップ 100 の成長面の法線方向とがなす角度を算術平均傾斜角度 θ_1 y で定義した場合に、角度 θ_1 y が 20° 以上且つ 40° 以下の角度を含むように反射面 125y を設定することができる。さらに、角度 θ_1 y が 0° 以上且つ 20° 未満となる反射面 125y を実装基板 101 との接続部の近傍に形成しても、法線方向の光の偏光度は維持されやすい。

【0153】

なお、本実施形態においても、図 9 及び図 10 に示した任意の表面形状を有する透光性部材 121 を用いることができる。

【0154】

また、図 11 に示した波長変換部材 122 を適用することができる。

【0155】

また、図 12 に示すように、四角形状のリフレクタ 120 の角部が曲面であってもよい。

【0156】

また、図 13、図 18 及び図 19 に示すように、複数の半導体発光チップ 100 を有する半導体発光装置にも適用できる。

【0157】

また、図 14 及び図 15 に示すように、半導体発光チップ 100 をワイヤボンディング構造としてもよい。

【0158】

また、図 16 に示すように、リフレクタ 120 の平面形状が長方形であってもよい。

【0159】

さらに、活性層 106 が偏光光を発する場合に、本実施形態による光の偏光度を維持する効果を得ることができる。従って、活性層 106 が、m 面若しくは a 面等の非極性面、又は -r 面、(11-22) 面若しくは (20-2-1) 面等の半極性面を成長面とする場合にも、本実施形態による配光分布特性の改善効果と、光の偏光度の維持効果とを得ることができる。

【0160】

(第 5 の実施形態)

以下、本発明の第 5 の実施形態に係る半導体発光装置について、図 22 (a)、図 22 (b) 及び図 22 (c) を参照しながら説明する。図 22 において、図 4 に示す構成部材と同一の構成部材には同一の符号を付すことにより説明を省略する。ここでは、第 1 の実施形態との相違点について説明する。

【0161】

図 22 (a) は第 5 の実施形態に係る半導体発光装置の平面構成を示している。図 22 (b) は Y-Y' 線における断面構成を示している。Y-Y' 線における断面は、L90 平面に相当する。図 22 (c) は Z-Z' 線における断面構成を示している。Z-Z' 線における断面は、L45 平面に相当する。リフレクタ 120 に設けられた複数の反射面 125 は、平面視において四角形状に配置されている。四角形状の反射面 125 の一辺と半導体発光チップ 100 からの光の偏光方向とがなす角度を θ_2 とした場合に、角度 θ_2 は 0° 以上且つ 10° 以下とすることができる。

【0162】

第 5 実施形態の特徴は、L45 平面と交差する領域、すなわち反射面 125 の角部を含む領域に透光性部材 121 に代えて、拡散材料含有部材 123 が選択的に配置されていることにある。拡散材料含有部材 123 は、透光性部材 121 と比べて透過光を拡散しやすい材料である。すなわち、拡散材料含有部材 123 は、透光性部材 121 と比べて拡散透過光率が高い。具体的には、ZnO、SiO₂ 又は TiO₂ 等の微粒子を含有する透光性樹脂材等を用いることができる。

【0163】

10

20

30

40

50

このような構成にすることにより、角度 $1z > 1y$ であることに加えて、光の偏光度を低下させる原因である L45 平面の光が法線方向に集光し難くなり、光の偏光度が維持される。

【0164】

本実施形態は、第1の実施形態又は第2の実施形態と組み合わせることができる。すなわち、反射面 125y は L90 平面における断面視において直線のみで形成される必要はない。例えば、複数の直線の組み合わせでもよく、曲線でもよく、また、直線と曲線との組み合わせでもよい。この場合、反射面 125y と半導体発光チップ 100 の成長面の法線方向とがなす角度を算術平均傾斜角度 $1y$ で定義した場合に、角度 $1y$ が 20° 以上且つ 40° 以下の角度を含むように反射面 125y を設定することができる。さらに、角度 $1y$ が 0° 以上且つ 20° 未満となる反射面 125y を実装基板 101 との接続部の近傍に形成しても、法線方向の光の偏光度は維持されやすい。

10

【0165】

なお、本実施形態においても、図9及び図10に示した任意の表面形状を有する透光性部材 121 を用いることができる。

【0166】

また、図11に示した波長変換部材 122 を用いることができる。

【0167】

また、図12に示すように、四角形状のリフレクタ 120 の角部が曲面であってもよい。

20

【0168】

また、図13、図18及び図19に示すように、複数の半導体発光チップ 100 を有する半導体発光装置にも適用することができる。

【0169】

また、図14及び図15に示すように、半導体発光チップ 100 をワイヤボンディング構造としてもよい。

【0170】

また、図16に示すように、リフレクタ 120 の平面形状が長方形であってもよい。

【0171】

さらに、活性層 106 が偏光光を発す場合に、本実施形態による光の偏光度を維持する効果を得ることができる。従って、活性層 106 が、m面若しくはa面等の非極性面、又は -r 面、(11-22)面若しくは(20-2-1)面等の半極性面を成長面とする場合にも、本実施形態による配光分布特性の改善効果と、光の偏光度の維持効果とを得ることができる。

30

【実施例】

【0172】

(第1実施例)

以下、第1実施例に係る半導体発光装置について図23を参照しながら説明する。図23における寸法の単位は、ミリメートル(mm)である。また、第1の実施形態で示した構成部材と同一の構成部材には、同一の符号を付している。これらの符号及び単位は、他の実施例でも同様である。

40

【0173】

最初に、第1実施例に係る半導体発光装置を構成する、活性層の成長面がm面である半導体発光チップ 100 の作製方法の概略を説明する。

【0174】

まず、例えば MOCVD 法により、ウエハ状態の m 面を主面とする n 型 GaN 基板の上に、厚さが $2\mu\text{m}$ の n 型 GaN からなる n 型窒化物半導体層と、InGaIn からなる量子井戸層と GaN からなる障壁層とから構成された 3 周期の量子井戸構造を有する活性層と、厚さが $0.5\mu\text{m}$ の p 型 GaN からなる p 型窒化物半導体層とを形成した。

【0175】

50

n側電極としてTi/Al層を形成し、p側電極としてAg層を形成した。その後、n型GaN基板の裏面を研磨して100 μ mの厚さにまで薄くした。

【0176】

続いて、レーザー光によって、発光構造が形成されたウエハのc軸方向[0001]とa軸方向[11-20]とのそれぞれの方向に、表面から数十 μ m程度の深さの溝を形成した。その後、ウエハに対してプレーキングを行って、一辺が450 μ mのm面GaN系半導体からなる半導体発光チップ100を得た。

【0177】

続いて、半導体発光チップ100を、AlNからなる実装基板101の上にフリップチップ実装した。AlNからなる実装基板101の厚さは約0.7mmである。実装基板101の上には、厚さが約4 μ mの銀(Ag)からなる配線電極102が形成されている。

10

【0178】

このようにして、活性層の成長面がm面である半導体発光装置を作製した。この状態では、リフレクタ120は設けられていない。動作電流10mAにおける発光波長を測定したところ、波長は445nmであった。また、出射光の偏光方向はa軸方向であり、法線方向であるm軸方向で測定した際の偏光度は、0.68であった。リフレクタ120を設けない構成は、比較例1に相当する。

【0179】

半導体発光チップとは別に、プレス成型によって、平面視において複数の反射面125が正方形状に配置されたアルミニウム製の正方形リフレクタS1を作製した。正方形リフレクタS1の各反射面125で反射する方位角の範囲は42.5°以上且つ78.7°以下である。また、各反射面125と法線方向とがなす角度 θ_1 は28.6°である。作製した正方形リフレクタS1には、実装基板101の上面から高さが100 μ mの範囲で、且つ角度 θ_1 が0°となる反射面125が形成されている。

20

【0180】

図24は、正方形リフレクタS1の反射面125の反射率を測定した結果を示している。反射率の測定には、日本分光(株)製のUV-VISを用い、波長が350nmから800nmの範囲の光を測定した。測定において、直線反射率と拡散反射率とを測定し、直線反射率と拡散反射率との和を全体反射率とした。図24から、作製したアルミニウム製リフレクタ120の反射面の全体反射率は73%以上であり、直線反射の成分が95%以上である。従って、直線反射性が高いリフレクタであることが分かる。

30

【0181】

このように、実装基板とは別体に作製したアルミニウム製の正方形リフレクタS1を、半導体発光チップ100が実装された実装基板101の上に貼り付けることにより、アルミニウム製の正方形リフレクタS1を備えた、第1実施例に係る半導体発光装置を作製した。半導体発光チップ100からの光の偏光方向と平面視における正方形状の反射面125の一辺とがなす角度を θ_2 として、角度 θ_2 が0°、6°、8°、12°、13°、18°、25°、30°、40°及び45°となる、複数の半導体発光装置をそれぞれ作製した。

【0182】

40

ここで、複数の反射面125が平面視において正方形に配置された場合は、平面視における対称性が高いため、角度 θ_2 の値が45°を超える場合には、90°- θ_2 の特性と等しくなる。すなわち、角度 θ_2 は、0°以上且つ45°以下の範囲を調べればよいことになる。

【0183】

図25(a)及び図25(b)は、偏光光の偏光方向と反射面125の一辺とがなす角度 θ_2 が0°に設定された正方形リフレクタS1を有する半導体発光装置における偏光度特性と配光分布特性とを表している。細実線はL0平面上、破線はL45平面上、太実線はL90平面上の特性をそれぞれ示す。図25(a)に示すように、法線方向($\theta_2 = 0^\circ$)における光の偏光度は0.53であり、後掲する[表1]に示す円形リフレクタの場合

50

と比べて法線方向の光の偏光度が高く維持されている。図 25 (b) に示す配光分布特性から、配光角は L 0 平面において 73.0° であり、L 90 平面において 69.1° である。ここで、配光角とは、半値全角であり、法線方向の光強度を 100 とした場合に、光強度が 50 となる角度範囲である。配光角は、指向角又は光の広がり角とも呼ばれる。

【0184】

図 26 (a) 及び図 26 (b) は、角度 θ が 45° に設定された正方形リフレクタ S1 を有する半導体発光装置における偏光度特性と配光分布特性とを表している。細実線は L 0 平面上、破線は L 45 平面上、太実線は L 90 平面上の特性を示す。図 26 (a) に示すように、法線方向 ($\theta = 0^\circ$) における光の偏光度は 0.07 であり、角度 θ が 0° の場合と比べて極めて光の偏光度が低い。また、円形リフレクタの場合と比べても法線方向の光の偏光度が低い。図 26 (b) に示す配光分布特性から、配光角は、L 0 平面において 70.6° であり、L 90 平面において 71.4° である。

10

【0185】

図 27 は、角度 θ と法線方向の光の偏光度との関係を表している。図中の破線は、リフレクタを設けない比較例 1 に相当する構成の、法線方向における光の偏光度である 0.68 を表している。角度 θ が 10° を超えると、法線方向の光の偏光度は急激に低減する。

【0186】

図 28 は、角度 θ と法線方向の規格化偏光度との関係を表している。ここで、規格化偏光度は、角度 θ が 0° の場合における法線方向の光の偏光度で規格化されている。図 28 から、角度 θ は、 0° 以上且つ 10° 以下とすることにより、規格化偏光度の低下を 10% 以下に抑制できることが分かる。

20

【0187】

(第 2 実施例)

以下、第 2 実施例に係る半導体発光装置について説明する。

【0188】

第 2 実施例においては、半導体発光チップ 100 における活性層の成長面が半極性の (20-2-1) 面である。基板には、ウエハ状態の (20-2-1) 面を主面とする n 型 GaN 基板を用いた。半導体発光チップ 100 の小片化工程において、レーザ光によって、[10-14] 方向と [1-210] 方向とに、表面から数十 μm 程度の深さの溝を形成した。その後、ウエハに対してブレーキングを行って、一辺が $450\mu\text{m}$ の半導体発光チップ 100 に分割した。他の製法は、第 1 実施例と同様である。このようにして、活性層の成長面が半極性の (20-2-1) 面である半導体発光装置を作製した。この状態ではリフレクタを有していない。動作電流 10mA における発光波長を測定したところ、波長は 441nm であった。また、偏光方向は、[1-210] 方向であり、法線方向である [20-2-1] 方向で測定した際の光の偏光度は、0.65 であった。リフレクタ 120 を設けない状態は、比較例 2 に相当する。

30

【0189】

第 1 実施例と同様に、正方形リフレクタ S1 を、あらかじめ半導体発光チップ 100 が実装された実装基板 101 の上に貼り付けた。正方形リフレクタ S1 の反射面 125 で反射する方位角 θ の範囲は、 42.5° 以上且つ 78.7° 以下であり、反射面 125 と法線方向とがなす角度 θ は、 28.6° である。半導体発光チップ 100 からの光の偏光方向と平面視における正方形の反射面 125 の一辺とがなす角度を θ として、角度 θ が 0° 、 9° 、 12° 、 15° 、 16° 、 21° 、 30° 、 41° 及び 45° となる、複数の半導体発光装置をそれぞれ作製した。

40

【0190】

ここで、複数の反射面 125 が平面視において正方形に配置されている場合は、平面視における対称性が高いため、角度 θ の値が 45° を超える場合には、角度 θ は 0° 以上且つ 45° 以下の範囲を調べればよい。

【0191】

50

図29は、角度 θ_2 と法線方向の光の偏光度との関係を表している。図中の破線は、リフレクタを設けない比較例2に相当する構成の、法線方向における光の偏光度である0.65を表している。

【0192】

図30は、角度 θ_2 と法線方向の規格化偏光度との関係を表している。ここで、規格化偏光度は、角度 θ_2 が 0° の場合における法線方向の光の偏光度で規格化されている。図28と図30とを比較すると、これらのグラフは、ほぼ同一形状であることが分かる。

【0193】

図30から、角度 θ_2 は 0° 以上且つ 10° 以下とすることにより、規格化偏光度の低下を30%程度に抑制することができる。

10

【0194】

(第3実施例)

以下、第3実施例に係る半導体発光装置について図31を参照しながら説明する。図31に示すように、活性層の成長面がm面である半導体発光チップ100は、第1実施例と同様の方法で作製し、実装基板101の上に実装した。この状態で、動作電流10mAにおける発光波長を測定したところ、波長は445nmであった。また、出射光の偏光方向はa軸方向であり、法線方向であるm軸方向で測定した際の光の偏光度は、0.68であった。このリフレクタ120を設けない状態は、比較例1に相当する。

【0195】

第1実施例と同様に、プレス成型によって、平面視において複数の反射面125が長方形形状に配置されたアルミニウム製の長方形リフレクタS2を作製した。長方形リフレクタS2の各反射面125で反射する方位角 θ_1 の範囲は、長辺方向の反射面125aにおいて 42.5° 以上且つ 78.7° 以下であり、短辺方向の反射面125bにおいて 57.1° 以上且つ 84.8° 以下である。また、反射面125a及び125bがそれぞれ法線方向となす角度 θ_1 は 28.6° である。この長方形リフレクタS2を、あらかじめ半導体発光チップ100が実装された実装基板101の上に貼り付けた。半導体発光チップ100からの光の偏光方向と平面視における長方形形状の反射面125の長辺とがなす角度を θ_2 として、角度 θ_2 が 0° 、 10° 、 28° 、 30° 、 34° 、 45° 、 49° 、 52° 、 60° 、 68° 、 79° 、 84° 及び 90° となる、複数の半導体発光装置をそれぞれ作製した。

20

30

【0196】

図32(a)及び図32(b)は、角度 θ_2 が 0° に設定された長方形リフレクタS2を有する半導体発光装置の偏光度特性と配光分布特性とを表している。細実線はL0平面上、破線はL45平面上、太実線はL90平面上の特性を示す。図32(a)に示すように、法線方向($\theta_1 = 0^\circ$)における光の偏光度は0.50で、円形リフレクタの場合と比べて法線方向の光の偏光度は高く維持されている。

【0197】

図33(a)及び図33(b)は、角度 θ_2 が 45° に設定された長方形リフレクタS2を有する半導体発光装置の偏光度特性と配光分布特性とを表している。細実線はL0平面上、破線はL45平面上、太実線はL90平面上の特性を示す。図33(a)に示すように、法線方向($\theta_1 = 0^\circ$)における光の偏光度は0.16であり、角度 θ_2 が 0° の場合と比べて極めて偏光度が低い。また、円形リフレクタの場合と比べても法線方向の光の偏光度が低い。

40

【0198】

図34(a)及び図34(b)は、角度 θ_2 が 90° に設定された長方形リフレクタS2を有する半導体発光装置の偏光度特性と配光分布特性とを表している。細実線はL0平面上、破線はL45平面上、太実線はL90平面上の特性を示す。図34(a)に示すように、法線方向($\theta_1 = 0^\circ$)における光の偏光度は0.44であり、円形リフレクタの場合と比べて法線方向の光の偏光度が高く維持されている。

【0199】

50

図35は、角度 θ_2 と法線方向の光の偏光度との関係を表している。図中の破線は、リフレクタを設けない比較例1に相当する構成の、法線方向における光の偏光度である0.68を表している。角度 θ_2 が45°の場合に、光の偏光度が最も小さくなる。第1実施例に係る正方形リフレクタS1と異なり、平面視において、長方形リフレクタS2は、正方形リフレクタS1よりも対称性が乏しい。このため、角度 θ_2 が0°と90°の場合で、光の偏光度が異なる。角度 θ_2 が0°、すなわち半導体発光チップ100からの光の偏光方向と反射面125の長辺方向とがなす角度が0°の場合の方が、角度 θ_2 が90°の場合よりも光の偏光度が高く維持される。

【0200】

図36は、角度 θ_2 と法線方向の規格化偏光度との関係を表している。ここで、規格化偏光度は、角度 θ_2 が0°の場合における法線方向の光の偏光度で規格化されている。図36から、角度 θ_2 は、0°以上且つ10°以下とすることにより、規格化偏光度の低下をほぼ20%以下にすることができる。また、角度 θ_2 は85°以上且つ90°以下とすることにより、規格化偏光度の低下を20%以下にすることができる。

10

【0201】

(第4実施例)

以下、第4実施例に係る半導体発光装置について図37を参照しながら説明する。図37に示すように、活性層の成長面がm面である半導体発光チップ100は、第1実施例と同様の方法で作製し、実装基板101の上に実装した。この状態で、動作電流10mAにおける発光波長を測定したところ、波長は445nmであった。また、出射光の偏光方向はa軸方向であり、法線方向であるm軸方向で測定した際の光の偏光度は、0.68であった。リフレクタ120を設けない状態は、比較例1に相当する。

20

【0202】

第1実施例と同様に、プレス成型によって、平面視において複数の反射面125が正方形形状に配置されたアルミニウム製の正方形リフレクタS1を作製した。さらに、反射面125における角部の領域、すなわち反射面125zに、それぞれカーボンブラック塗料を塗布した。各反射面125zにおける反射率は5%以下であり、通常の反射面125yの反射率である73%よりも十分に小さい。

【0203】

このように作製された正方形リフレクタS1を、あらかじめ半導体発光チップ100が実装された実装基板101の上に貼り付けた。この際、正方形リフレクタS1は、半導体発光チップ100からの光の偏光方向と平面視における正方形形状の反射面125の一辺とがなす角度を θ_2 として、角度 θ_2 が0°となるように配置した。

30

【0204】

図38(a)及び図38(b)は、正方形リフレクタS1の角部に低反射領域を有する半導体発光装置における偏光度特性と配光分布特性とを表している。細実線はL0平面上、破線はL45平面上、太実線はL90平面上の特性を示す。図38(a)に示すように、法線方向($\theta_2 = 0^\circ$)における光の偏光度は0.66であり、比較例1とほぼ同一の値を得られている。また、第4実施例の偏光度は、第1実施例及び第2実施例における光の偏光度よりも高い。すなわち、L45平面における光の偏光度が低く、且つ光強度が大きい光が法線方向に集光することを抑制することによって、法線方向の光の偏光度を高く維持できることが分かる。

40

【0205】

(第5実施例)

以下、第5実施例に係る半導体発光装置について図39を参照しながら説明する。図39に示すように、活性層の成長面がm面である半導体発光チップ100は、第1実施例と同様の方法で作製し、実装基板101の上に実装した。この状態で、動作電流10mAにおける発光波長を測定したところ、波長は445nmであった。また、出射光の偏光方向はa軸方向であり、法線方向であるm軸方向で測定した際の光の偏光度は、0.68であった。リフレクタ120を設けない状態は、比較例1に相当する。

50

【 0 2 0 6 】

第 1 実施例と同様に、プレス成型によって、平面視において複数の反射面 1 2 5 が正方形に配置されたアルミニウム製の正方形リフレクタ S 1 を作製した。さらに、反射面 1 2 5 における角部の領域、すなわち反射面 1 2 5 z に、それぞれ酸化シリコンを含有する白色樹脂を塗布した。白色樹脂を塗布した反射面 1 2 5 z の拡散反射率は約 9 0 % であり、直線反射率は約 3 % である。このように、白色樹脂を塗布した反射面 1 2 5 z の拡散反射率は十分に高い。

【 0 2 0 7 】

このように作製された正方形リフレクタ S 1 を、あらかじめ半導体発光チップ 1 0 0 が実装された実装基板 1 0 1 の上に貼り付けた。この際、正方形リフレクタ S 1 は、半導体発光チップ 1 0 0 からの光の偏光方向と平面視における正方形の反射面 1 2 5 の一辺とがなす角度を θ として、角度 θ が 0° となるように配置した。

【 0 2 0 8 】

図 4 0 (a) 及び図 4 0 (b) は、正方形リフレクタ S 1 の角部に拡散反射率が高い領域を有する半導体発光装置における偏光度特性と配光分布特性とを表している。細実線は L 0 平面上、破線は L 4 5 平面上、太実線は L 9 0 平面上の特性を示す。図 4 0 (a) に示すように、法線方向 ($\theta = 0^\circ$) における光の偏光度は 0 . 5 5 であった。この値は、図 2 5 (a) に示した第 1 実施例の法線方向における偏光度 0 . 5 3 よりも大きい。

【 0 2 0 9 】

また、図 4 0 (b) と第 1 実施例の図 2 5 (b) とを比較すると、図 4 0 (b) においては、L 4 5 平面の法線方向における光強度が落ち込んでいることが分かる。これは、白色樹脂を塗布した反射面 1 2 5 z で反射光が拡散反射して、L 4 5 平面の法線方向に集光する光が低下したためである。すなわち、L 4 5 平面における光の偏光度の低い光が法線方向に集光することを抑制された結果、第 1 実施例と比べて、法線方向の光の偏光度が高い値となっている。

【 0 2 1 0 】

(比較例 1)

以下、比較例 1 に係る半導体発光装置について図 4 1 (a) 及び図 4 1 (b) を参照しながら説明する。

【 0 2 1 1 】

図 4 1 (a) 及び図 4 1 (b) に示すように、比較例 1 に係る半導体発光装置は、活性層の成長面が m 面である半導体発光チップ 1 0 0 を有し、リフレクタ 1 2 0 を設けない構成を有する。

【 0 2 1 2 】

第 1 実施例と同様の方法で作製した半導体発光チップ 1 0 0 は、実装基板 1 0 1 の上に実装した。この状態で、動作電流 1 0 m A における発光波長を測定したところ、波長は 4 4 5 n m であった。また、法線方向の光の偏光度は、0 . 6 8 であった。

【 0 2 1 3 】

図 4 2 (a) 及び図 4 2 (b) は、比較例 1 に係る半導体発光装置における偏光度特性と配光分布特性とを表している。細実線は L 0 平面上、破線は L 4 5 平面上、太実線は L 9 0 平面上の特性を示す。

【 0 2 1 4 】

まず、図 4 2 (a) に示す偏光度特性において、L 9 0 平面の特性は、方位角 θ が -80° から $+80^\circ$ の範囲においても、高い偏光度を維持する。L 0 平面の特性は、方位角 θ が 0° において偏光度が最大となり、方位角 θ が高角度側では緩やかに偏光度が低下する。L 4 5 平面の特性は、方位角 θ が 0° において光の偏光度が最大となる点は L 0 平面の特性と類似しているが、方位角 θ が高角度側での偏光度の低下が顕著である。すなわち、方位角 θ が 40° 以上の範囲の光の偏光度は、方位角 θ が 0° の偏光度の 2 分の 1 以下に減少する。さらに、方位角 θ が 50° 以上の範囲の光の偏光度は、方位角 θ が 0° の偏光度の 3 分の 1 以下に減少する。このように、偏光光を発する半導体発光チップからの光

10

20

30

40

50

放射は、L 0 平面、L 4 5 平面及びL 9 0 平面において、非対称な偏光度特性を示す。

【 0 2 1 5 】

一方、図 4 2 (b) に示す配光分布特性において、L 4 5 平面及びL 9 0 平面の特性は類似した特性を示し、方位角 θ が $\pm 60^\circ$ 付近に光強度のピークを有する特徴的な配光分布特性を示す。方位角 θ が 10° から 80° の範囲の光強度は、 $\theta = 0^\circ$ 、すなわち法線方向の光強度よりも大きい光強度を示す。L 0 平面の配光分布特性は、方位角 θ が -30° から $+30^\circ$ の範囲で光強度が大きく、高角度側では単調に光強度が低下する。このように、偏光光を発する半導体発光チップからの光放射は、L 0 平面と、L 4 5 平面及びL 9 0 平面とで、非対称な配光分布特性を示す。

【 0 2 1 6 】

(比較例 2)

以下、比較例 2 に係る半導体発光装置について説明する。

【 0 2 1 7 】

比較例 2 に係る半導体発光装置は、活性層の成長面に半極性の (2 0 - 2 - 1) 面を有し、且つリフレクタを設けない半導体発光装置である。

【 0 2 1 8 】

活性層が (2 0 - 2 - 1) 面である半導体発光チップ 1 0 0 は、第 2 実施例と同様の方法で作製し、実装基板 1 0 1 の上に実装した。これにより、図 4 1 (a) 及び図 4 1 (b) に示す半導体発光装置と同様の構成を持つ半導体発光装置を得る。この状態で、動作電流 1 0 m A における発光波長を測定したところ、波長は 4 4 1 n m であった。また、法線方向の光の偏光度は、0 . 6 8 であった。

【 0 2 1 9 】

図 4 3 (a) 及び図 4 3 (b) は、比較例 2 に係る半導体発光装置における偏光度特性と配光分布特性とを表している。細実線は L 0 平面上、破線は L 4 5 平面上、太実線は L 9 0 平面上の特性を示す。

【 0 2 2 0 】

まず、図 4 3 (a) に示す偏光度特性において、L 9 0 平面の特性は、方位角 θ が -80° から $+80^\circ$ の範囲においても、高い偏光度を維持する。L 0 平面の特性は、方位角 θ が 0° において光の偏光度が最大となり、方位角 θ が高角度側では緩やかに偏光度が低下する。L 4 5 平面の特性は、方位角 θ が 0° において光の偏光度が最大となる点は L 0 平面の特性に類似しているが、 θ が高角度側での偏光度の低下が顕著である。すなわち、方位角 θ が 40° 以上の範囲の光の偏光度は、方位角 θ が 0° の偏光度のほぼ 2 分の 1 以下に減少する。さらに、方位角 θ が 60° 以上の範囲の光の偏光度は、方位角 θ が 0° の偏光度の 3 分の 1 以下に減少する。このように、偏光光を発する半導体発光チップからの光放射は、L 0 平面、L 4 5 平面及びL 9 0 平面は、それぞれ非対称な偏光度特性を示す。

【 0 2 2 1 】

一方、図 4 3 (b) に示す配光分布特性において、L 4 5 平面及びL 9 0 平面の特性は類似した特性を示し、方位角 θ が $\pm 60^\circ$ 付近に光強度のピークを有する特徴的な配光分布特性を示す。方位角 θ が 10° から 80° の範囲の光強度は、 $\theta = 0^\circ$ 、すなわち法線方向の光強度よりも大きい光強度を示す。これに対し、L 0 平面の特性は、方位角 θ が $\pm 40^\circ$ 付近に光強度のピークを有する特徴的な配光分布を示す。このように、偏光光を発する半導体発光チップからの光放射は、L 0 平面と、L 4 5 平面及びL 9 0 平面とで、非対称な配光分布特性を示す。

【 0 2 2 2 】

(比較例 3)

以下、比較例 3 に係る半導体発光装置について図 4 4 (a)、図 4 4 (b)、図 4 4 (c) 及び図 4 4 (d) を参照しながら説明する。比較例 3 は、それぞれ円形リフレクタ C 1 ~ C 4 を有する半導体発光装置である。

【 0 2 2 3 】

10

20

30

40

50

図44(a)～図44(d)に示す、活性層の成長面がm面である半導体発光チップ100は、第1実施例と同様の方法で作製し、実装基板101の上に実装した。この状態で、動作電流10mAにおける発光波長を測定したところ、波長は445nmであった。また、法線方向の光の偏光度は、0.68であった。

【0224】

第1実施例と同様に、プレス成型によって、平面視において反射面125が円形であるアルミニウム製の4種類の円形リフレクタC1、C2、C3及びC4を作製した。作製した各円形リフレクタC1～C4には、実装基板101の上面から高さが100μmで、且つ角度1が0°となる反射面125が形成されている。

【0225】

このように、実装基板101とは別体に作製したアルミニウム製の円形リフレクタC1～C4を、半導体発光チップ100が実装された実装基板101の上にそれぞれ固着することにより、4種類のアルミニウム製の円形リフレクタを有する半導体発光装置を作製した。

【0226】

[表1]は、各円形リフレクタC1～C4に対して、反射面125で反射する方位角の範囲、反射面125と法線方向がなす角度1、法線方向の規格化偏光度、及び法線方向の規格化光強度を表している。また、[表1]には、リフレクタ120を設けない構成を持つ比較例1の特性をも表している。ここで、反射面125で反射する方位角の範囲、及び反射面125と法線方向とがなす角度1は、リフレクタ120の設計値である。また、法線方向の規格化偏光度、及び法線方向の規格化光強度は、実際に作製した半導体発光装置の測定値であり、リフレクタ125を設けない比較例1の特性を1として規格化した値である。

【0227】

【表1】

円形リフレクタ	反射面で反射する方位角 χ の範囲[°]	反射面と法線方向とがなす角度 $\theta 1$ [°]	法線方向偏光度	法線方向規格化偏光度	法線方向規格化光強度
C1	42.5～78.7	28.6	0.25	0.37	8.9
C2	33.7～78.7	15.3	0.31	0.46	6.8
C3	53.1～84.3	28.6	0.18	0.26	12.5
C4	66.3～76.0	29.2	0.45	0.66	2.4
なし(比較例1)	-	-	0.68	1	1

【0228】

作製したいずれの円形リフレクタC1～C4においても、法線方向の規格化偏光度は70%を下回った。このように、円形リフレクタC1～C4は、L45平面における光の偏光度が低く、且つ光強度が大きい光が法線方向に集光しやすいため、法線方向の光の偏光度が低下しやすい。

【0229】

なお、上述した各実施形態及び各変形例は、他のいずれかの実施形態又はその変形例の構成と適宜組み合わせることができる。また、上述した各実施形態及び各変形例では、リフレクタの平面形状に、特定の形状を例示したが、その形状に限られない。例えば、リフレクタの平面形状は、他の多角形又は他の多角形以外の形状であってもよい。また、反射面自体の平面形状も、各実施形態及び各変形例で例示した形状に限らず、他の多角形又は

他の多角形以外の形状であってもよい。

【産業上の利用可能性】

【0230】

本発明に係る半導体発光装置は、例えば、照明機器、自動車用前照灯又はスポットライト等に利用することができる。

【符号の説明】

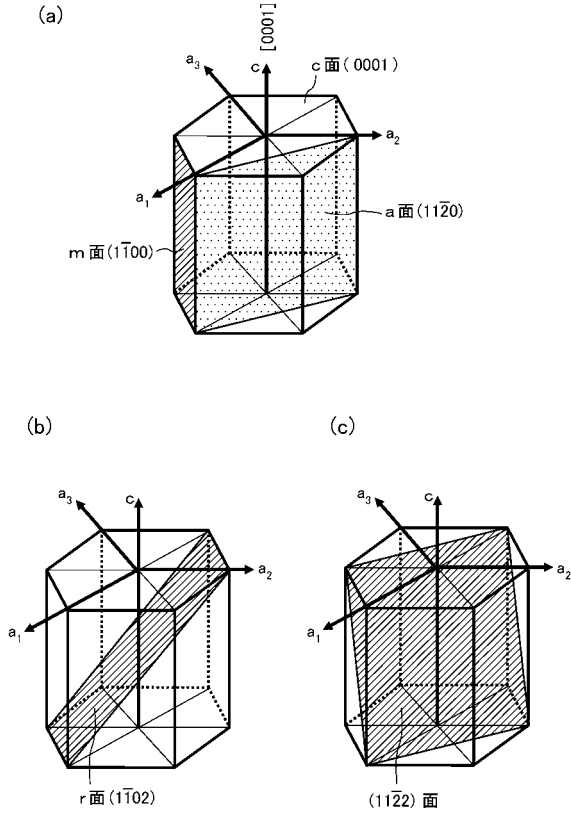
【0231】

100	半導体発光チップ	
101	実装基板	
102	配線電極	10
103	バンプ	
104	基板	
105	n型窒化物半導体層	
106	活性層	
107	p型窒化物半導体層	
108	p側電極	
109	n側電極	
110	ワイヤ	
112	凹部	
120	リフレクタ	20
121	透光性部材	
122	波長変換部材	
123	拡散材料含有部材	
124	光取り出し面	
125	反射面	
125x	L0平面と交差する反射面	
125y	L90平面と交差する反射面	
125z	L45平面と交差する反射面	
125a	長辺方向の反射面	
125b	短辺方向の反射面	30

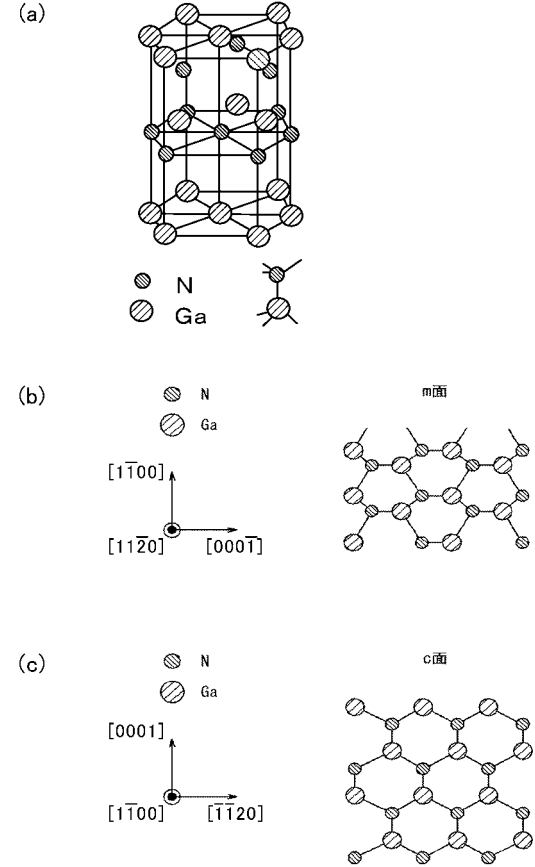
【要約】

半導体発光装置は、成長面が非極性面又は半極性面であり、偏光光を発する半導体発光チップ100と、偏光光を反射する反射面を有するリフレクタ120とを備えている。半導体発光チップの成長面の法線を含み、偏光光の偏光方向に対して90°の角度をなす平面をL90平面とし、法線を含み偏光方向に対して45°の角度をなす平面をL45平面とした場合に、反射面は、L90平面上の光のうち少なくとも一部を発光チップの成長面の法線方向に反射し、反射面がL90平面上で発光チップの成長面の法線方向に反射する光の光量は、反射面がL45平面上で発光チップの成長面の法線方向に反射する光の光量よりも大きい。

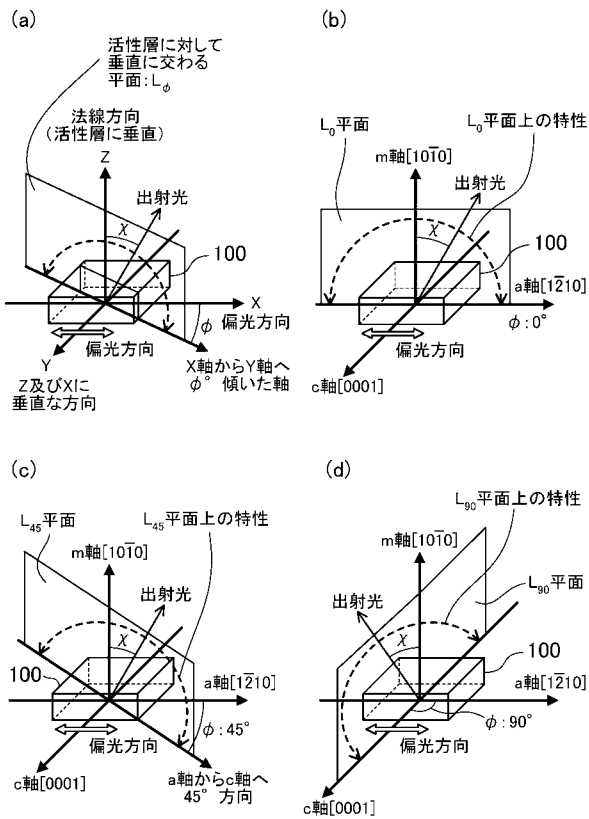
【図1】



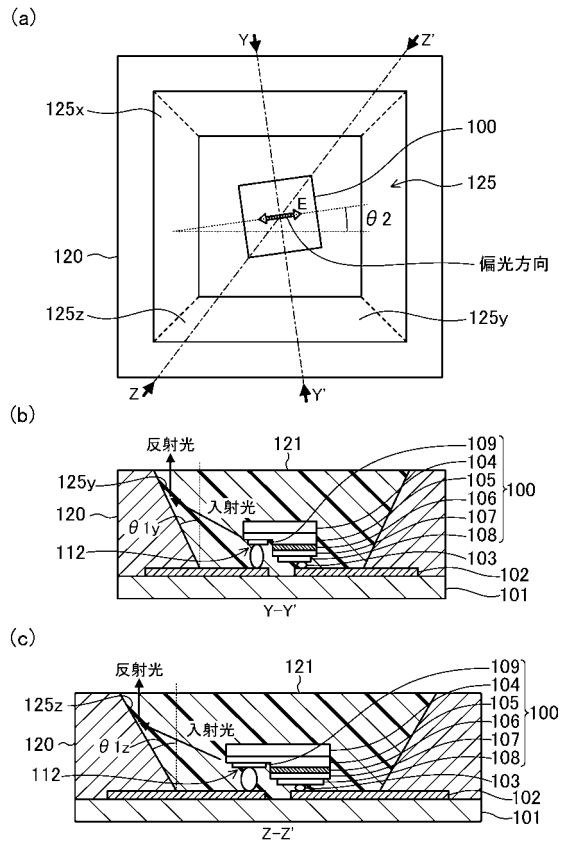
【図2】



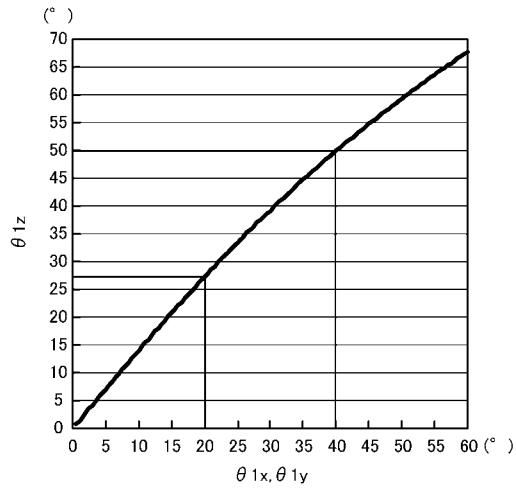
【図3】



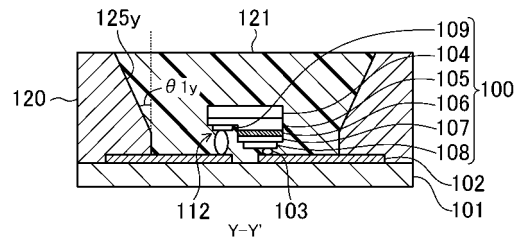
【図4】



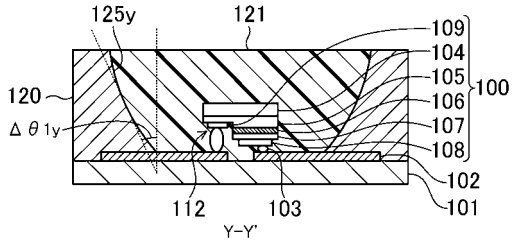
【 図 5 】



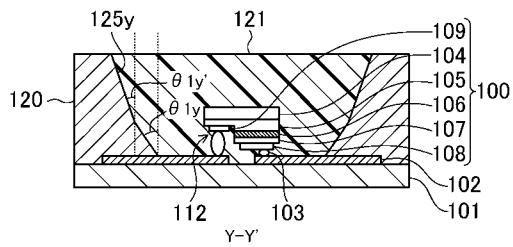
【 図 7 】



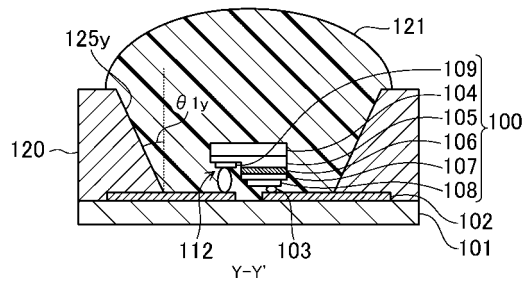
【 図 8 】



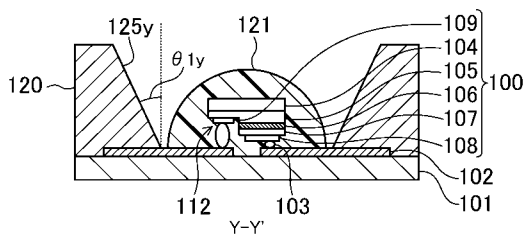
【 図 6 】



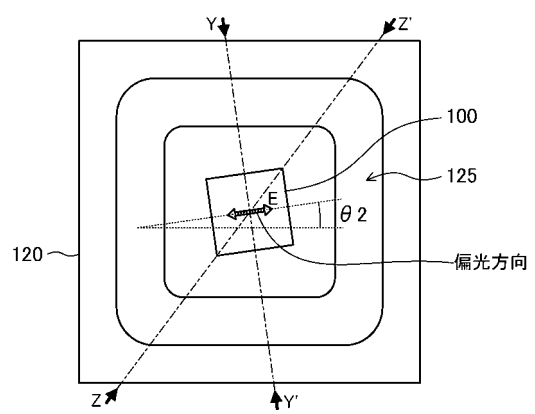
【 図 9 】



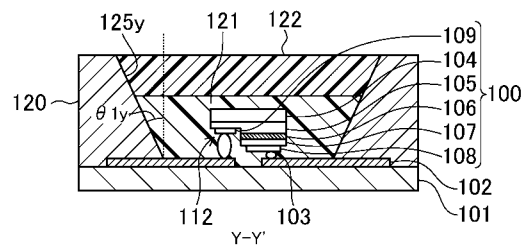
【 図 10 】



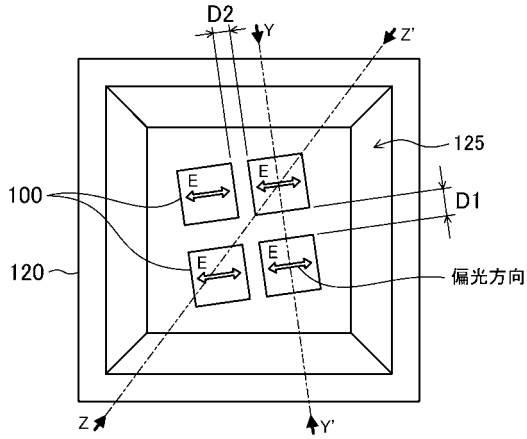
【 図 12 】



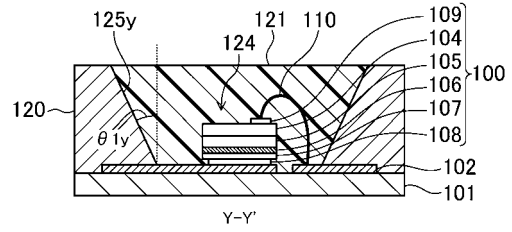
【 図 11 】



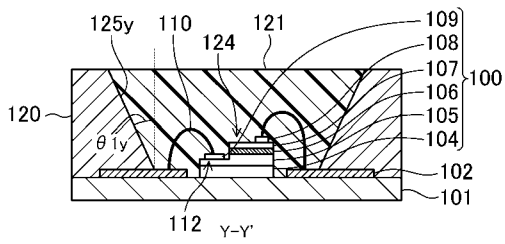
【 図 1 3 】



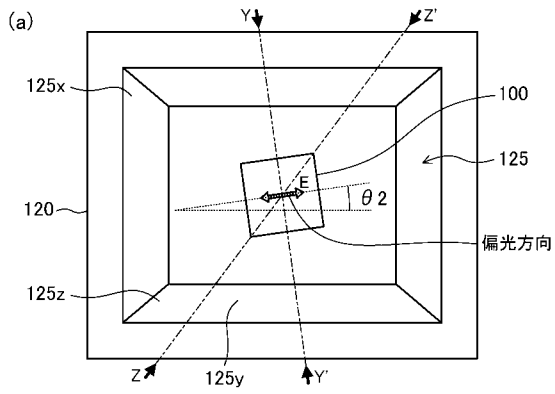
【 図 1 5 】



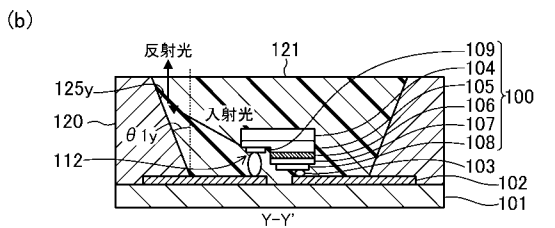
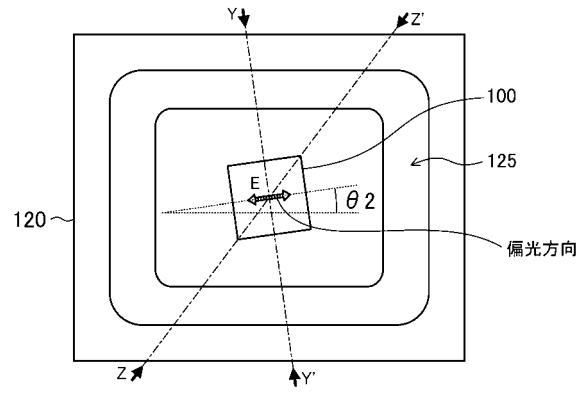
【 図 1 4 】



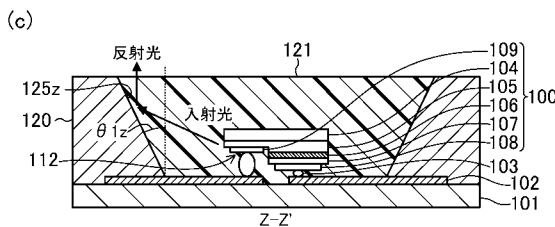
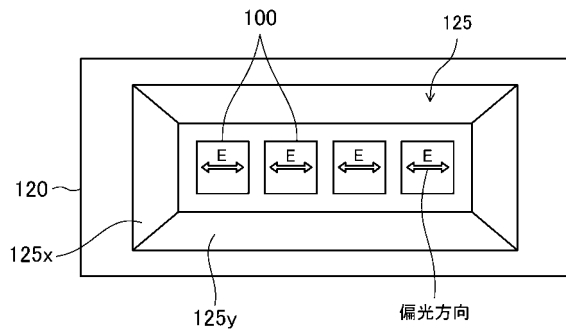
【 図 1 6 】



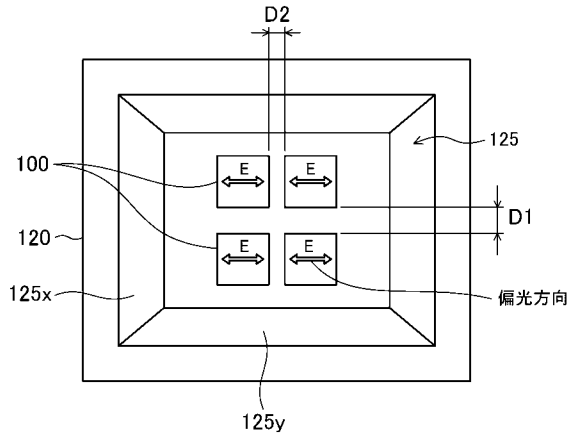
【 図 1 7 】



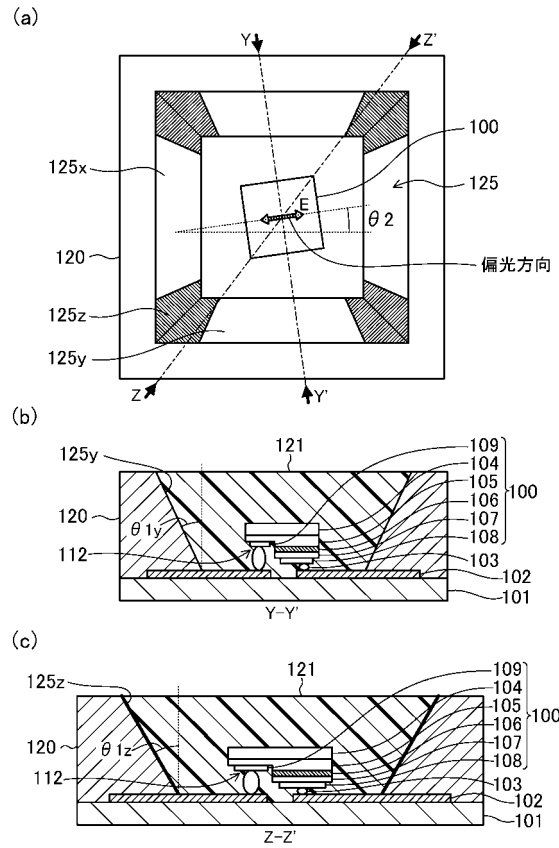
【 図 1 8 】



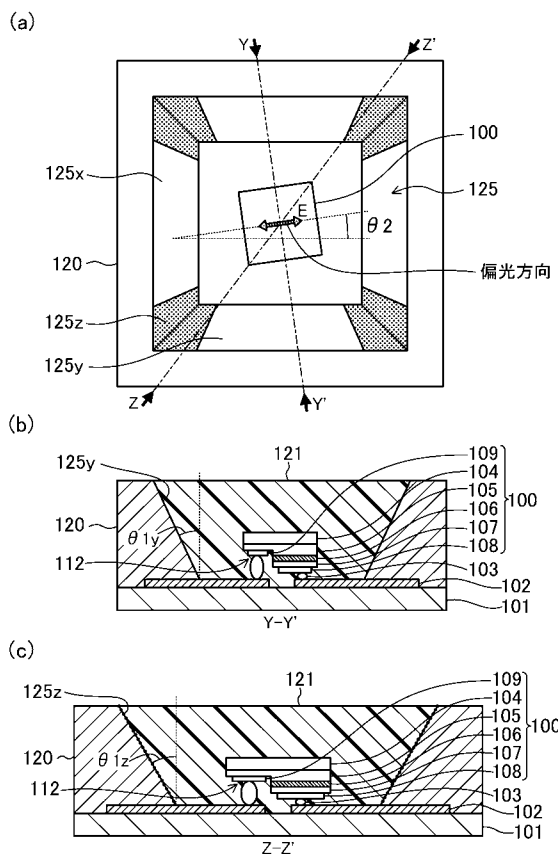
【 図 1 9 】



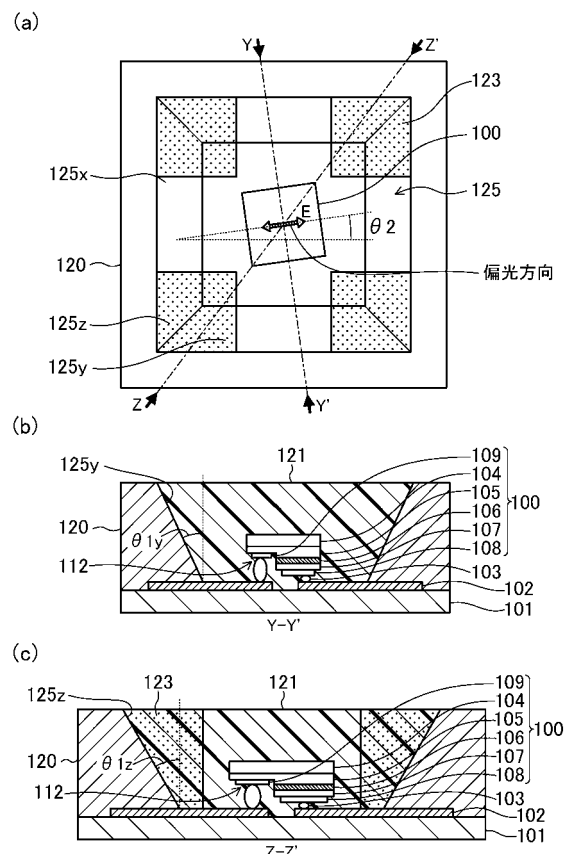
【 図 2 0 】



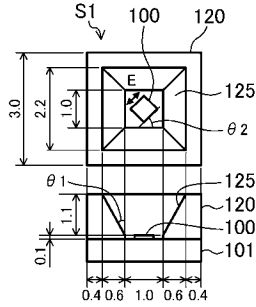
【 図 2 1 】



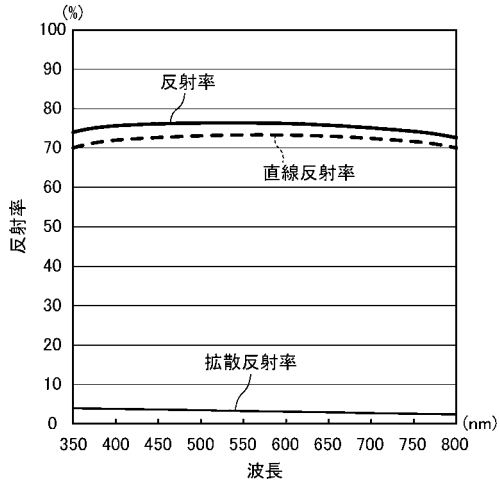
【 図 2 2 】



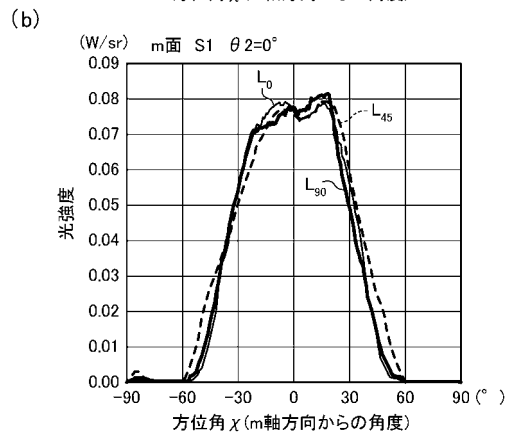
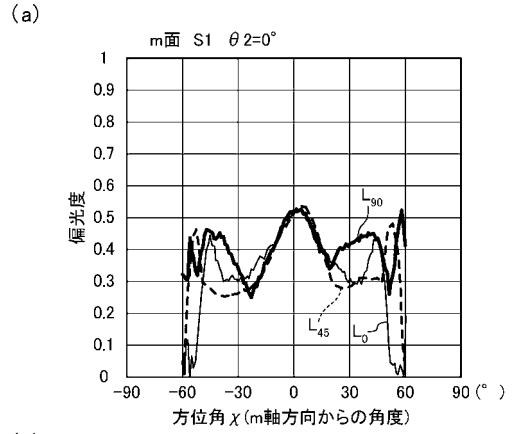
【図 2 3】



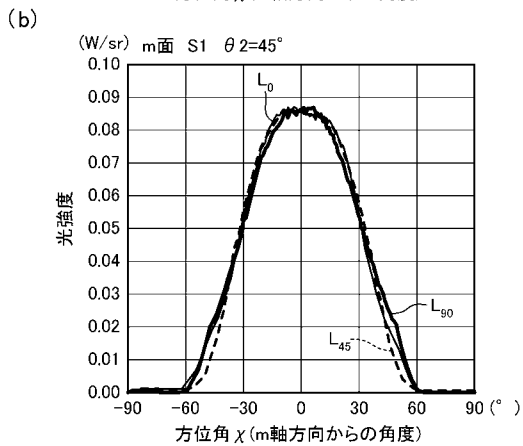
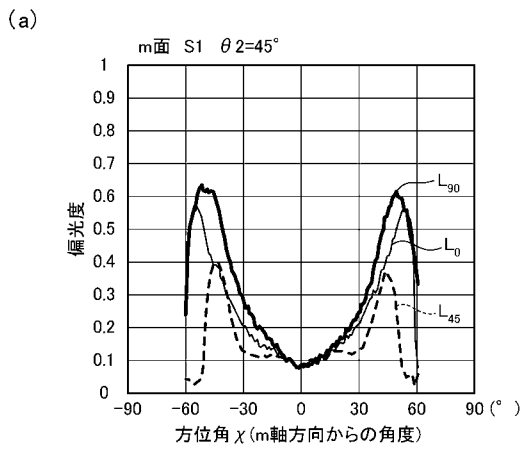
【図 2 4】



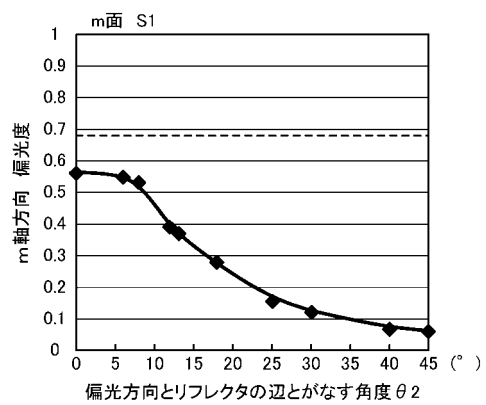
【図 2 5】



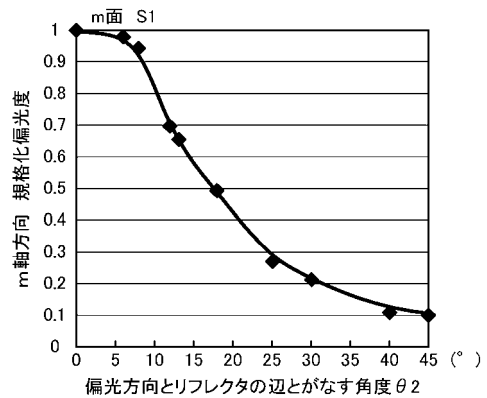
【図 2 6】



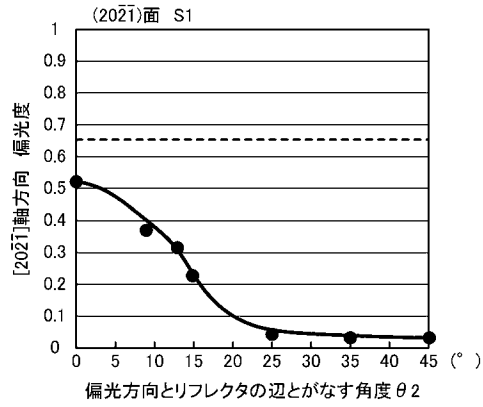
【図 2 7】



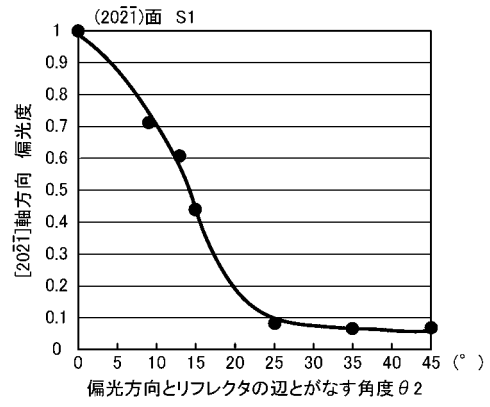
【図 2 8】



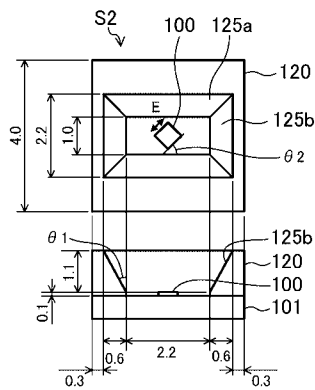
【図 29】



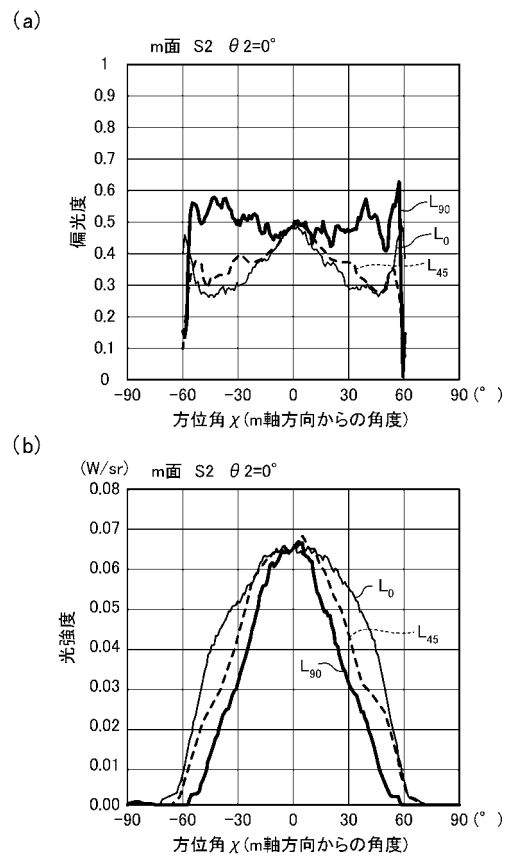
【図 30】



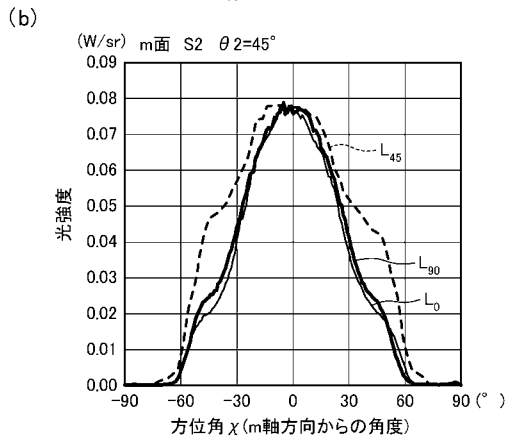
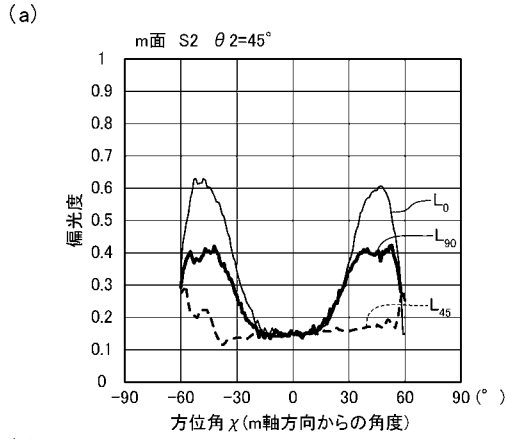
【図 31】



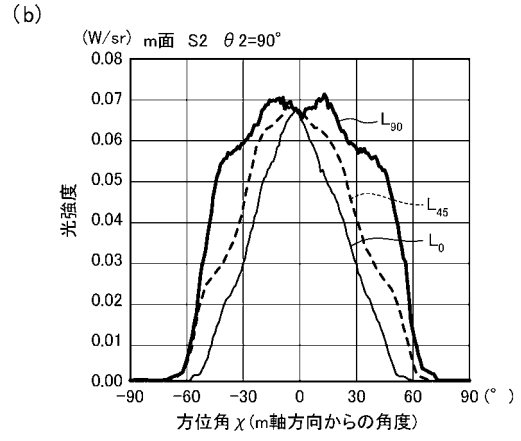
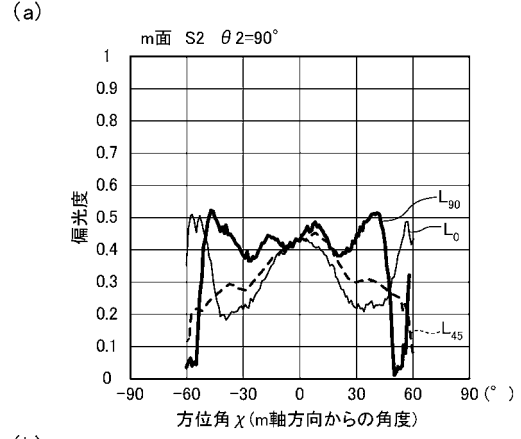
【図 32】



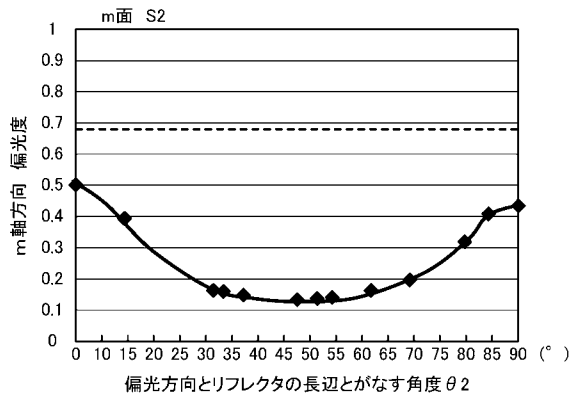
【図 3 3】



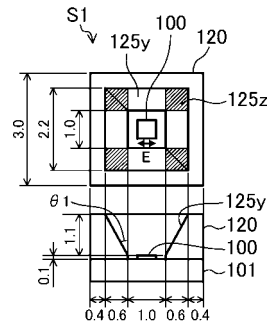
【図 3 4】



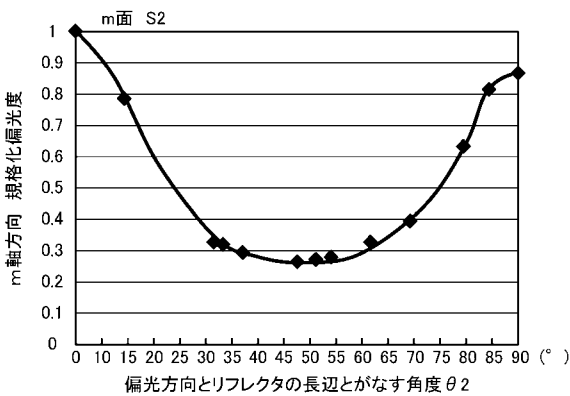
【図 3 5】



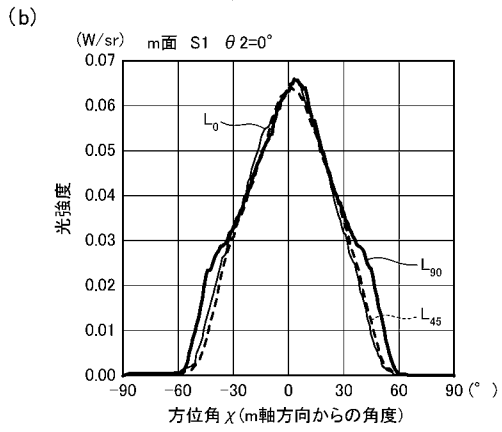
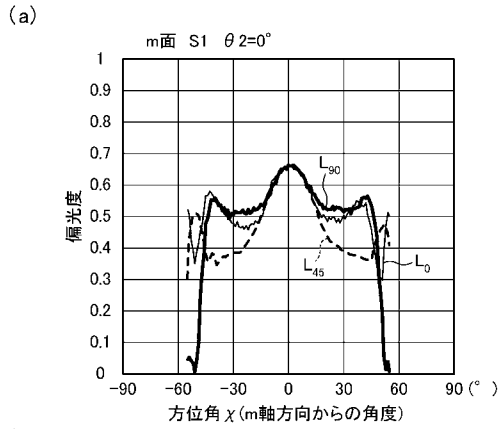
【図 3 7】



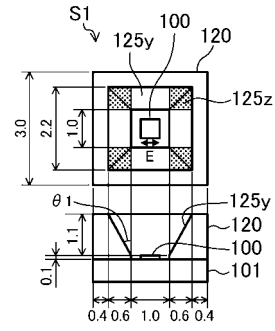
【図 3 6】



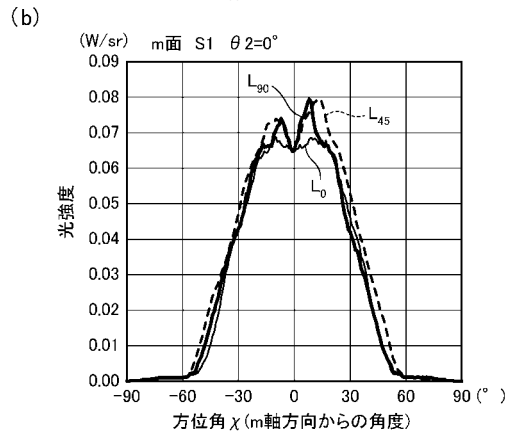
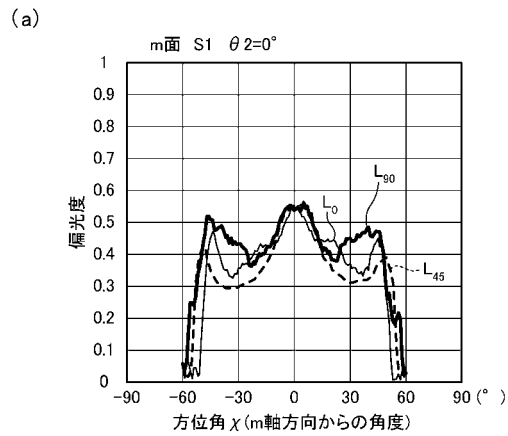
【 図 3 8 】



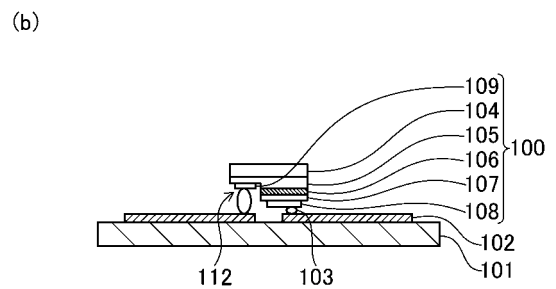
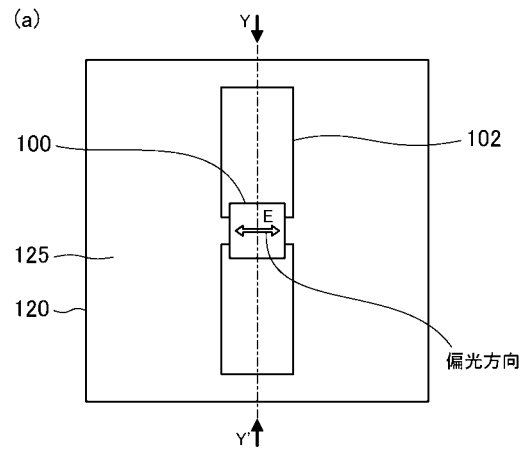
【 図 3 9 】



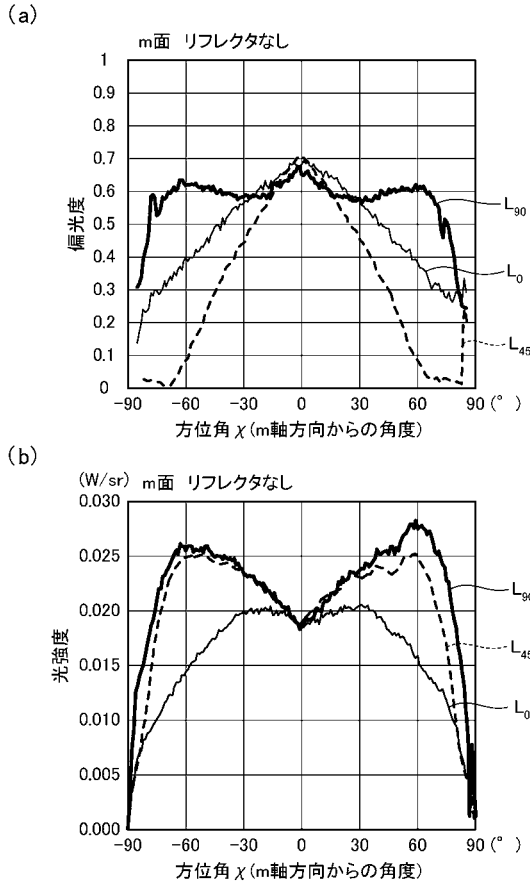
【 図 4 0 】



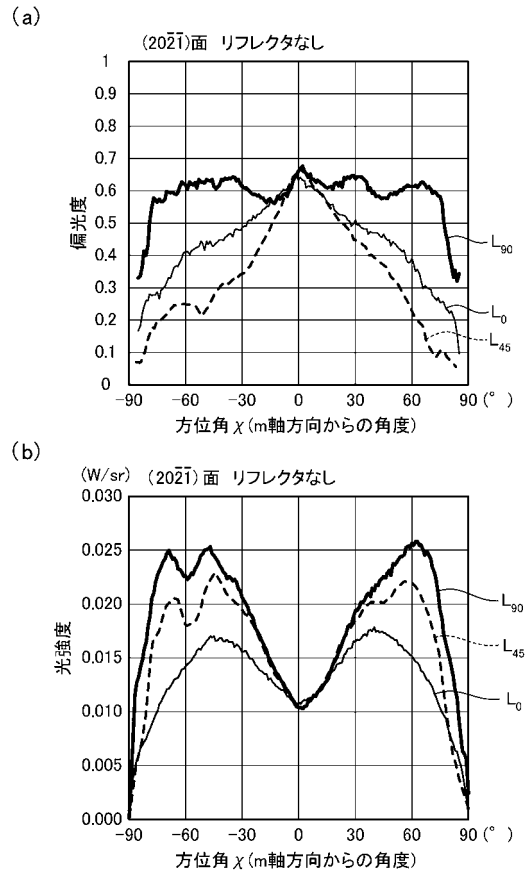
【 図 4 1 】



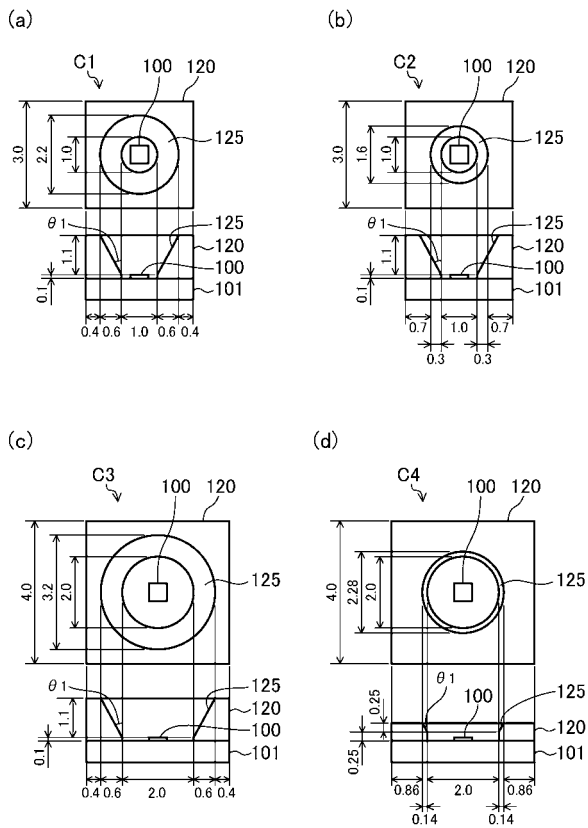
【 図 4 2 】



【 図 4 3 】



【 図 4 4 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2009-038292(JP,A)
特開2009-038293(JP,A)
特開2008-288394(JP,A)
特開2010-238837(JP,A)
特開2005-150624(JP,A)
国際公開第2012/020559(WO,A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01L33/00-33/64