

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5949294号  
(P5949294)

(45) 発行日 平成28年7月6日(2016.7.6)

(24) 登録日 平成28年6月17日(2016.6.17)

(51) Int. Cl.	F I
HO 1 L 33/38 (2010.01)	HO 1 L 33/38
HO 1 L 33/10 (2010.01)	HO 1 L 33/10
HO 1 L 33/42 (2010.01)	HO 1 L 33/42
HO 1 L 33/40 (2010.01)	HO 1 L 33/40
HO 1 L 33/48 (2010.01)	HO 1 L 33/48

請求項の数 15 (全 26 頁)

(21) 出願番号	特願2012-173449 (P2012-173449)	(73) 特許権者	000226057
(22) 出願日	平成24年8月3日(2012.8.3)		日亜化学工業株式会社
(65) 公開番号	特開2014-44971 (P2014-44971A)		徳島県阿南市上中町岡491番地100
(43) 公開日	平成26年3月13日(2014.3.13)	(74) 代理人	100074354
審査請求日	平成27年3月31日(2015.3.31)		弁理士 豊栖 康弘
(31) 優先権主張番号	特願2011-189889 (P2011-189889)	(74) 代理人	100104949
(32) 優先日	平成23年8月31日(2011.8.31)		弁理士 豊栖 康司
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	(72) 発明者	楠瀬 健
(31) 優先権主張番号	特願2012-168944 (P2012-168944)		徳島県阿南市上中町岡491番地100
(32) 優先日	平成24年7月30日(2012.7.30)		日亜化学工業株式会社内
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	(72) 発明者	東 直樹
			徳島県阿南市上中町岡491番地100
			日亜化学工業株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体発光素子

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

活性領域を含む半導体構造と、  
前記半導体構造の上面に形成される透光性導電層と、  
前記透光性導電層の上面に形成される誘電体膜と、  
前記誘電体膜の上面に形成される金属反射層と、  
を備える半導体発光素子であって、  
前記誘電体膜は、前記透光性導電層を部分的に表出させるように、1以上の開口部を設けており、  
前記透光性導電層は、前記開口部を介して前記金属反射層と電気的に接合されており、  
前記開口部の底面及びその周壁である前記誘電体膜の側面を被覆するように、部分的にバリア層が形成され、該バリア層が前記透光性導電層と金属反射層との間に介在されており、  
前記誘電体膜の側面に設けられた前記バリア層の厚さが、前記開口部において上部で狭く、下部で広くなるように構成してなることを特徴とする半導体発光素子。

【請求項2】

請求項1に記載の半導体発光素子であって、  
前記誘電体膜が多層からなることを特徴とする半導体発光素子。

【請求項3】

請求項1又は2に記載の半導体発光素子であって、

前記金属反射層が、アルミニウム又はその合金からなることを特徴とする半導体発光素子。

【請求項 4】

請求項 1 から 3 のいずれかーに記載の半導体発光素子であって、  
前記バリア層が、Au、Ag、Pt、Pd、Rh、Ir、Ru、Osの群からなる少なくとも一の金属またはその合金からなることを特徴とする半導体発光素子。

【請求項 5】

請求項 1 から 4 のいずれかーに記載の半導体発光素子であって、  
さらに前記バリア層と透光性導電層の間にTi、Ni、Cr、Moの群からなる少なくとも一の金属またはその合金からなる密着層を有することを特徴とする半導体発光素子。

10

【請求項 6】

請求項 1 から 5 のいずれかーに記載の半導体発光素子であって、  
前記透光性導電層が、ITOで構成されてなることを特徴とする半導体発光素子。

【請求項 7】

請求項 1 から 6 のいずれかーに記載の半導体発光素子であって、  
前記バリア層は、その膜厚が前記誘電体膜よりも薄く形成されてなることを特徴とする半導体発光素子。

【請求項 8】

請求項 1 から 7 のいずれかーに記載の半導体発光素子であって、  
前記バリア層が、前記開口部内にのみ形成されてなることを特徴とする半導体発光素子

20

【請求項 9】

請求項 1 から 8 のいずれかーに記載の半導体発光素子であって、  
前記誘電体膜が、開口部を除いて前記半導体構造のほぼ全面に形成されてなることを特徴とする半導体発光素子。

【請求項 10】

請求項 1 から 9 のいずれかーに記載の半導体発光素子であって、  
前記透光性導電層が、前記半導体構造のほぼ全面に形成されてなることを特徴とする半導体発光素子。

【請求項 11】

30

請求項 1 から 10 のいずれかーに記載の半導体発光素子であって、  
前記誘電体膜で、前記半導体構造の側面を被覆してなることを特徴とする半導体発光素子。

【請求項 12】

請求項 1 から 11 のいずれかーに記載の半導体発光素子であって、さらに、  
前記金属反射層の上面に形成されるパッド電極を備え、  
前記パッド電極を構成するn側電極が、複数に分割された小径化電極として、分散して配置されてなることを特徴とする半導体発光素子。

【請求項 13】

請求項 12 に記載の半導体発光素子であって、  
前記金属反射層で、前記半導体構造の側面を被覆してなることを特徴とする半導体発光素子。

40

【請求項 14】

請求項 13 に記載の半導体発光素子であって、さらに、  
前記半導体構造の側面を被覆する前記金属反射層は、前記半導体構造を構成するn型半導体層を被覆してなり、  
かつ前記半導体構造を構成するp型半導体層を被覆する第二金属反射層と離間されてなることを特徴とする半導体発光素子。

【請求項 15】

請求項 14 に記載の半導体発光素子であって、さらに、

50

前記半導体構造の側面を被覆する前記金属反射層の上面に、さらに電極絶縁膜を設けており、

前記電極絶縁膜は、前記金属反射層及び第二金属反射層の離間された領域を覆うように延長されてなり、

さらに該電極絶縁膜の上面に、前記パッド電極として、n側パッド電極及びp側パッド電極が離間されて設けられてなることを特徴とする半導体発光素子。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、窒化物半導体発光素子等の半導体発光素子に関する。

10

【背景技術】

【0002】

半導体発光素子は、小型で電力効率が良く鮮やかな色の発光をする。また、半導体素子である発光素子は球切れ等の心配がない。さらに初期駆動特性が優れ、振動やオン・オフ点灯の繰り返しに強いという特徴を有する。このような優れた特性を有するため、発光ダイオード(Light Emitting Diode:以下「LED」ともいう。)、レーザーダイオード(Laser Diode:以下「LD」ともいう。)等の半導体発光素子は、各種の光源として利用されている。特に近年は、蛍光灯に代わる照明用の光源として、より低消費電力で長寿命の次世代照明として注目を集めており、更なる発光出力の向上及び発光効率の改善が求められている。

20

【0003】

GaN系発光素子においては、ITO等の透光性電極と誘電体反射膜を組み合わせた反射型電極が利用されている。特にGaNをベースにしたフリップチップ型のLEDダイスは、アッセンブリにワイヤを使用しないという特徴から、パッケージの小型化が可能であり、LEDダイスの集積化による輝度向上や、コスト低減等が期待される。また、ワイヤ切れの心配が無いことや、発光面からの放熱が容易なことから、高電流使用時の信頼性が高く、車載用途にも使用されている。

【0004】

また最近では、より取り出し効率出力を高めるための構造が研究されており、例えば反射効率を向上させるため、ITOと金属電極を組み合わせたものから、誘電体反射膜を組み合わせた構造、更には誘電体と金属反射層を組み合わせた構造も提案されている。今後は、照明分野への展開等も期待されるが、そのためには更なる取り出し効率の向上、コストダウンが必要となる。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2009-164423号公報

【特許文献2】特開2005-197289号公報

【特許文献3】特開2005-45038号公報

【特許文献4】特開2005-191326号公報

40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

このような背景から、透明電極であるITOと、誘電体多層膜であるDBR(Distributed Bragg Reflector)を組み合わせた発光素子が提案されている。誘電体多層膜は角度依存性を持つため、Al等の金属反射膜を組み合わせることで、取り出し効率の向上が図られる。

【0007】

一方で、半導体素子そのものを効率よく発光させるためには、p型層の全面に電流を拡散させる必要がある。このような電流拡散に適した材質には、GaN層とのオーミック性

50

に優れ、透過率が高いことから、上述の通りITOが一般的に使用される。本発明者らは、ITOと誘電体膜を組み合わせた反射型電極構造を備えるフリップチップ型の発光素子を先に開発した(特許文献1)。この特許文献1に係る発光素子の断面図を図29A、Bに示す。この図に示す発光素子は、ITO膜2913と金属電極層2923の間に、 $Nb_2O_5/SiO_2$ の3ペア構造からなる誘電体膜294を挿入している。誘電体膜294には、複数の開口部2921が形成されており、開口部2921を通じて金属電極層2923との導通を確保する。さらに誘電体膜294は上述の通り角度依存性を持つため、その下面、すなわちITO膜2913との間に $SiO_2$ 、 $Al_2O_3$ 等、同じく誘電体膜からなる全反射作用を利用した反射層2916を組み合わせている。このように誘電体膜294に反射層2916を組み合わせた反射構造2920とすることで、発光層298から発される斜め成分の光に対しても高反射率を維持でき、光取り出し面2918からの高い取り出し効率を実現できる。またこの発光素子に、さらにボンディング用のパッド電極を追加すれば、パッド電極によって、フリップチップでAu-Sn等を用いた共晶接合により実装基板上に実装することができる。

10

**【0008】**

さらに、本願出願人が先に開発した他の発光素子の断面図を図30に示す。この発光素子は、ITO膜3013の上面に設ける誘電体膜304上に、Al等の金属反射層3022と絶縁性の誘電体膜3028を積層し、垂直方向の取り出し効率を高めた構造としている。また図30の発光素子に、さらに金属電極層3023上にボンディング用のパッド電極303を追加し、周囲を保護膜3014で被覆した構造を図31の断面図に示す。しかしながら、この構造では、誘電体膜304に金属製、すなわち導電性の反射層を付加した反射構造3020を用いているため、端面の露出部分や、絶縁膜が形成不良となった部分等、絶縁が不十分な領域において、反射構造が有する導電性によって、意図しない導通が生じることがあった。このため、PNギャップ間において意図しない短絡が発生することを避ける必要があることから、PNギャップを跨いで発光素子の全面を反射構造3020で覆うことができず、反射構造3020の成膜エリアはP層、N層上に離れて形成されてしまう。この結果、発光素子において反射構造3020で被覆されない領域が必然的に存在することとなる。

20

**【0009】**

一般にフリップチップ型の発光素子では、半導体発光素子の成長基板305であるサブファイア基板の、半導体層を成長させる成長面の裏面側を光の出射面すなわち光取り出し面3018としている。このため、成長面側において反射構造3020で被覆されない領域が存在すると、ここから光が漏れ、例えば発光素子のパッケージとダイスとの間で反射される等して、外部に有効に取り出すことができないという問題があった。この様子を説明するため、図31の発光素子を実装基板309上にフリップチップ実装した状態において、発光層308の光が反射される様子を図32に示す。この図に示すように、発光層308から出射される光は、反射構造3020で反射される成分(図32において右側の矢印で示す成分)は光取り出し面3018から有効に取り出すことができるものの、反射されない成分は、例えば実装基板309の実装面で反射された後、金属層など、発光素子の内部で吸収されてしまうことが生じる(図32において左側の矢印で示す成分)。

30

40

**【0010】**

このような問題に対し、本発明者らは図33の断面図に示すように、ITO膜3313に誘電体膜334を設けつつ、直接金属反射層3322を接合させ、p側電極に高反射率の金属反射膜を用いてパッド電極333と接続する構成を検討した。しかしながら、金属反射層3322にAlを用いると、AlとITO膜3313との接触面において、導通時に接触電位差によって腐食を生じてしまい、Alが酸化して反射率が低下することが判明した。またAgを用いても、イオンマイグレーションを生じて同様に劣化した。このように、高反射率の金属反射層が劣化するため、高い信頼性が求められる照明等の分野においては利用困難であることが明らかとなった。

**【0011】**

50

本発明は、更にこのような問題点を解消するためになされたものである。本発明の主な目的は、取り出し効率を高めつつ、素子の信頼性にも優れた半導体発光素子を提供することにある。

【課題を解決するための手段及び発明の効果】

【0012】

上記の目的を達成するために、本発明の第1の半導体発光素子は、活性領域を含む半導体構造と、前記半導体構造の上面に形成される透光性導電層と、前記透光性導電層の上面に形成される誘電体膜と、前記誘電体膜の上面に形成される金属反射層と、を備える半導体発光素子であって、前記誘電体膜は、前記透光性導電層を部分的に表出させるように、1以上の開口部を設けており、前記透光性導電層は、前記開口部を介して前記金属反射層と電氣的に接合されており、前記開口部の底面及びその周壁である前記誘電体膜の側面を被覆するように、部分的にバリア層が形成され、該バリア層を前記透光性導電層と金属反射層との間に介在させており、前記誘電体膜の側面に設けられた前記バリア層の厚さが、前記開口部において上部で狭く、下部で広くなるように構成することができる。これにより、透光性導電層と金属反射層とが直接接触する事態を、バリア層を介在させることで避け、金属反射層の劣化を防止して窒化物系化合物半導体発光素子の信頼性を高めることができる。また、この構成によれば金属反射層が導電体としての機能に加え、出力光を反射させる機能も有することができ、高い光出力を達成できる。

10

【0013】

また第2の半導体発光素子は、前記誘電体膜が多層からなることが好ましい。誘電体多層膜は角度依存性を持つため、斜め成分の光に対しても高反射率を維持でき、高い取り出し効率を実現できる。

20

【0014】

さらに第3の半導体発光素子は、前記金属反射層を、アルミニウム又はその合金で構成できる。これによって、反射率の高い金属を利用しつつ、透光性導電層との接触による劣化をバリア層で抑制できる。

【0015】

さらにまた第4の半導体発光素子は、前記バリア層を、Au、Ag、Pt、Pd、Rh、Ir、Ru、Osの群からなる少なくとも一の金属またはその合金で構成することができる。

30

さらにまた第5の半導体発光素子は、前記バリア層と透光性導電層の間にTi、Ni、Cr、Moの群からなる少なくとも一の金属またはその合金からなる密着層を有してもよい。

【0016】

さらにまた第6の半導体発光素子は、前記透光性導電層をITOで構成することができる。

【0017】

さらにまた第7の半導体発光素子は、前記バリア層の膜厚を前記誘電体膜よりも薄く形成することができる。

【0018】

さらにまた第8の半導体発光素子は、前記バリア層を、前記開口部内にのみ形成することができる。

40

【0019】

さらにまた第9の半導体発光素子は、前記誘電体膜を、開口部を除いて前記半導体構造のほぼ全面に形成することができる。

【0020】

さらにまた第10の半導体発光素子は、前記透光性導電層を、前記半導体構造のほぼ全面に形成することができる。これにより、電流を半導体構造の全体に均一に拡散させることができる。

【0021】

50

さらにまた第11の半導体発光素子は、前記誘電体膜で、前記半導体構造の側面を被覆することができる。これにより、活性層端から横方向に出てくる光を効率良くサファイア面より取り出すことが可能となる。

【0022】

さらにまた第12の半導体発光素子は、さらに前記金属反射層の上面に形成されるパッド電極を備え、前記パッド電極を構成するn側電極を、複数に分割された小径化電極として、分散して配置することができる。これによって、n側電極を小径化して光の吸収を低減し、取り出し効率を向上できる。また分散して配置することで、発光分布を均一化すると共に、順方向電圧を低減してリニアリティも改善できる。

【0023】

さらにまた第13の半導体発光素子は、前記金属反射層で、前記半導体構造の側面を被覆することができる。

【0024】

さらにまた第14の半導体発光素子においては、さらに前記半導体構造の側面を被覆する前記金属反射層は、前記半導体構造を構成するn型半導体層を被覆してなり、かつ前記半導体構造を構成するp型半導体層を被覆する第二金属反射層と離間させることができる。

【0025】

さらにまた第15の半導体発光素子は、さらに前記半導体構造の側面を被覆する前記金属反射層の上面に、さらに電極絶縁膜を設けており、前記電極絶縁膜は、前記金属反射層及び第二金属反射層の離間された領域を覆うように延長されてなり、さらに該電極絶縁膜の上面に、前記パッド電極として、n側パッド電極及びp側パッド電極が離間させて設けることができる。これにより、n側パッド電極とp側パッド電極とを立体配線構造として、より広い面積でパッド電極を設けることができ、共晶での実装で接合面積を大きく取ることができ、放熱性において有利となる。

【図面の簡単な説明】

【0026】

【図1】実施例1に係る発光装置の概略断面図である。

【図2】図1に示す半導体発光素子を示す断面図である。

【図3】図2に示す誘電体膜の積層構造を示す拡大断面図である。

【図4】実施例2に係る半導体発光素子を示す模式断面図である。

【図5】実施例2を構成する半導体発光素子の平面図である。

【図6A】図5のV I - V I線における断面図である。

【図6B】開口部にバリア層を設けた上で直接金属反射層を成長させた例を示す模式断面図である。

【図7】図5のV I I - V I I線における断面図である。

【図8】実施例2に係る半導体発光素子と比較例とで光出力と順方向電圧を比較した結果を示すグラフである。

【図9】実施例3に係る半導体発光素子を示す断面図である。

【図10】図9の半導体発光素子の製造方法を示すフローチャートである。

【図11】図11A ~ Eは図9の半導体発光素子の製造方法を示す断面図である。

【図12】図12F ~ Iは図9の半導体発光素子の製造方法を示す断面図である。

【図13】実施例4に係る半導体発光素子を示す断面図である。

【図14】実施例4に係る半導体発光素子を示す断面図である。

【図15】実施例4に係る半導体発光素子を示す断面図である。

【図16】実施例4に係る半導体発光素子を示す断面図である。

【図17】実施例4に係る半導体発光素子を示す断面図である。

【図18】実施例4に係る半導体発光素子を示す断面図である。

【図19】実施例4に係る半導体発光素子を示す断面図である。

【図20】実施例4に係る半導体発光素子を示す断面図である。

10

20

30

40

50

【図 2 1】実施例 4 に係る半導体発光素子を示す断面図である。

【図 2 2】実施例 5 に係る半導体発光素子を示す断面図である。

【図 2 3】実施例 6 に係る半導体発光素子を示す断面図である。

【図 2 4】図 2 3 の X X I V - X X I V 線における水平断面図である。

【図 2 5】実施例 7 に係る発光素子の平面図である。

【図 2 6】図 2 5 の X X V I - X X V I 線における垂直断面図である。

【図 2 7】実施例 8 に係る発光素子の平面図である。

【図 2 8】図 2 7 の X X V I I I - X X I I I 線における断面図である。

【図 2 9】図 2 9 A は従来の半導体発光素子を示す断面図、図 2 9 B は図 2 9 A の丸で囲んだ部分を示す拡大断面図である。

10

【図 3 0】従来の、透光性電極に誘電体及び金属反射層よりなる反射膜を用いた半導体発光素子を示す断面図である。

【図 3 1】従来の他の半導体発光素子を示す断面図である。

【図 3 2】図 3 1 の半導体発光素子における P N ギャップ間からの漏れ光による光のロスを示す垂直断面図である。

【図 3 3】本発明者らが試作した I T O に直接反射膜を接合させた構造を示す垂直断面図である。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 2 7 】

以下、本発明の実施例を図面に基づいて説明する。ただし、以下に示す実施例は、本発明の技術思想を具体化するための、半導体発光素子を例示するものであって、本発明は、半導体発光素子を以下のものに特定しない。ただ、特許請求の範囲に示される部材を、実施例の部材に特定するものでは決してない。特に実施例に記載されている構成部品の寸法、材質、形状、その相対的配置等は特に特定の記載がない限りは、本発明の範囲をそれのみに限定する趣旨ではなく、単なる説明例にすぎない。なお、各図面が示す部材の大きさや位置関係等は、説明を明確にするため誇張していることがある。さらに以下の説明において、同一の名称、符号については同一もしくは同質の部材を示しており、詳細説明を適宜省略する。さらに、本発明を構成する各要素は、複数の要素を同一の部材で構成して一の部材で複数の要素を兼用する態様としてもよいし、逆に一の部材の機能を複数の部材で分担して実現することもできる。また、本明細書において、層上等でいう「上」とは、必ずしも上面に接触して形成される場合に限られず、離間して上方に形成される場合も含んでおり、層と層の間に介在層が存在する場合も包含する意味で使用される。さらにまた、一部の実施例、実施形態において説明された内容は、他の実施例、実施形態等に利用可能なものもある。

20

30

(実施例 1)

【 0 0 2 8 】

本発明の実施例 1 に係る発光装置 1 を図 1 の断面図に示す。この図の発光装置 1 に搭載される発光素子 1 0 は、窒化物半導体素子の一例である L E D チップを採用しており、この L E D チップを配線基板 9 の一であるサブマウント上にフリップチップ実装している。フリップチップ実装とは、電極形成面と対向する成長基板 5 側を主光取出し面とする実装方式であり、フェイスダウン実装とも呼ばれる。図 1 の発光素子 1 0 は、フリップチップ実装であることを示すため、上下逆に表示している。

40

【 0 0 2 9 】

図 2 は、図 1 の発光素子 1 0 であって、フリップチップ実装する前の状態、すなわち成長基板 5 を最下層にして、その上方に半導体構造 1 1 を積層した状態を示す概略断面図である。実際の発光装置の製造工程では、成長基板 5 の上面に各層が積層された窒化物半導体素子を上下逆にして図 1 のように実装する。以下、図 2 を用いて発光素子 1 0 の概略を説明する。また、図 1 の発光素子 1 0 において、図 2 に示す発光素子 1 0 と同様の構成には同一の符号を付して適宜説明を省略する。

【 0 0 3 0 】

50

図2に示す半導体発光素子10は、成長基板5と、その上面に成長された半導体構造11と、半導体構造11に電氣的に接続された電極で構成される。半導体構造11は、第一半導体層と、活性領域8と、第二半導体層とを備える。例えば第一半導体層をn型半導体層6とする場合、第二半導体層はp型半導体層7となる。また活性領域8は、発光層に相当する。活性領域8が発する光の中心波長は、例えば360nm~650nmとする。

【0031】

発光素子10は、活性領域8を有する半導体構造11を備える。図2の発光素子10では、対向する一对の主面を有する成長基板5の一方の主面上に、半導体構造11としての窒化物半導体層を積層して形成されている。具体的に、発光素子10は、成長基板5の上面側に、第一半導体層であるn型半導体層6、活性領域8、第二半導体層であるp型半導体層7とを順に備える窒化物半導体構造11が積層されている。また、n型半導体層6及びp型半導体層7には、電氣的に接続される第一電極としてn側パッド電極3A及び第二電極としてp側パッド電極3Bを各々備える。発光素子10は、n側パッド電極3A及びp側パッド電極3Bを介して、外部より電力が供給されると、活性領域8から光を放出し、図2における成長基板5の下面側から、主に光が取り出される。すなわち図2の発光素子10では、成長基板5において、電極3A、3Bの装着面側(図2の上側)と対向する他方の主面側(図2の下側)を主な光取り出し面18とする。

(誘電体膜4)

【0032】

さらに、n側パッド電極3A、p側パッド電極3Bからなる一組の電極3は、誘電体膜4をそれぞれ有する。図3に、図2の太字の円に示す誘電体膜4の近傍における拡大断面図を示す。図3に示すように、誘電体膜4は、屈折率の異なる2種以上の材料膜4n、4mからなる1組の誘電体4aを、複数組にわたって積層させた多層構造である。誘電体膜4の詳細な構造については後述するが、誘電体膜4は、半導体構造11と電極3との間の少なくとも一部に設けられており、所定の波長光を選択的に反射できる。誘電体膜4は、互いに離間して形成することもできる。また、誘電体膜4は、SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>等の単層膜としてもよい。単層膜の場合は光が反射せずに透過するため、特に非フリップチップ型の実装方法であるフェイスアップ型の半導体素子では、誘電体膜4の形成面における光取り出し効率が向上する。

(発光素子10)

【0033】

発光素子10として、例えば図2に示すLEDのような窒化物半導体素子では、成長基板5であるサファイア基板の上に、第一窒化物半導体層であるn型半導体層6、活性領域8である発光層、第二窒化物半導体層であるp型半導体層7を順にエピタキシャル成長させた窒化物半導体構造11と、さらに窒化物半導体構造11の上に形成された透光性導電層13とを有する。また誘電体層4と透光性導電層13との間には、反射層16が設けられる。この反射層16も、SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>等の誘電体膜で構成され、全反射作用を発揮する。このように誘電体膜4に反射層16を組み合わせた反射構造とすることで、斜め成分の光に対しても高反射率を維持でき、高い取り出し効率が実現できる。

【0034】

続いて、活性領域8およびp型半導体層7の一部を選択的にエッチング除去して、n型半導体層6の一部を露出させ、さらにn側パッド電極3Aを形成している。またn側パッド電極3Aと同一面側であって、透光性導電層13上には、p側パッド電極3Bが形成される。さらに、n側パッド電極3A及びp側パッド電極3Bの所定の表面のみを露出し、他の部分は絶縁性の保護膜14で被覆される。なお、n側パッド電極3Aは、n型半導体層6の露出領域に、透光性導電層13を介して形成してもよい。以下に半導体発光素子10の各構成要素に関して、具体的に説明する。

(成長基板5)

【0035】

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

10

20

30

40

50

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

(半導体構造11)

【0036】

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

(発光素子構造)

【0037】

半導体構造11による発光素子構造は、後述する第一導電型 (n型)、第二導電型 (p型) 層との間に活性領域8を有する構造が、出力、効率上好ましいが、それに限定されず後述する構造など、その他の発光構造でも良い。各導電型層に、絶縁、半絶縁性、逆導電型構造が一部に設けられても良く、またそれらが第一、二導電型層に対し付加的に設けられた構造でも良く、別の回路構造、例えば保護素子構造、を付加的に有しても良く、また、上記基板が発光素子の導電型の一部を担う構造でも良い。

【0038】

半導体構造11に設けられる電極は、実施例及び以下で説明する一方の主面側に第一導電型 (n型)、第二導電型 (p型) 層の電極が設けられる構造が好ましいが、それに限定されず半導体構造の各主面に対向して各々電極が設けられる構造、例えば上記基板除去構造において除去側に電極を設ける構造としても良い。

【0039】

また、半導体構造11の構造としては、MIS接合、PIN接合やPN接合を有したホモ接合構造、ヘテロ接合構造あるいはダブルヘテロ接合構造のものが挙げられる。また、各層を超格子構造としたり、発光層である活性領域8を量子効果が生ずる薄膜に形成させた量子井戸構造とすることもできる。

(窒化物半導体構造)

【0040】

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

【0041】

10

20

30

40

50

成長基板 5 上に、バッファ層などの窒化物半導体の下地層、例えば低温成長薄膜 GaN と GaN 層、を介して、n 型窒化物半導体層、例えば Si ドープ GaN の n 型コンタクト層と GaN / InGaN の n 型多層膜層、p 型窒化物半導体層、例えば Mg ドープの InGaN / AlGaIn の p 型多層膜層と Mg ドープ GaN の p 型コンタクト層を有し、さらにその p 型、n 型層の間に活性領域 8 を有する構造を用いる。

#### 【0042】

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

10

#### 【0043】

井戸層の組成は InGaIn が、可視光・近紫外域に好適に用いられ、その時の障壁層の組成は、GaN、InGaIn が良い。井戸層の膜厚は、好ましくは 1 nm 以上 30 nm 以下、より好ましくは 2 nm 以上 20 nm 以下である。

20

#### 【0044】

次に、p 型半導体層 7 の表面に所定の形状をなすマスクを形成し、p 型半導体層 7 及び発光層である活性領域 8 をエッチングする。これにより、所定の位置の n 型半導体層 6 を構成する n 型コンタクト層が露出される。

(透光性導電層 13)

#### 【0045】

透光性導電層 13 は、n 型半導体層 6、p 型半導体層 7 上にそれぞれ形成される。図 2 の例では、p 型半導体層 7 及び露出した n 型半導体層 6 のほぼ全面に透光性導電層 13 が形成されることにより、電流を p 型半導体層 7 全体に均一に広げることができる。また、導電層が透光性を備えることで、さらにこの上に誘電体膜 4 を設けることができる。なお本明細書においてほぼ「全面に形成」とは、半導体構造の上方に形成されていることを言う。

30

#### 【0046】

透光性導電層 13 は、透明電極など数々の種類があるが、好ましくは Zn、In、Sn よりなる群から選択された少なくとも一種の元素を含む酸化物とする。具体的には、ITO、ZnO、 $In_2O_3$ 、 $SnO_2$  等、Zn、In、Sn の酸化物を含む透光性導電層 13 を形成することが望ましく、好ましくは ITO を使用する。これにより当接する部材と良好なオーミック接触を得られる。あるいは Ni、Au、Pt 等の金属からなる 3 nm 程度の薄膜の金属膜、その他の金属の酸化物、窒化物、それらの化合物、光透過構造やこれらの複合物でもよい。このように透光性導電層 13 は、各導電型層、例えば p 型半導体層 7 のほぼ全面に形成され、電流を全体に均一に広げることができる。

40

#### 【0047】

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

#### 【0048】

ここでは透光性導電層 13 である ITO の膜厚を 700 nm とする。また誘電体膜 4 は、図 3 の拡大断面図に示すように、ITO 膜の上に反射層 16 として、厚膜の  $SiO_2$ 、 $Al_2O_3$ 、 $Nb_2O_5$  等を形成した上で、 $Nb_2O_5/SiO_2/Nb_2O_5/SiO_2/Nb_2O_5$

50

/  $\text{SiO}_2$  のように ( $\text{Nb}_2\text{O}_5 / \text{SiO}_2$ ) を 3 ペアで構成し、膜厚を発光波長に合わせて調整するのが好ましい。バリア層 24 としては Rh を 100 成膜する。金属反射層 22 とパッド電極 3 は積層構造で、Al - Cu 合金 / Ti / Pt / Au の構造となる。バリア層 24 に Ag を用いると吸収が低減され、更に取り出し効率が向上する。

(誘電体膜 4)

【0049】

誘電体膜 4 は、反射層 16 上に屈折率の異なる 2 種類の誘電体層を 2 ~ 5 ペア、好ましくは 3 ~ 4 ペア積層して構成する。また誘電体膜 4 の総膜厚は 0.2 ~ 1  $\mu\text{m}$  が好ましく、0.3 ~ 0.6  $\mu\text{m}$  がより好ましい。これにより、誘電体膜 4 の干渉作用による光透過率の急峻な谷の発生を抑制でき、連続した高反射率な波長域を増大させることができる。この結果、誘電体膜 4 の中心波長を光源の発光ピーク波長よりも長波長側にずらしても、垂直入射の反射率の減少を抑止できる。つまり、入射角を持って誘電体膜 4 へと入射した光源の入射成分のみならず入射角の小さい入射成分をも反射可能となり、相対的に発光素子の光出力が向上する。好適には、誘電体膜 4 は  $\text{SiO}_2$  と  $\text{Nb}_2\text{O}_5$  のペアで構成する。この誘電体膜 4 は、波長及び方向依存による反射機能を発揮する。また誘電体膜 4 は、半導体発光素子 10 の電極形成側の面のほぼ全面に形成することが好ましい。

10

【0050】

また誘電体膜 4 で、半導体構造 11 の側面、さらには n 電極と p 電極の間を被覆することが好ましい。これにより、PNギャップ間での光のリークを抑制できる。

(開口部 21)

20

【0051】

また、誘電体膜 4 には、開口部 21 を設ける。開口部 21 は、図 2 の断面図に示すように、透光性導電層 13 を部分的に表出させる。この結果、透光性導電層 13 は、開口部 21 を介して金属反射層 22 及びパッド電極 3 と電気的に接合される。

(バリア層 24)

【0052】

バリア層 24 は、誘電体膜 4 が設けられていない開口部 21 に設けられて、開口部 21 で表出する透光性導電層 13 を被覆する。さらにこの上面を金属反射層 22 で被覆する。これによって、バリア層 24 が透光性導電層 13 と金属反射層 22 との間に介在されて、金属反射層 22 が直接透光性導電層 13 と接触する事態を回避でき、導通によって金属反射層 22 が透光性導電層 13 との接触面で劣化することを防止できる。このようなバリア層 24 には、Au、Ag、Pt、Pd、Rh、Ir、Ru、Os の群からなる少なくとも一の金属またはその合金からなる。好ましくは、Rh が好適に利用できる。またバリア層 24 の膜厚は、好ましくは誘電体膜 4 よりも薄く形成する。

30

【0053】

バリア層 24 はスパッタリングや無電界めっき、蒸着等によって形成できる。スパッタリングでは、U 字状に湾曲する。一方、無電界めっきでは、フラットに形成できる。

【0054】

また、バリア層 24 と透光性導電層 13 の間に Ti、Ni、Cr、Mo の群からなる少なくとも一の金属またはその合金からなる密着層を有してもよい。この密着層によって、バリア層 24 と透光性導電層 13 との密着性が向上する。密着層は 0.3 ~ 50 nm、好ましくは 0.3 ~ 3 nm である。密着層の膜厚が薄い場合、活性領域 8 からの光は密着層を通過してバリア層 24 で反射されるため、バリア層 24 の高反射率の特性を利用でき、出力が高い。このとき、特に、バリア層は Rh が好適に利用できる。

40

(金属反射層 22)

【0055】

一方、金属反射層 22 は、バリア層 24 及び透光性導電層 13 を介して、半導体構造 11 を構成する n 型層、p 型層と電気的に接続される。このように金属反射層 22 は、導電層としての機能に加え、出力光を反射させる機能も奏することができる。この構造によって、半導体発光素子 10 は取り出し効率を高め、かつ信頼性を向上させることができる。

50

金属反射層 2 2 は、Al、Cu、Au、Pt、Pd、Rh、Ni、W、Mo、Cr、Ti よりなる群から選択される。好適には、アルミニウム又はその合金とする。

【0056】

金属反射層 2 2 とパッド電極 3 とは個別に形成してもよい。金属反射層 2 2 は Al 若しくはその合金を用いる。また金属反射層 2 2 は発光領域のほぼ全面に形成する。パッド電極 3 は金属反射層 2 2 と異なるパターンで形成する場合は、フリップチップ実装時に使用する基板配線に合わせた設計が可能となる。この場合、パッド電極 3 の形成されていない領域には、絶縁性確保の為に SiO<sub>2</sub> からなる保護膜 1 4 を設ける。

【0057】

一方でバリア層 2 4 が、各開口部 2 1 内にそれぞれ形成されている。このバリア層 2 4 は、開口部 2 1 内にのみ形成されており、またバリア層 2 4 と開口部 2 1 との個数は同じである。図 2 の例では、誘電体膜 4 とバリア層 2 4 のパターニングを同一のマスクで行い、パッド電極 3 と金属反射層 2 2 を同一のパターンで形成する。この結果、誘電体膜 4 の開口部 2 1 に正確にバリア層 2 4 を形成することができ、マスクを共通化してコストを削減すると共に、マスクの位置合わせ作業も一度で済む。特にバリア層 2 4 のパターンを誘電体膜 4 と同じマスクで行うことで、位置ずれが発生せず、歩留まりが向上して高品質な製品とできる。また作業を連続的に行えることから、製造工程も簡素化できる。また、位置ずれに対してのマージンをバリア設計に考慮しなくても良いので、金属反射層の有効面積を上げることができ、取り出し効率が向上する。

【0058】

このように、誘電体膜 4 に形成した開口部 2 1 の内部に開口径に合わせたバリア層 2 4 を形成することで、透光性導電層 1 3 と金属反射層 2 2 との直接の接触を回避しつつ、金属反射層 2 2 として反射率の高い金属を利用できる。また誘電体膜 4 と金属反射層 2 2 とを分離することにより、誘電体膜 4 を半導体発光素子 1 0 の全面に形成することを可能としている。この結果、PNギャップ間の光の漏れを低減することが可能となる。またバリア層 2 4 として、更に高反射の Ag 系の材料を用いることで、取り出し効率の一層の向上が可能となる。このバリア層 2 4 は素子構造の内部に形成されるため、イオンマイグレーションも回避できる。

【0059】

以上説明した半導体発光素子 1 0 は、フリップチップ（フェイスダウン）で使用される。ただ、本発明はフリップチップ構造に限られず、フェイスアップ構成で用いることも可能である。

（実施例 2）

【0060】

さらに、パッド電極の上に共晶パッド電極を設けることもできる。この例を実施例 2 として図 4 ~ 図 7 に示す。これらの図において、図 4 は模式断面図を示している。また図 5 ~ 図 7 は、実際の層構成の一例であって、図 5 は平面図、図 6 A は図 5 の VI - VI 線における断面図、図 7 は図 5 の VII - VII 線における断面図を、それぞれ示している。これらの図に示す半導体発光素子 1 0 ' は、図 2 とほぼ同様の構成を備えており、同一の部材には同一の符号を付して詳細説明を省略する。図 4 において半導体発光素子 1 0 ' の表面には、パッド電極の形成された部分を除いて、絶縁性の保護膜 1 4 で被覆される。また開口部 2 1 に形成されるバリア層 2 4 は、図 4 の例では開口部 2 1 の底面のみ平板状に形成されているが、図 6 A に示すように、開口部 2 1 の底面から周壁にかけて凹状に形成することもできる。これにより、バリア層 2 4 と接する誘電体膜 4 の側面においても光を反射させることができる。さらに図 6 A において、パッド電極 3 の上面に共晶パッド電極 2 7 を設けている。

また開口部にバリア層を設けることで、その上に積層する金属反射層の断線を防止できるという利点も得られる。この様子を、図 6 B に基づいて説明する。図 6 B は、開口部 2 1 にバリア層 2 4 を設けた上で直接金属反射層 2 2 を成長させた例の模式断面図を示している。バリア層のない状態で開口部 2 1 に直接、金属反射層 2 2 を成長させると、金属反

10

20

30

40

50

射層 2 2 は垂直方向には成長するが横方向には成長し難く、特に誘電体膜 4 の側面と上面の境界であるエッジの部分で金属反射層 2 2 が部分的に薄くなることがある。この結果、金属反射層 2 2 の薄い部分では電気抵抗値が部分的に高くなり、電流が流れ難くなる。また、この部分で金属反射層 2 2 にバリが発生する等して物理的な接触不良や断線の可能性もあった。特に、誘電体膜 4 の側面が垂直に近くなる程、この状態が顕著となる。そこで、誘電体膜 4 の側面を図 6 A に示すように傾斜させることで、誘電体膜 4 のエッジ部分を鈍角にして開口部 2 1 の段差を緩やかにする。これにより、金属反射層 2 2 がこのエッジ部分で急峻に成長方向を変えられて薄くなる事態が低減されて、綺麗に金属反射層 2 2 を成膜できる。また、開口部 2 1 の底面にバリア層 2 4 を設け、開口部 2 1 の深さを浅くすることでも、エッジ部分で金属反射層 2 2 が部分的に薄くなることを軽減できる。

10

また、誘電体膜 4 の側面を傾斜させてエッジ部分を鈍角にすることに加えて、誘電体膜 4 の側面にバリア層 2 4 を設けることで、この角度をさらに大きくでき、鈍角を大きくすることで開口部 2 1 の段差を一層緩やかにして金属反射層 2 2 の信頼性を高める効果を一層改善できる。ただ本発明は、誘電体膜の側面を傾斜面に特定するものでなく、垂直面あるいは垂直面に近い角度として、誘電体膜側面のバリア層でもって開口部の段差を緩やかにする構成も採用できる。

さらに図 6 A のように、開口部 2 1 の底面のみならず、周壁にバリア層 2 4 を設けることでも、同様に誘電体膜 4 のエッジ部分で金属反射層 2 2 が薄くなる事態を低減できる。すなわち図 6 B に示すように、バリア層 2 4 を誘電体膜 4 のエッジ部分から開口部 2 1 の底面に向かって勾配させるように設けることでも、エッジ部分を鈍角にできるので、同様に金属反射層 2 2 が部分的に薄くなる事態を回避して綺麗に成膜できる。

20

具体的には、図 6 B に示すように、誘電体膜 4 の側面に設けられたバリア層 2 4 の傾斜面の角度  $\theta$  を、誘電体膜 4 の側面の傾斜角度  $\theta_0$  よりも大きくすることが好ましい。また、誘電体膜 4 の側面に設けられたバリア層 2 4 の厚さが、開口部 2 1 において上部で狭く（厚さ  $c$ ）、下部で広くなるように（厚さ  $d$ ）することが好ましい。下部の厚さ  $d$  は、例えばバリア層 2 4 の傾斜面を開口部 2 1 の底面側に向かって延長させた場合の、交点と誘電体膜 4 との距離で規定できる。

#### 【 0 0 6 1 】

ここで比較例として、図 5 の半導体発光素子の特性を図 3 1 の構造を用いた発光素子と比較した。これらの光出力と順方向電圧を比較した結果を、図 8 のグラフに示す。このグラフに示すように、光出力は向上が見られる一方で、順方向電圧が低下していることが確認され、実施例 2 に係る構造の有用性が裏付けられた。

30

#### （実施例 3）

#### 【 0 0 6 2 】

さらに半導体発光素子は、外部接続のためのパッド電極同士の間ギャップを設けることもできる。このような半導体発光素子 1 0 " を実施例 3 として図 9 に示す。ここで実施例 3 に係る半導体発光素子の製造方法について、図 1 0 のフローチャートと図 1 1 A ~ E、図 1 2 F ~ I の断面図に基づいて説明する。なおこれらの図においては、説明のためダイス単体を示しており、ウェハプロセス後のチップ化工程については省略している。大まかな手順としては、

40

ステップ S 1 : エピ受け入れ  
 ステップ S 2 : n 型層出し  
 ステップ S 3 : I T O オーミック電極形成  
 ステップ S 4 : 全面 D B R 成膜  
 ステップ S 5 : 開口部形成用レジストマスク形成  
 ステップ S 6 : D B R 膜ドライエッチ  
 ステップ S 7 : バリアメタル成膜  
 ステップ S 8 : リフトオフ  
 ステップ S 9 : パッド電極形成  
 となる。

50

## 【0063】

まず図11Aに示すようにGaN層を成長させると共に、図11Bに示すようにGaN層上にSiO<sub>2</sub>やレジスト等のマスクを形成し、RIE等によりnコンタクト用にn型半導体層6を露出させる。そしてRIEマスクを除去後、図11Cに示すように透光性導電層13としてITO電極を成膜して、パターニングを行う。ITO電極の成膜方法としては、蒸着やスパッタ等が上げられる。またパターニングに関しては、エッチング若しくはリフトオフが適宜選択可能である。次に、図11Dに示すように誘電体膜4を全面(半導体構造11の上方と側面の両方を含む。)に成膜する。膜形成方法としては、スパッタ及び蒸着等が利用できる。そして誘電体膜4の成膜後に、図11Eに示すように導通部に合わせて開口部21を設けたマスクMKをフォトリソにより形成する。そして、図12Fに示すように誘電体膜4のエッチングを行う。このエッチングはウェットエッチングやRIEによるドライエッチングが選択できる。またエッチング時に誘電体膜4にテーパを形成すれば、後の工程でリフトオフ作業を容易とできる。ドライエッチングの終了後、図12Gに示すようにマスクMKを除去せず、そのマスクMKをそのまま使用してバリア層24をリフトオフ形成する。バリア層24として用いる金属は、ITO電極との反応を避けるため、Au、Rh、Pt、Pd、Au、Ag等の仕事関数の高い金属が望ましい。このようにして、開口部21にバリア層24を形成した後、図12Hに示すようにマスクMKを除去し、さらに図12Iに示すようにAl若しくはその合金からなる金属反射層22と、接続用のパッド電極3A、3Bを形成する。

10

## 【0064】

このような手順によって、バリア層24の形成のためのマスクMKを、誘電体膜4に開口部21を形成するためのマスクMKと共通化でき、製造工数を低減できる。加えて、バリア層24形成時に開口部21に位置決めする作業が不要となり、高精度なバリア層24の成形が実現できる。

20

(実施例4)

## 【0065】

さらに、実施例4に係る半導体発光素子(図21の断面図)の製造手順を、図13~図21の断面図に示す。まず図13においては、半導体構造11をエピタキシャル成長させた後、n型半導体層6を構成するGaN層をエッチングして、露出させる。その上で、透光性導電層13としてITOを成膜する。次に図14において誘電体膜4(DBR)を形成し、さらに金属反射層22としてAl層を形成する。さらに図15でフォトリソグラフィなどによってマスクMKとしてレジスト層を形成して表面を被覆し、金属反射層22をエッチングする。次いで図16でレジスト層を除去し、さらに図17で絶縁膜を成膜する。さらに図18に示すように、フォトリソグラフィなどによってレジスト層を形成し、絶縁膜と誘電体膜4のエッチングを行う。次いで図19においてバリア層24を成膜し、図20でリフトオフを行いレジスト層を剥離させる。最後に図21でフォトリソグラフィを行い、バリア層24の上面にパッド電極としてAl層を成膜し、リフトオフによってレジスト層を除去する。このようにして、実施例4に係る半導体発光素子が製造される。

30

(実施例5)

## 【0066】

さらに、Al反射膜をより広い面積で設けることもできる。このような例を実施例5として図22の断面図に示す。図22の構造ではAl反射膜を多層配線にしてAl反射膜の隙間をなくしているため、光の漏れを抑制することができ、光出力の向上の面では有利となる。

40

(実施例6)

(共晶実装)

## 【0067】

また半導体発光素子は、共晶実装に対応させることもできる。このような例を実施例6として図23の断面図に示す。これらの図に示す発光素子は、まず成長基板5上にn型層を積層後、n型層の一部をエッチングして露出させ、透光性導電層13としてITO層を

50

積層する。さらにDBRとバリア層24を積層し、金属反射層22を形成後、電極絶縁膜26を設けて、最後に共晶パッド電極を積層する。

(n側電極3a)

【0068】

またn側電極3aは、小径化して分散して配置することが好ましい。n側電極3aは、さらにn側パッド電極3Aと接続することにより、電極の面積を大きくすることができ、放熱性と実装性が良好な素子となる。このような例を図24の水平断面図に示す。この図に示すようにn側電極3aを小径化させることによって、出力光がn側電極3aで吸収されることを低減して、結果的に光の取り出し効率を向上させることができる。加えて、小径化させたn側電極3aを分散して配置することで、抵抗値を低減してVfを低減でき、出力のリニアリティが向上し、また出力光を吸収するn側電極3aを分散配置することで発光分布を均一化する効果も得られる。ここで、「分散して配置する」とは、複数のn側電極3aが集まって一群となったものが分散配置されていてもよいし、個々のn側電極3aが集合体を作らずに分散配置されていてもよい。

(実施例7)

(立体配線)

(電極絶縁膜26)

【0069】

また半導体発光素子は、立体配線に対応させることもできる。このような例を実施例7として図25、図26に示す。これらの図において、図25は発光素子の平面図、図26は図25のXXVI-XXVII線における垂直断面図を、それぞれ示している。立体配線においては、p側電極3b、n側電極3aを一旦電極絶縁膜26で被覆した後、この電極被覆膜に開口された導通窓を通じて、p側パッド電極3B、n側パッド電極3Aを設ける。このようにすることで、パッド電極を広くしても、その下面が電極絶縁膜26で絶縁されているため短絡することがなく、結果的に電極面積を広く確保でき、共晶などによって固定、導通に十分な面積を容易に確保できる利点が得られる。例えば、図26の断面図に示す例では、n側電極3aを、電極絶縁膜26を介して広いnパッド電極に拡大させることができ、共晶のための面積を広く確保でき、共晶の信頼性を高めて安定した実装が実現される。共晶以外の実装、例えばAuスタッドバンプを用いた超音波接合でもバンプ数を増やすことができ、放熱性が改善する。この結果、高電流を通電することが可能となる。また、PNギャップ間では電流が集中して熱を帯びやすいため、複数のn側電極3aに囲まれるように、n側パッド電極3A上にスタッドバンプを形成すれば、放熱性がさらに良好となる。

【0070】

これらの図に示す発光素子は、まず成長基板5上にn型層を積層後、n型層の一部をエッチングして露出させ、ITO層を積層する。以下、図23と同様にDBRとバリア層24を積層し、金属反射層22を形成後、電極絶縁膜26を設けて、最後に共晶パッド電極を積層する。このように、n電極とp電極とがオーバーラップするように、立体配線構造を採用することで、本来であればn側電極3aのようにn電極が小さいところ、図25のn側パッド電極3Aのように広い面積に拡大できるので、電極面積を広く取ることで共晶実装に有利となる。

【0071】

さらに誘電体膜4を層間絶縁膜として利用した立体配線構造とすることで、発光に寄与しないn型コンタクト層の面積をできるだけ小さくすると共に、フリップチップ接合に必要な接合面積の確保が可能となる。

(実施例8)

【0072】

更に他の実施例として実施例8に係る半導体発光素子を、図27~図28に示す。これらの図において、図27は発光素子の平面図、図28は図27のXXVIII-XXIX線における断面図である。このように、平面図が正方形でなく長方形の発光素子に

10

20

30

40

50

おいても、立体配線によって電極面積を広く取ることが可能となり、共晶実装に有利とできる。

(電極絶縁膜 26)

【0073】

半導体構造 11 の側面は、金属反射層 22 で被覆される。半導体構造 11 の側面を被覆する金属反射層 22 は、n 型半導体層 6 を被覆している。また p 型半導体層 7 を被覆する第二金属反射層 22 n とは分離されており、金属反射層 22 と第二金属反射層 22 n とは離間されている。さらに、半導体構造 11 の側面を被覆する金属反射層 22 の上面には、電極絶縁膜 26 を設けている。電極絶縁膜 26 は、金属反射層 22 及び第二金属反射層 22 n の離間された領域を覆うように延長されている。この電極絶縁膜 26 の上面に、n 側パッド電極及び p 側パッド電極を離間させている。これにより、n 側電極 3 a と p 側電極 3 b とを立体配線構造として、より広い面積でパッド電極を設けることができ、共晶に有利となる。このように誘電体膜 4 を層間絶縁膜とした立体配線構造とすることで、電極で光を遮断する事態を避け、光取り出し効率を一層向上できる。

10

【産業上の利用可能性】

【0074】

本発明の半導体発光素子は、照明用光源、LEDディスプレイ、バックライト光源、信号機、照明式スイッチ、各種センサ及び各種インジケータ等に好適に利用できる。

【符号の説明】

【0075】

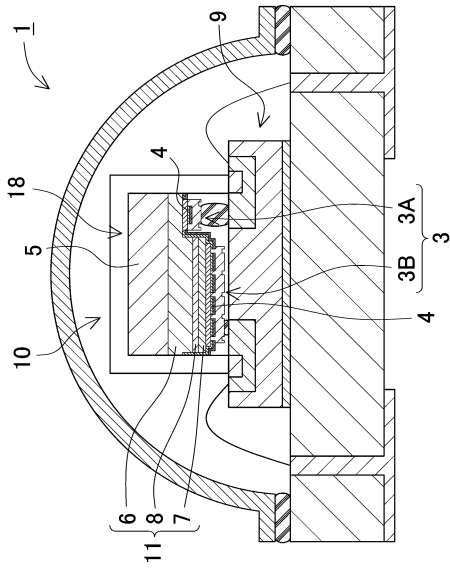
1 ... 発光装置  
 3 ... 電極 ; 3 a ... n 側電極 ; 3 b ... p 側電極  
 3 A ... n 側パッド電極 ; 3 B ... p 側パッド電極 ; 3 0 3、3 3 3 ... パッド電極  
 4、2 9 4、3 0 4、3 3 4 ... 誘電体膜 ; 4 a ... 1 組の誘電体 ; 4 n、4 m ... 材料膜  
 5、3 0 5 ... 成長基板  
 6 ... n 型半導体層  
 7 ... p 型半導体層  
 8 ... 活性領域 ; 2 9 8、3 0 8 ... 発光層  
 9 ... 配線基板 ; 3 0 9 ... 実装基板  
 1 0、1 0 '、1 0 " ... 半導体発光素子  
 1 1 ... 半導体構造  
 1 3 ... 透光性導電層 ; 2 9 1 3、3 0 1 3、3 3 1 3 ... I T O 膜  
 1 4、3 0 1 4 ... 保護膜  
 1 6、2 9 1 6 ... 反射層  
 1 8、2 9 1 8、3 0 1 8 ... 光取り出し面  
 2 9 2 0、3 0 2 0 ... 反射構造  
 2 1、2 9 2 1 ... 開口部  
 2 2、3 0 2 2、3 3 2 2 ... 金属反射層 ; 2 2 n ... 第二金属反射層  
 2 3、2 9 2 3、3 0 2 3 ... 金属電極層  
 2 4 ... バリア層  
 2 6 ... 電極絶縁膜  
 2 7 ... 共晶パッド電極  
 3 0 2 8 ... 絶縁性誘電体膜  
 M K ... マスク

20

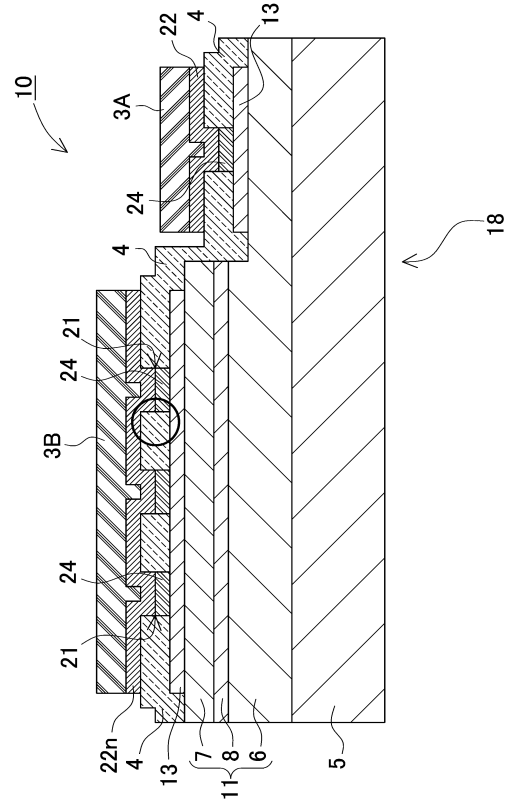
30

40

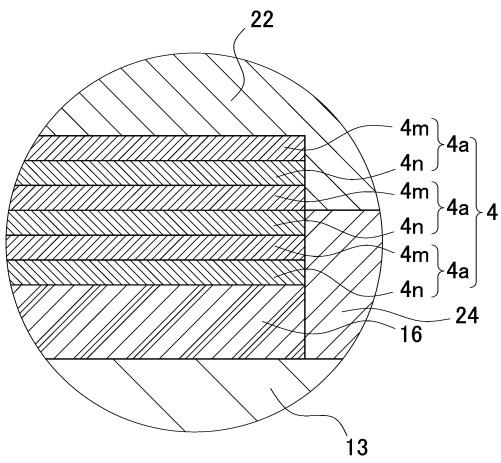
【図 1】



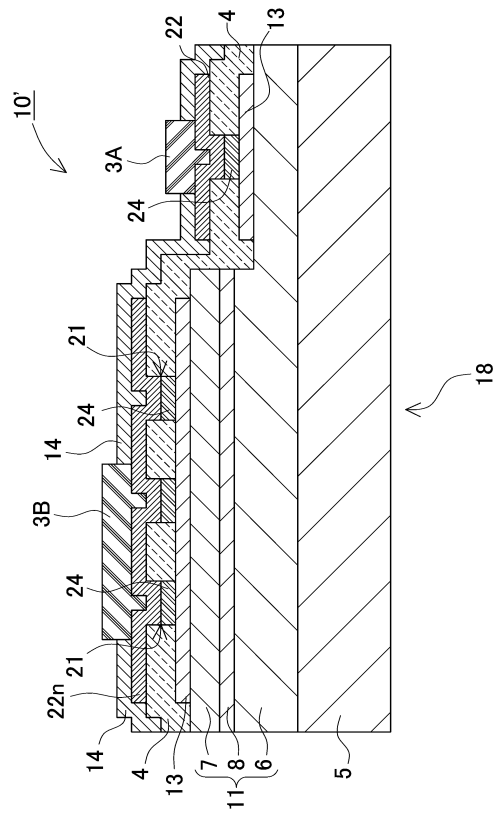
【図 2】



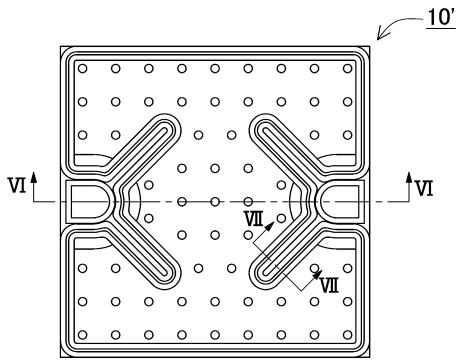
【図 3】



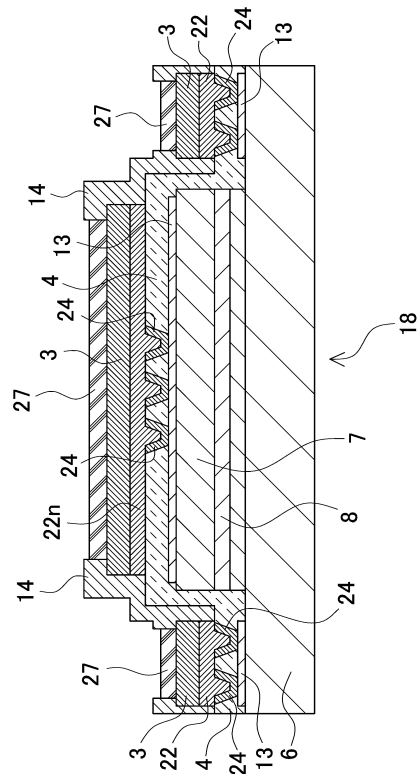
【図 4】



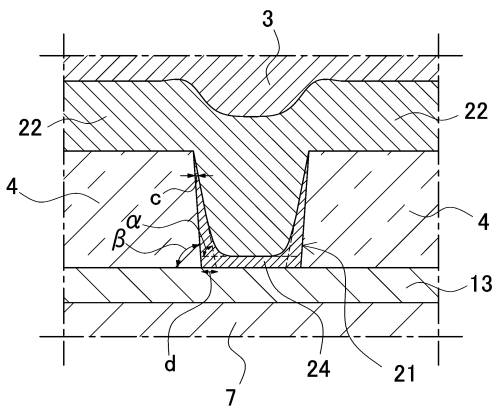
【図5】



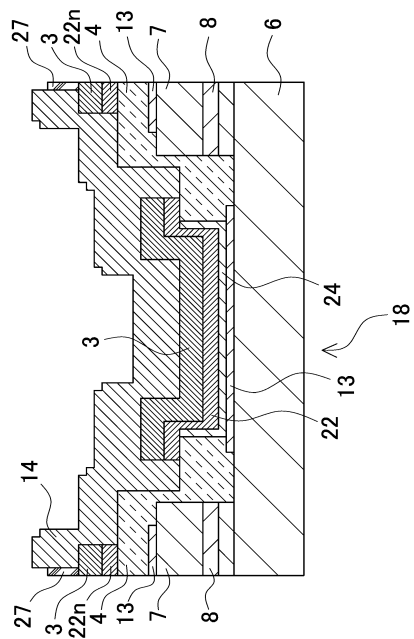
【図6A】



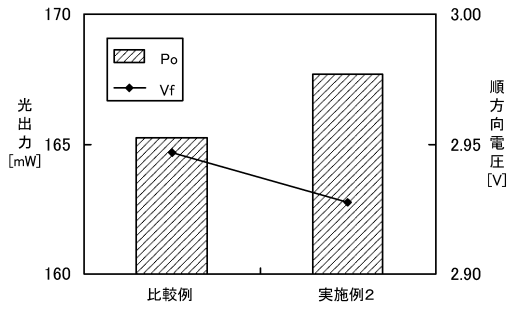
【図6B】



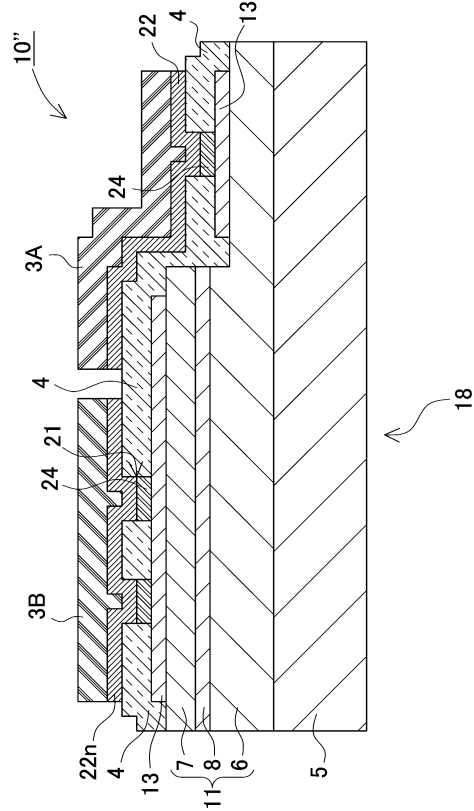
【図7】



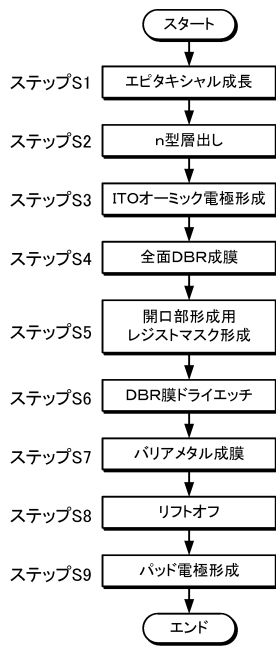
【図8】



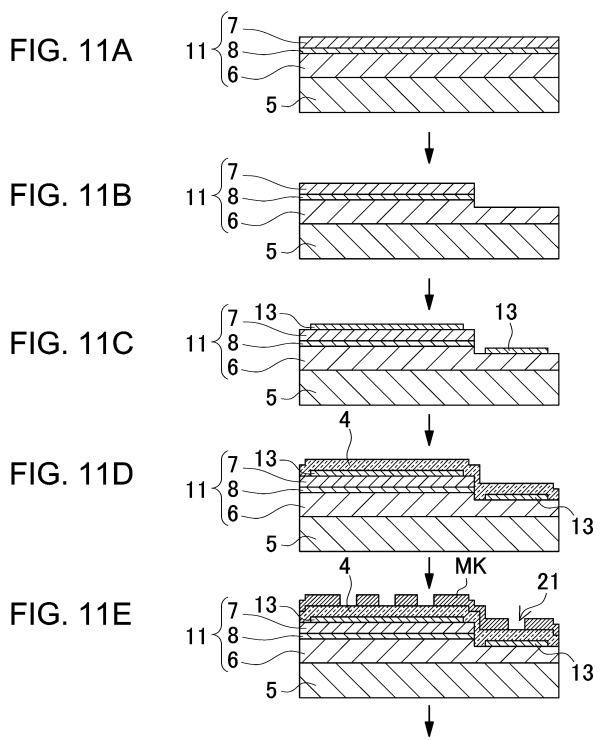
【図9】



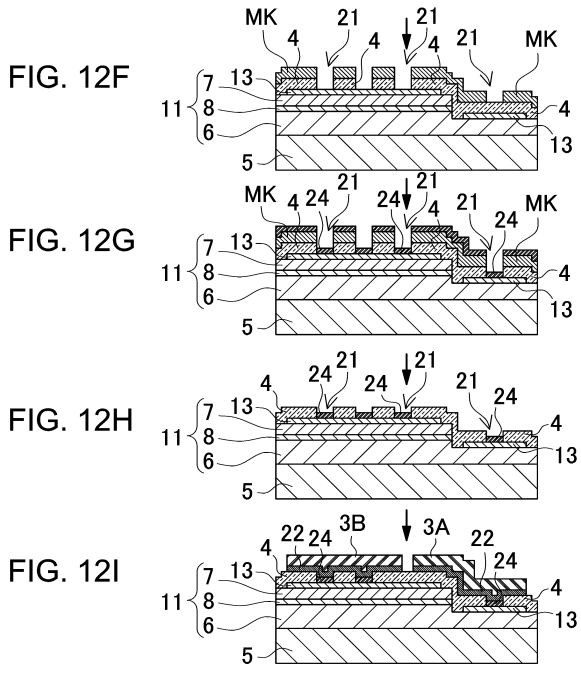
【図10】



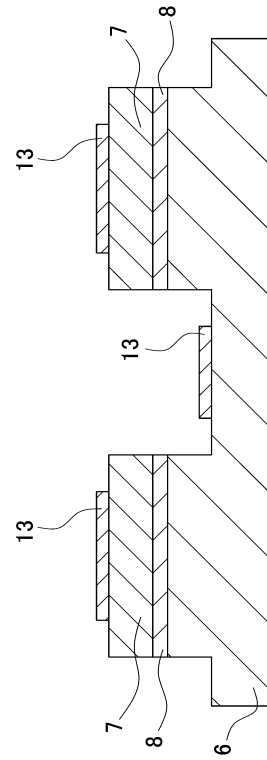
【図11】



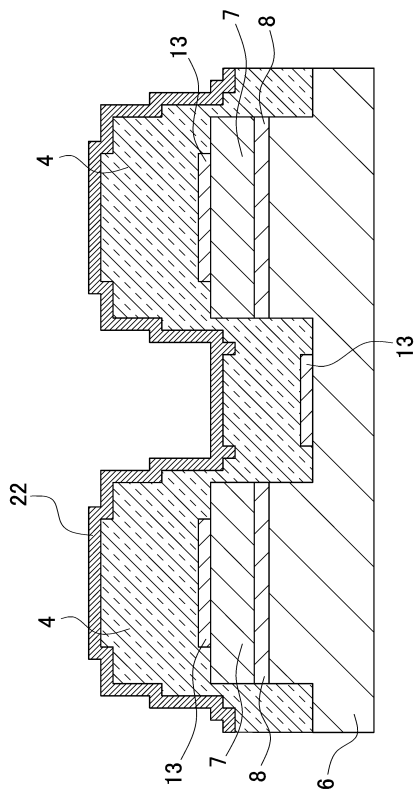
【 図 1 2 】



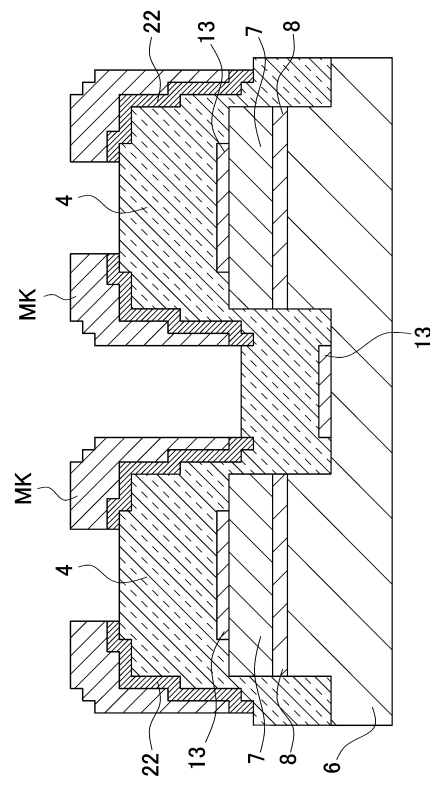
【 図 1 3 】



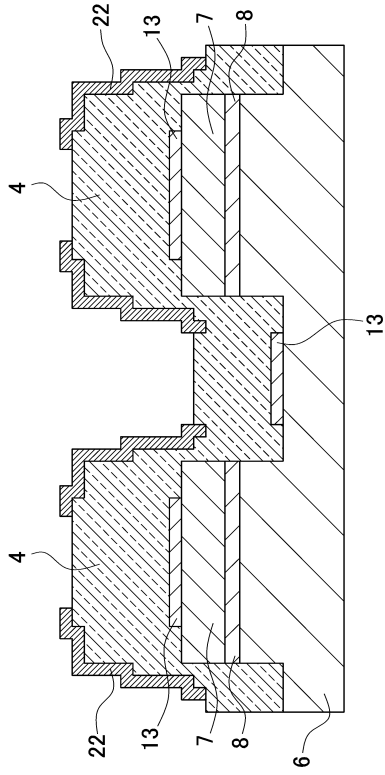
【 図 1 4 】



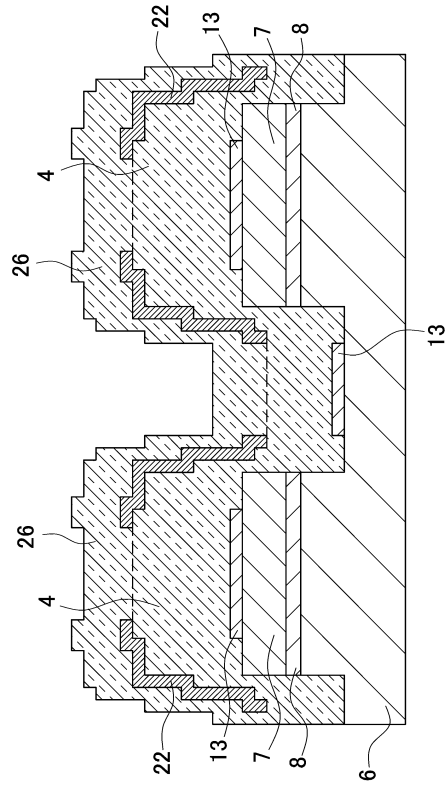
【 図 1 5 】



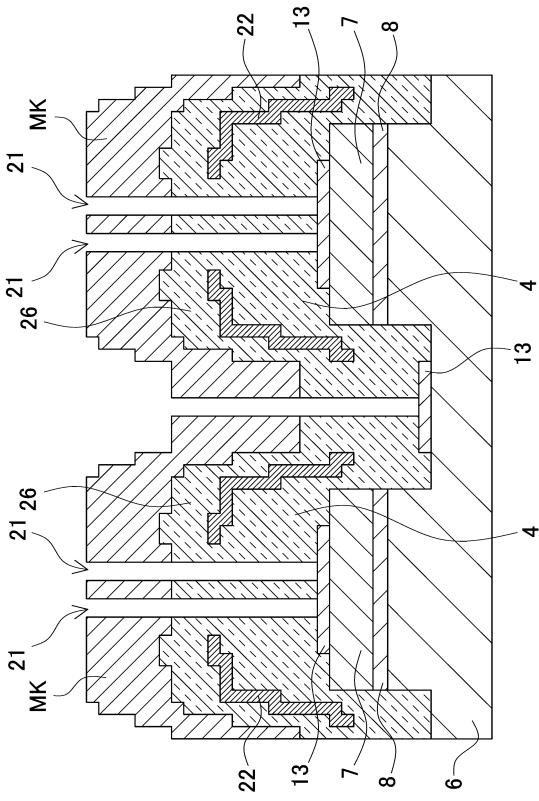
【図16】



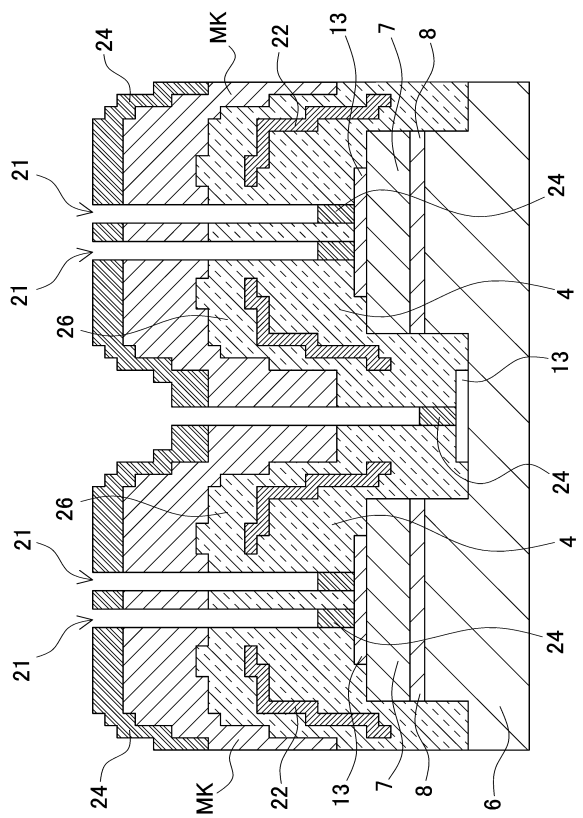
【図17】



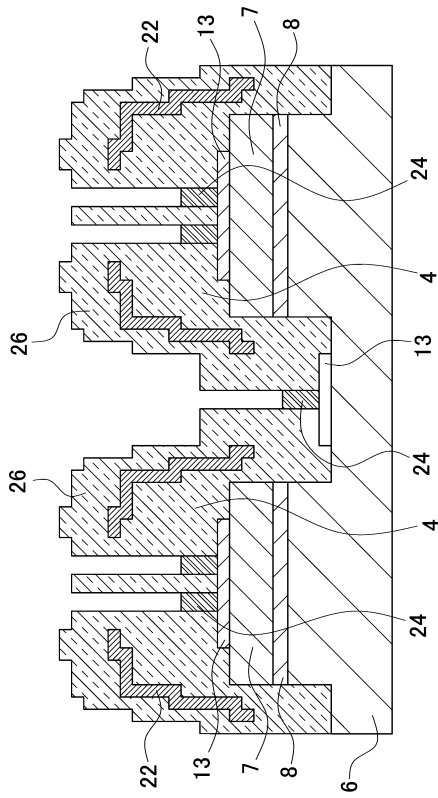
【図18】



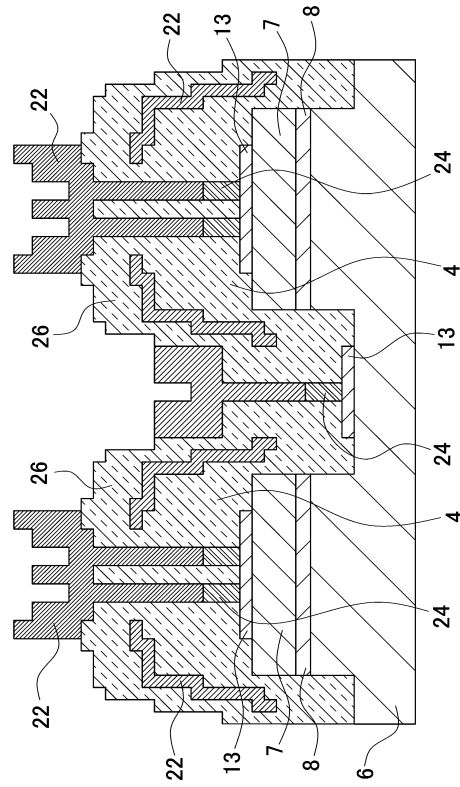
【図19】



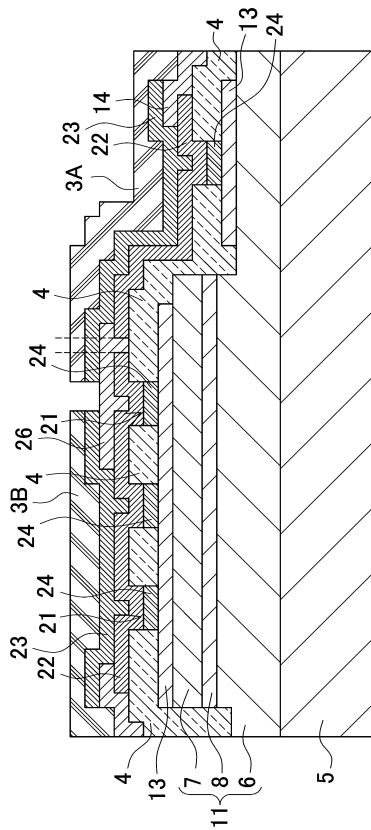
【図20】



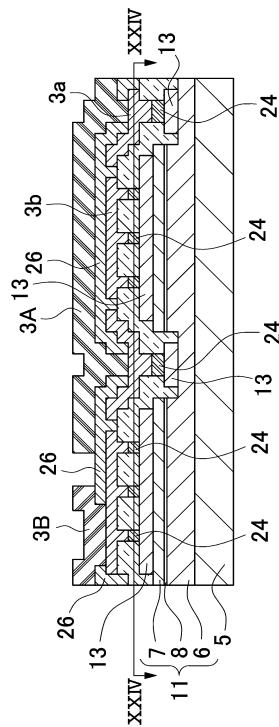
【図21】



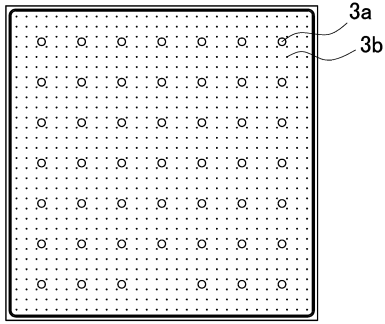
【図22】



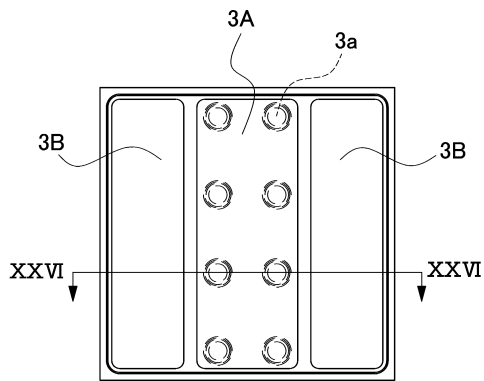
【図23】



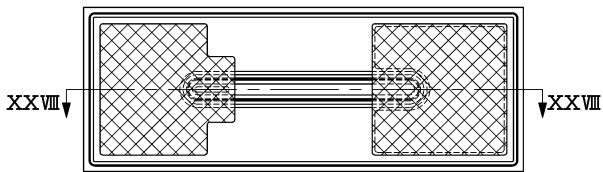
【図24】



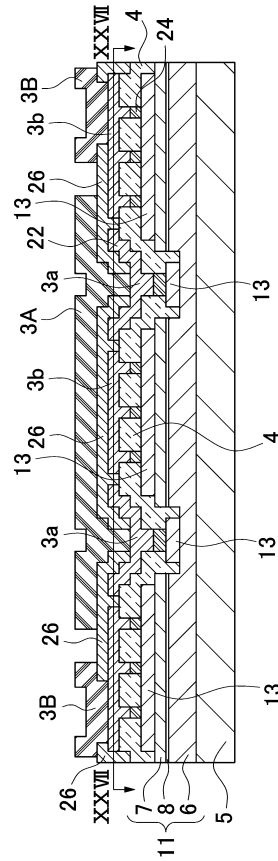
【図25】



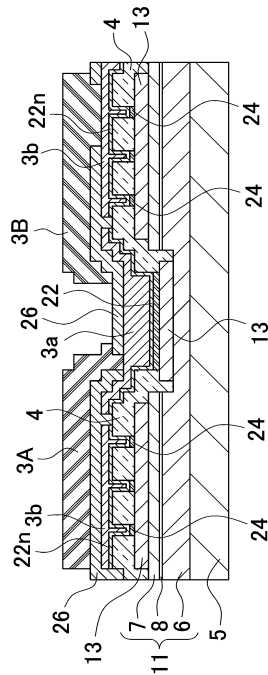
【図27】



【図26】



【図28】



【 図 29 】  
FIG. 29A

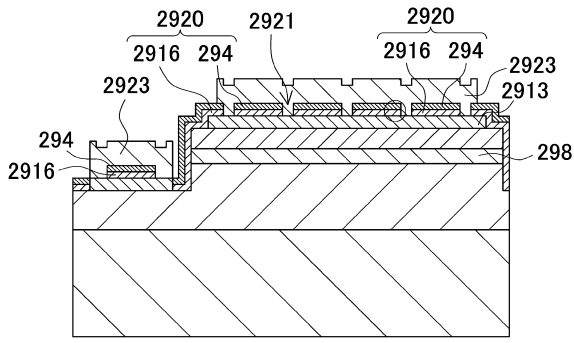
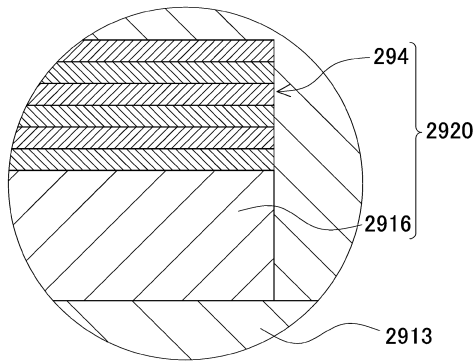
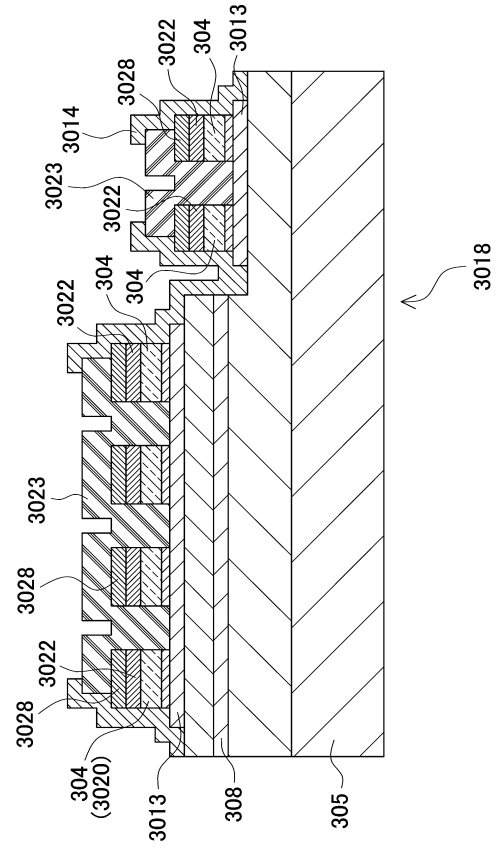


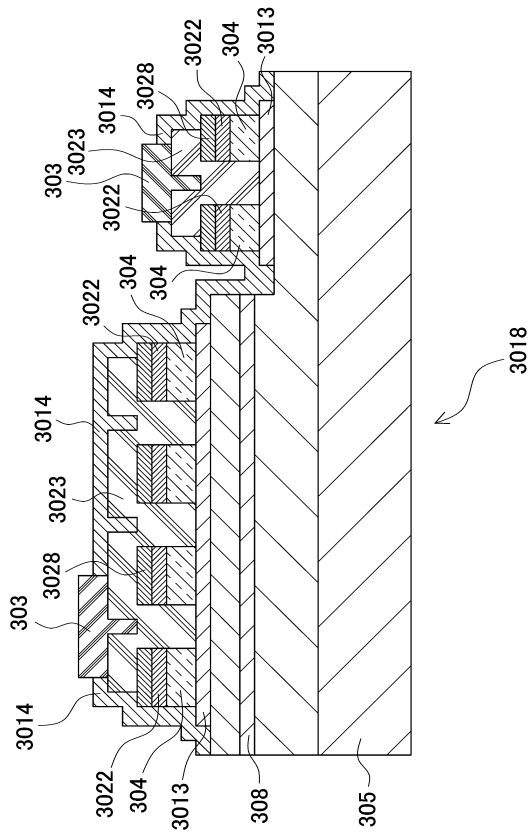
FIG. 29B



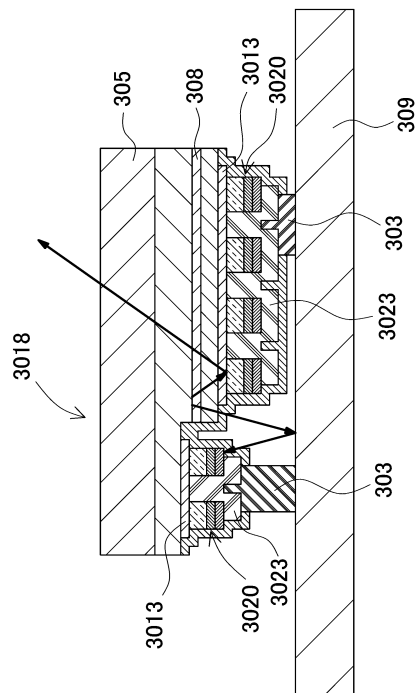
【 図 30 】



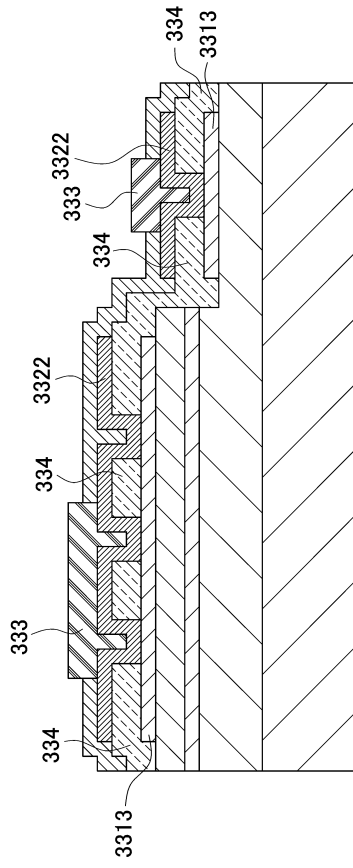
【 図 31 】



【 図 32 】



【 3 3 】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 小川 利昭  
徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化学工業株式会社内
- (72)発明者 笠井 久嗣  
徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化学工業株式会社内

審査官 小濱 健太

- (56)参考文献 特開2010-087282(JP,A)  
特開2009-164423(JP,A)  
特開2010-027768(JP,A)  
特開2010-028100(JP,A)  
米国特許出願公開第2009/0283787(US,A1)  
特開2005-197289(JP,A)  
特開2007-013045(JP,A)  
特開2007-258323(JP,A)  
特開2005-191326(JP,A)

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