

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2002年12月27日 (27.12.2002)

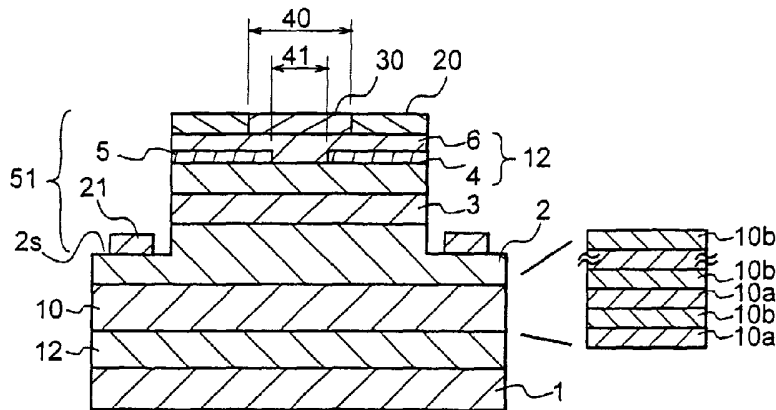
PCT

(10) 国際公開番号
WO 02/103811 A1

- (51) 国際特許分類: H01L 33/00 (72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 長濱慎一 (NA-GAHAMA, Shinichi) [JP/JP]. 柳本友弥 (YANAMOTO, Tomoya) [JP/JP]; 〒774-8601 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 Tokushima (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP01/05097
- (22) 国際出願日: 2001年6月15日 (15.06.2001)
- (25) 国際出願の言語: 日本語 (81) 指定国 (国内): JP, US.
- (26) 国際公開の言語: 日本語 添付公開書類:
— 国際調査報告書
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 日亜化学工業株式会社 (NICHIA CORPORATION) [JP/JP]; 〒774-8601 徳島県阿南市上中町岡491番地100 Tokushima (JP).
2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(54) Title: NITRIDE SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING DEVICE

(54) 発明の名称: 窒化物半導体発光素子



(57) Abstract: A nitride semiconductor device having an improved light extracting efficiency and a high light output. On a substrate, there is formed a multilayer structure of a first-conductivity-type layer (11), an active layer (3) and a second conductivity-type layer (12). In this second-conductivity-type layer (12) between a first nitride semiconductor layer (4) and an overlying second nitride semiconductor layer (6), there is sandwiched a third nitride semiconductor layer (5) of InAlGaIn, which acts as a current constricting layer having an aperture (41). On the surface of the second-conductivity-type layer, there are partially formed an electrode (20) and a

window (40) or a transparent film (30) provided in the window (40). As a result, much light can be extracted from the top face of the structure.

[続葉有]

WO 02/103811 A1



(57) 要約:

本発明は、窒化物半導体素子において、光の取り出し効率を向上させ、高出力での発光を可能とすることを目的とするものである。

本発明の構成としては、基板の上に、第1導電型層11、活性層3、第2導電型層12が積層された構造で、該第2導電型層12内に、第1の窒化物半導体層4、その上の第2の窒化物半導体層6との間に、開口部41を有する電流狭窄層となるInAlGa_nNの第3の窒化物半導体層5が設けられ、該第2導電型層表面には、部分的に電極20と窓部40若しくは、窓部40に設けられた透光性膜30とが設けられた構造であり、これにより、上面から多くの光を取り出せる構造とする。

明 細 書

窒化物半導体発光素子

5 技術分野

本発明は、窒化物半導体を用いた発光素子に係り、特にGaN、AlN、もしくはInN、又はこれらの混晶であるIII-V族窒化物半導体（ $In_xAl_bGa_{1-b-d}N_d$ 、 $0 \leq b$ 、 $0 \leq d$ 、 $b + d < 1$ ）を用いた発光素子で、発光装置、投光器、集合ランプ、イルミネーション、光結合装置、光検知装置、光通信装置、光ファイバモジュールの光源などに用いられる発光素子に関する。

10

背景技術

今日、窒化物半導体を用いた半導体レーザは、DVDなど、大容量・高密度の情報記録・再生が可能な光ディスクシステムへの利用に対する要求が高まりを見せている。このため、窒化物半導体を用いた半導体レーザ素子は、研究が盛んになされている。また、窒化物半導体を用いた発光素子、レーザ素子は、紫外域から赤色に至るまで、幅広く波長域、可視光域での発光波長が得られるため、その応用範囲は、上記光ディスクシステムの光源にとどまらず、レーザプリンタ、光ネットワークなどの光源、フルカラーディスプレイの光源、信号灯の光源など、多岐にわたるものと期待されている。

15

20

また面発光型の発光素子は、光集積化が可能なこと、微小スポットの光源、複数の光源が配列されたアレイ光源など、多くの半導体材料で、実現されている。しかし、窒化物半導体を用いた発光素子では、イオン注入による導電型層の形成が困難で、任意の形状でpn接合、及び発光領域を設けることが困難であり、更に再成長も困難であることから、素子の積層構造でこのような光源を得ることが困難であった。

25

以上説明したように、従来の窒化物半導体を用いた発光素子で、微小スポットの光源、アレイ光源を得るには、光源の形状に合わせた開口部を有する遮光膜、反射膜で素子端面、側面、裏面などを覆う構造が用いられるが、このような構造

では、開口部から出射する光の他に、反射膜により素子内部に反射された光が発生し、それによる損失が発生することから、光の取り出し効率が低いものしか得られない。

また、従来の窒化物半導体の発光素子は、図6Aの模式断面図に示すように、
5 基板上に、n型層、活性層、p型層が積層されて、p型層表面に透光性の全面電極を形成し、p型層内での電流の流れを広げることで、発光効率を高める構造が用いられているが、一方で透光性電極による光吸収で損失が発生し、光取り出し効率を高めることが困難な構造となっていた。このように、全面のp電極を設けても、同一面側に正負一对の電極を設ける構造では、電流が偏って流れる傾向に
10 あり、素子外部に出射される光の指向性は、異方性を有し、p型層表面の上面からの光よりも、活性層端面からの光の強度が大きくなり、p型層上面側に大きい強度の光が出射する指向性の素子となっていた。このような指向性に偏りがある発光素子は、その応用において所望の指向性の光源とするには、例えばLEDランプなどでは、外部の反射板、光学レンズに特別な設計が必要となり、窒化物半
15 導体発光素子の応用の妨げとなっていた。

また、従来の窒化物半導体発光素子は、このような電流の局在化を改善する目的で、様々な電極配置、電極形状が用いられている。例えば、代表的な電極構造として、図7B~Dに示すように、正負一对の電極を基板の同一面側に配置する構造として、矩形状、正方形、菱形、平行四辺形状の素子に対して、対角線上、
20 若しくは対向する一对の辺の中央部若しくはその近傍に配置して、p電極、n電極の距離を長くして両者を離れた構造として、電流の局在化を防ぐ試みが成されている。しかしながら、いずれの場合においても、図7B~Dの正負電極を結ぶ直線で切断すると、いずれも図7Aに示す断面構造となり、n電極に近い領域に電流が局在化する。これは、図7Aからも明らかのように、p型層表面の全面電極（透光性）内と、p型層とでは、pn接合面内方向への電流の広がりにおいて、
25 電極内で電流が面内方向の流れが優先されるからである。すなわち、図7Aに示す断面において、横方向（pn接合面内方向）の電流の流れは、p型層よりも低抵抗な電極内が優先され、電流の多くが全面電極内を横方向に流れて、n電極に近い領域のp型層、活性層、n型層を縦方向（膜厚方向）に流れる経路Xが、他

の経路、例えば、pの取り出し電極直下の領域で縦方向に流れてn型層内で横方向に流れる経路Z、p全面電極、n型層で横方向に流れる経路Y、などに優先して流れる。このため、n電極に近い領域で電流密度が高くなり、n電極に遠い領域で電流密度が低くなる分布となり、n電極に近い活性層端面から出射する光の強度が、その他の端面、p型層の表面に比べて大きくなり、光の異方性が強くなる。また、このような電流の局在化は、電流が大きくなるほど、大電流駆動であるほど、顕著となるため、大電流駆動で活性層面内でn電極に近い領域で高い電流密度となるため、発光効率が低下し、素子の劣化速度が増し、LEDの高出力かを困難なものとしている。しかし、p型層表面の電極を、全面とせず、部分的なものとする

5
10

とすると、抵抗率が高くなり、全面電極とする場合に比べて発光効率が低下する。

このため、n電極の形状、p取り出し電極の形状を変えて、電流の流れを制御する試みも成されているが、図7Dに示すように、n型層表面のn電極を活性層端面を囲むように設け、図7Aの断面では活性層の左右両側にn電極を配置する構造としたり、p取り出し電極を活性層端面の交差する2面に延在させた形状として、電流を広げる試みが成されている。しかし、いずれの場合でも、上述した場合と同様に、n電極に近い活性層端面付近が、活性層の端面から離れた領域、中央部などに比べて、活性層面内での電流が優先して流れる構造であることに変化がないため、活性層端面付近からの光が、p型層表面からの光に比べて強度が大きくなり、活性層面内での指向性は改善されるが、p型層表面から上方への光が取り出されないため、それについては改善されない。

15
20

発明の開示

本発明では、従来困難であった基板の素子構造形成面側からの光の取り出し効率を高めた発光素子を得ることが可能となる。本発明の窒化物半導体発光素子の積層構造としては、図1を用いて説明すると、基板1上に窒化物半導体層を積層して得られる素子であり、基板1上に、第1導電型層11、第2導電型層12、その間に活性層3を有するものである。特に、第2導電型層12内には、電流狭

25

窄層 5 を有し、また第 2 導電型層 1 2 の上に、窓部 4 0 若しくは透光性膜 3 0 と電極 2 0 とが部分的に形成された発光装置である。具体的には、第 2 導電型層内には、少なくとも第 1 の窒化物半導体層 4 とその上の第 2 の窒化物半導体層 6 との間に、開口部 4 1 を有する第 3 の窒化物半導体層 5 を含む電流狭窄層が設けられる。このとき、第 3 の窒化物半導体層 5 は、第 2 導電型と異なる第 1 導電型の層、すなわち反転層であってもよく、高抵抗な i 型層、若しくは反絶縁性の層とする。すなわち、本発明の発光素子では、第 2 導電型層上の電極、若しくは光取り出しの窓部を設けることで上方、積層方向上方への光の取り出しを促す構造とし、さらに、第 2 導電型層内に、電流の経路を制限し、また、開口部を設けることで面内に電流を分散させる電流狭窄層を設けて、上面からの光の取り出し効率を高めた素子構造を有するものとなる。このように、窒化物半導体の発光素子では、GaAs 系材料と異なり、多くの場合上層となる p 型層が、高キャリア濃度とできず、p⁺型の高キャリア濃度層による電流拡散層を設けることが困難であるが、本発明では、電流の面内の経路を開口部内に制限し、また開口部が複数面内に分布することで、電流経路を面内に多く、かつ広く分布、分散させた構造として、発光効率を高めた構造としている。ここで、第 1 導電型層は、基板を含むもの、すなわち、第 1 導電型の基板を用いた構造であってもよい。

また、第 2 導電型層上面において、電極と窓部を部分的に設けることで、電流狭窄構造により開口部直下の活性層からの光を上方に位置する窓部から効率的に取り出す構造とすることで、従来の窒化物半導体発光素子にみられる透光性電極をほぼ全面を覆って第 2 導電型層表面に設ける構造とことなり、透光性電極により光の吸収をなくし、またシート抵抗の大きな透光性電極により、電流の面内への広がり抑制を低減し、電流狭窄層と組み合わせて用いることで、効率的に面発光の光取り出しを可能とする。

また、窓部と電極との配置において、窓部の p n 接合面、基板面へ投影した像が、開口部 4 1 をその面に投影した像と少なくとも一部が重なるように、配置することで、活性層から上方へ伝搬する光が開口部を通して、そのように配置された窓部から効率的に光を外部に取り出すことができる構造となる。ここで、窓部は、第 2 導電型層表面において、電極、特にオーミック接触用の第 1 の電極 2 0

が部分的に設けられることで、電極が設けられなかった領域が窓部となる。

また、窓部の少なくとも一部に、透光性膜を設けることで、半導体層内を伝搬する光を効率的に外部に光を取り出すことが可能となる。この透光性膜は、窓部
5 の一部だけでも良く、窓部のほぼ全面に形成すると、窓部の全面において効率よく光を上方に取り出すことができ好ましい。また、透光性膜は、第2導電型層の電極、特にオーミック接触用の第1の電極の一部を覆って、その上に形成されていても、光の取り出し構造とでき特に問題はなく、また第1の電極が透光性電極である場合には、透光性電極を透過した光も透光性膜を介して外部に効率よく取り出せる構造とできる。

10 さらに、本発明の発光素子構造として、反射層を、第2導電型層が積層された基板面、若しくはそれと対向する基板面上に形成すると、基板面に垂直な方向への光の伝搬を効率よく発現でき、特に、窓部が設けられた第2導電型層表面へ光を導出させる構造とできる。好ましくは活性層と基板との間に反射層、特に、窒化物半導体からなる異なる組成、若しくは屈折率の層を交互、若しくは周期的
15 に積層した半導体多層膜を形成することで、活性層に近接して反射層を配置でき、上面への光の出射を促す構造とできる。

また、本発明の発光素子において、第2導電型層表面に設けられるオーミック接触用の第1の電極20が、透光性電極である場合に、その上に、第1の電極に電氣的に接続する第2の電極22を、図3に示すように設け、図12B、12C
20 に示すように、第2の電極22を第1の電極20表面上に広がるように、設けることで、シート抵抗の小さい第2の電極22でもって、電流を面内において広げ、一方で透光性の第1の電極20でもって、素子構造内から上方に伝搬する光を窓部だけでなく、第1の電極20を解する形態でも、上方へ光を取り出せる構造とでき、光の取り出し効率、電流の面内拡散を改善した発光素子とできる。

25 上述の電流狭窄層の開口部を面内に複数配置することで、本発明の発光素子において、開口部内に選択的に電流路を設けた構造とでき、その電流路が複数、また面内に分散して配置されることで、活性層内を縦に貫く電流路を面内に多く配置でき、活性層内で効率的に光電変換がなされる構造とでき、発光効率を向上できる。また、その複数の開口部に対応して窓部を形成、配置することで、面内に

分散した開口部から上方へ伝搬する光を効率的に外部に取り出せる構造とできる。

5 以上の本発明の発光素子は、基板を挟んで正負一对の電極を対向配置した自立型の発光素子にも、基板の同一面側に正負一对の電極を配置したいわゆるフリップチップタイプにも適用されるものである。また、基板の同一面側に正負一对の電極を配置した発光素子において、一方の電極形成面となる第1導電型層の一部を露出させた露出面2sを形成することにより、該露出面の上に、pn接合部、若しくは活性層とその上の第2導電型層を含む凸部51が形成される場合に、前記第1導電型層の電極、特にオーミック接触用の電極21を、該凸部を囲むよう
10 に、若しくは凸部側面に沿って、形成することで、電流の経路を凸部の面内に広げることが可能となり、発光効率、光取り出し効率を高めた発光素子構造とできる。このとき、凸部の側面全てを囲むように閉口した形状の電極としても良く、凸部を囲んで一部が開口した電極形状であってもよい。

15 また、このようなpn接合部、若しくは活性層と第2導電型層とを含む凸部において、該凸部側面において、電流狭窄層がその側面を囲むように、すなわち凸部側面で電流狭窄層側面が形成されるように、開口部を設けることで、凸部側面、特に端面を流れる電流を制限し、大電流動作時に端面を集中的に電流が流れて端面から出射する光により発光ムラを防ぎ、静電気による衝撃に対して端面部で短絡することによる端面近傍が破壊されることを防ぐことができる。具体的には図
20 1、13、18などに示すように、凸部51の側面において、電流狭窄層5が設けられた形態であり、電流狭窄層側面が凸部側面を囲むように形成するものである。このような凸部側面のほぼ全てを、電流狭窄層で囲むように形成すると、凸部を囲むように形成された電極21に対応して、凸部側面付近の電流の流れを電流狭窄層が設けられることにより制限できる。

25 また、これとは異なり、電流狭窄層の開口部が、凸部の側面の少なくとも一部で開口するように形成された構造の発光素子とすることもできる。具体的には、図15に示すように、凸部51の側面において、電流狭窄層が設けられずに、開口部が配置される構造であり、面内の配置としては、図17に示すように、凸部51の一側面において、部分的に電流狭窄層5側面が開口する開口部41が、設

けられた構造となる。この凸部側面に開口する開口部が設けられることで、上記凸部側面を囲む電流狭窄層が設けられる場合に比べて、凸部側面に開口した開口部において、電流が流れることで、その直下に位置する発光層となる活性層に電流が流れることで、そこで発光した光は、発光点近傍の凸部側面から多くの光が外部に取り出される構造とでき、凸部側面及び上面から光が取り出される素子構造とでき、上方だけでなく、横方向にも光の取り出しを実現し、光取り出し効率を高めた発光素子とできる。また、凸部側面において、全部ではなく、部分的に開口する電流狭窄層を図17に示すように設けることで、従来の素子構造のように側面に何ら電流狭窄層を設けない場合に比べて、側面において部分的に電流路が制限されることから、他に設けられた開口部にも多くの電流が分配され、例えば凸部側面に沿って、第1導電型層11の電極21が設けられた構造では、電極に近接する凸部側面に電流が集中する傾向にあるが、部分的に電流が制限されることで、このような傾向を押さえて、凸部側面に離間した内部面内にも多くの電流が分配された構造とでき、特に大電流動作時において、正負対の電極間の短絡路となる凸部側面への電流集中、それによる側面からの発光集中を防ぎ、効率的に上面からの光取り出しを実現できる。

ここで、図17は、本発明の一実施形態に係る発光素子チップを示す模式的な斜視図（図17A）と、図17Aにおける電流狭窄層5を抜き出した模式的な斜視図（図17B）とを示すものである。図17B中の太線で示す23a、図中でハッチングを施した領域22aは、それぞれ第3の電極（第1の電極）と、第2の電極22とを電流狭窄層5表面に投影した像である。また、5a、bは、図17Aにおいて、第1導電型層の電極、特にボンディング用の電極24に対峙する凸部側面の一部を示すものであり、ここでは、電流狭窄層に覆われており、電極24に対峙しない側面、例えば5cでは、開口部41が側面に開口していることを示している。また、図18は、図17と同様に、発光素子チップの一部（図18A、C）と、その電流狭窄層5を抜き出した模式的斜視図（図18B、D）であり、図18A、Bと、図18C、Dとは異なる実施形態であり、両者とも凸部領域51の一部、特に端部付近を示すものであり、例えば、長手方向を有する凸部、若しくはストライプ状の凸部、における端部付近を示し、具体的には図12

において、凸部の一部を構成するストライプ状の凸部における端部付近を説明するものである。また、図18B、Dのハッチングを施した領域23a、30aは、図17Bと同様に、それぞれ電流狭窄層5に投影した像である。また、図13Bにおいて、ハッチングを施した領域22aは、pn接合面にボンディング用の電極を投影した像である。図17、18に示すように、ボンディング電極22の直下に開口部41を設けないこと、すなわち、pn接合面において、電極22の像と開口部の像とが重ならないように電流狭窄層を形成することで、電極22直下、若しくはその近傍の開口部に電流が集中せずに、面内に分散した電流路を形成して動作させることができる。さらに、図18Dでは、領域30a(40a)を除く領域に電極23が形成される。図17、18では、第1の電極を図示せずに、第3の電極23のみを示しているが、第1の電極と第3の電極とを1つとすること、すなわち、オーミック性、電流拡散性を備えた電極を、第2導電型層に電気的に接続する形態も本発明に適用できる。このように本発明の発光素子は、特に、第1導電型層が、第2導電型層に比べて電気抵抗が大きい場合、すなわち、第1導電型層よりも第2導電型層のキャリア濃度が小さい場合、さらには電極形成層、若しくはその近傍において第1導電型層よりも第2導電型層のキャリア濃度が小さい場合に、本発明の発光素子における電流狭窄層、凸部領域、各電極配置、形状を適用することで、活性層面に分散、分布した電流路を形成でき好ましい。例えば、実施例1では、第1導電型層をn型窒化物半導体層、第2導電型層をp型窒化物半導体層としており、上記条件に相当する。

また、このように凸部51が、複数の側面が設けられた構造では、その側面が交差する隅部、若しくは角部において、それを囲むように第1導電型層の電極が近接して設けられた構造では、局部的に該角部、隅部に電流が注入する傾向にあるが、本発明ではこの隅部、角部に電流狭窄層を設けることで、電流集中を防ぎ、複数もうけた開口部に分散して電流を広げる構造とでき、電流の局所的な集中をなくした素子構造とできることで、高い発光効率を実現できる。具体的には、図17、18などに示すように、凸部51の側面が交わる角、若しくは隅において、電流狭窄層5を設けることで、この場所での電流路をなくし、他の開口部に電流を分散できる。ここで、凸部側面が交差する角部は、図17、18に示すように

角が設けられた領域であり、また図12Bに示すように、凸部51側面が交差する領域で面取り、丸め、ラウンド加工が施された隅部においても、角を有する場合よりも電流集中傾向は緩和される傾向にあるが、この隅部にも電流狭窄層を設けることで、電流路を面内に配置された他の開口部に分配できる。また、このよ
5 うな角部に電流が集中する傾向は、開口部においても成り立つものであり、図11、19に示すように、開口部の形状が、角を有する構造よりも、角が面取りされた、若しくは丸められたり、ラウンド加工された形状とすることで、開口部周縁分において、特にその角に電流が集中する傾向を低減でき、均等に開口部内へ電流を分散できるため好ましい。

10 さらに、本発明の発光素子において、開口部と第2導電型層上に設けられた電極配置において、図19に示すように、pn接合面への投影像で考えると、開口部41に重ならず、その周り、周縁を囲むように形成すること（図19A、図19B）で、複数も受けられた開口部それぞれに対して、電極により電流路が形成される構造とできる。また、一方で、開口部の面積、幅が大きくなると、開口部の周縁部を多くの電流が流れるものとなり、開口部中央では、電流密度が疎な
15 領域となる傾向が生まれ、特に大電流動作時においては、短絡傾向が強まることから、このような傾向が大きくなり、電流の面内の広がりとして機能する電流狭窄層がうまく機能しない事態が生まれる。このような場合には、図19C、図19Dに示すように、pn接合面の投影像において、開口部の一部に重なるように、
20 電極20を配置することで、このような電流密度が疎となることを防ぎ、開口領域内で、均等な電流広がりを実現でき、好ましくは、1つの開口部に対して、図に示すように、複数の領域に区分して区切るように、電極20を架橋するように形成することで、このような電流路が疎となる形態を改善できる。このとき、第1の電極は、オーミック接触用の第1の電極であるが、電流が面内に広く拡散されることにより実現されることとなるため、好ましくはシート抵抗が低くなるよ
25 うに、十分な膜厚で電極が形成されるものとなり、透過率の低い、不透光な膜として形成され、すなわち、前記オーミック接触用の第1の電極と電流拡散用の第2の電極23を兼ねるものとなり、またその形状、パターンは後述する電流拡散目的に第2の電極と同様に格子状などとできる。また、第1の電極20を透光性

電極として形成する場合には、例えば図 3、図 1 2 に示すように、その表面の少なくとも一部に電流拡散用の第 2 の電極 2 3 を設けることで、同様な効果が得られる。ここで、図 1 9 は、開口部 4 1 a と、第 1 の電極若しくは第 3 の電極 2 3 a とを、p n 接合面 5 0 に投影した像を用いて、電極配置若しくは形状と、開口部配置若しくは形状と、の関係、特に両者が近接する様子、若しくは電極が開口部に沿って設けられる様子、また、一部が重なる、若しくは開口部を架橋する様子を説明するものである。

また、開口部 4 1 が、長手方向を有する場合には、該長手方向に沿って、好ましくは、長手方向とほぼ平行な第 1 の電極 2 0 を設けることで、開口部の周縁部に長辺に沿って電極が配置された構造とでき、長手方向に開口部内で電流を分散して、適度に分布させて動作させることができ、素子の抵抗を高めることなく、効率的に電流拡散を実現できる。具体的には、図 1 8 A、1 8 B に示すように、長手方向を有する開口部 4 1 に沿って、その長手方向にほぼ平行な第 1 の電極 2 0 が、少なくともその一部が長手方向にほぼ平行な電極として形成されている。また、このような開口部の長手方向と電極、若しくはその一部が、それに沿って、若しくは長手方向とほぼ平行に設ける関係は、第 1 導電型層の電極 2 1 との間にも成り立つものである。具体的には、図 1 8 に示すように、開口部 4 1 の長手方向、若しくはストライプ方向に沿って、若しくはこれとほぼ平行に、電極 2 1 の少なくとも一部が長手方向、ストライプ方向を設ける形状とすることである。このとき、凸部領域 5 1 の少なくとも一部が長手方向、ストライプ方向を有し、該方向にほぼ平行に開口部の長手方向を配置することで、上記第 1 導電型層の電極 2 1 を、開口部に沿って配置しやすくなり好ましい。

また、凸部側面において、電流狭窄層が開口する開口部を有する構造において、第 1 導電型層のボンディング用の電極に対峙する凸部側面には、それを囲むように電流狭窄層を設け、すなわち、側面に開口する開口部を設けずに、その他の凸部側面において、1 側面の少なくとも一部に開口する電流狭窄層を設けると、側面からの良好な光取り出しが実現され好ましい。これは、図 1 7 に示すように、ボンディング用電極 2 4 は、ワイヤー接続時にボールが形成されるため、そのボンディング面を提供するようにボールの径（おおよそ $50 \mu\text{m} \sim 100 \mu\text{m} \phi$ ）

よりも大きな面積を有し、素子動作においては耐久性が得られるように厚膜で形成される傾向にあるため、発光層となる活性層 3 よりも高く形成されることから、そのボンディング電極 2 4 に近接する凸部側面では、電流狭窄層でもってその側面のほぼ全面を囲むように形成することで、電極 2 4 による側面発光の遮蔽を回避し、一方で、他の凸部側面では、上述したように凸部側面に部分的に開口する開口部を設けることで、側面からの発光を効率よく外部に取り出す構造とできる。ここで、電極 2 4 に対峙する凸部側面とは、電極 2 4 若しくはその側面と凸部側面とを任意に結ぶ直線において、該直線が凸部領域を通らず、介さず若しくは交差することなく結ばれる凸部側面がこれに該当し、凸部側面が曲面を有するような場合には、連続する側面の一部が、電極に対峙する凸部側面に該当することがある。このように、本発明は、凸部側面が曲面となる場合にも適用できる。

本発明の発光素子において、特にその素子積層構造において、前記第 3 の窒化物半導体層が、4 元混晶の $Al_xIn_yGa_{1-x-y}N$ ($0 < x < 1$ 、 $0 < y < 1$ 、 $x + y \leq 1$) を有することで、良好な電流狭窄層として機能でき好ましい。さらに好ましくは、この 4 元混晶の $AlInGa$ N の第 3 の窒化物半導体が、アンドープ層であることで、例えば、第 1 導電型の不純物をドーピングする場合に比べて結晶性良く電流狭窄層を形成でき、特に、第 1 導電型層を n 型層、第 2 導電型層を p 型層とする窒化物半導体の素子構造においては、結晶性悪化により高抵抗化しやすい p 型層が良好な結晶性で形成できるため好ましい。また、この第 3 の窒化物半導体層を挟む第 1 の窒化物半導体層（下層）、第 2 の窒化物半導体層（上層）を、該 4 元混晶の第 3 の窒化物半導体層よりも、III 族の構成元素数が少ない窒化物半導体で構成されることで、良好な結晶性の積層体を実現できる。具体的には、In、Ga、Al からなる群から選択される III 族元素の少なくとも一種、若しくは 2 種と、N との化合物で構成される窒化物半導体とすることで、良好な結晶性を実現できる。

図面の簡単な説明

図 1 は、本発明の一実施形態に係る素子構造を説明する模式断面図。

図 2 は、本発明の一実施形態に係る素子構造を説明する模式断面図。

図 3 は、本発明の一実施形態に係る素子構造を模式断面図。

図 4 は、本発明の一実施形態に係る電流狭窄構造の積層過程を説明する模式断面図。

図 5 は、本発明の一実施形態を説明する模式断面図。

5 図 6 は、本発明の一実施形態に係る横方向成長層の成長方法を説明する模式断面図。

図 7 は、従来の発光素子の電極配置を示す上面図（平面図）、及び素子構造を説明する模式断面図。

10 図 8 は、本発明の一実施形態を説明する上面図、及びその A A 断面における模式断面図。

図 9 は、本発明の発光素子を用いた発光装置の実施形態を説明する模式断面図。

図 10 は、本発明の一実施形態に係る素子構造及び封止部材による封止形態を説明する模式断面図。

15 図 11 は、本発明に係る開口部と窓部との配置関係を p n 接合面 50 において説明する模式図。

図 12 は、本発明の一実施形態に係る電極配置などを説明する模式的な上面図。

図 13 は、本発明の一実施形態を説明する模式的な斜視図。

図 14 は、本発明の一実施形態を説明する模式断面図及び電極配置を説明する上面図。

20 図 15 は、本発明の一実施形態を説明する模式断面図。

図 16 は、本発明の一実施形態を説明する模式断面図。

図 17 は、本発明の一実施形態に係る電極と開口部との配置を説明する模式的な斜視図。

25 図 18 は、本発明の一実施形態に係る電極と開口部との配置を説明する模式的な斜視図。

図 19 は、本発明の一実施形態に係る開口部と電極形状、及び配置などを説明する模式的な平面図。

発明を実施するための最良の形態

本発明の窒化物半導体発光素子に用いる窒化物半導体としては、 GaN 、 AlN 、もしくは InN 、又はこれらの混晶であるIII-V族窒化物半導体 ($In_x Al_y Ga_{1-x-y}N$ 、 $0 \leq x$ 、 $0 \leq y$ 、 $x + y \leq 1$) であり、またこれに加えて、III族元素としてBを用いたり、V族元素としてNの一部をP、Asで置換した、
5 混晶としてもよい。また、第1導電型層、第2導電型層には、それぞれ第1導電型の窒化物半導体、第2導電型の窒化物半導体を少なくとも有している。また、窒化物半導体層に用いるn型不純物としては、Si、Ge、Sn、S、O、Ti、Zr等のIV族、若しくはVI族元素を用いることができ、好ましくはSi、Ge、Snを、さらに最も好ましくはSiを用いる。また、p型不純物としては、
10 特に限定されないが、Be、Zn、Mn、Cr、Mg、Caなどが挙げられ、好ましくはMgが用いられる。これにより、各導電型の窒化物半導体を形成し、各導電型層を構成する。

(基板)

本発明に用いる基板としては、例えば、C面、R面、及びA面のいずれかを主
15 面とするサファイア、スピネル ($MgAl_2O_4$) のような絶縁性基板、SiC (6H、4H、3Cを含む)、ZnS、ZnO、GaAs、Si、及び窒化物半導体と格子整合する酸化物基板等、窒化物半導体を成長させることが可能で従来から知られている窒化物半導体と異なる基板材料からなる異種基板、さらには、 GaN 、 AlN などの窒化物半導体基板を用いることができる。好ましい異種基板として
20 は、良好な結晶成長が可能なサファイア、スピネル、SiCが挙げられる。また、異種基板は、オフアングルしていてもよく、この場合ステップ状にオフアングルした基板を用いると窒化物半導体の成長が結晶性よく成長させるため好ましい。具体的には、サファイアC面を用いる場合には、 $0.1^\circ \sim 0.5^\circ$ 、好ましくは $0.1^\circ \sim 0.2^\circ$ の範囲で、オフアングルした基板、好ましくはステップ状
25 にオフしたものをを用いることが好ましい。また、異種基板上に、 GaN 、 AlN などの窒化物半導体を単体として取り出せる程度の厚膜で形成して、異種基板を除去して、窒化物半導体基板を得ることもできる。さらに、上記異種基板上に、発光素子となる素子構造を形成する際には、低温成長バッファ層、後述する横方向成長層、若しくはアンドープの窒化物半導体からなる下地層などを介して、結

晶性を良好なものとし、これら下地層を成長基板として、素子構造を形成するとよい。

(発光素子)

本発明の発光素子は、図1に模式断面図として示すように、基板1上に、第1導電型層11、第2導電型層が積層された構造を有し、第2導電型層には、第1の窒化物半導体層4と第2の窒化物半導体層との間に、開口部41が設けられた電流狭窄層を有する構造である。さらに、第2導電型層12上には、図に示すように、窓部40と第1の電極20とが部分的に設けられた構造を有する。このとき、窓部40は、図2に示すように、活性層からの発光を取り出すための開口部となる。また、窓部40には図1に示すように、透光性膜30を設けることもできる。また、第1の主面と第2の主面とを有する基板1において、前記第1導電型層、活性層、第2導電型層は、第1の主面上に積層される。加えて、本発明の発光素子は、基板1の第1の主面(図1)若しくは第2の主面上(図2)に、反射層10を設ける構造として、第2導電型層表面、窓部から光りを効率よく取り出す構造とすることもできる。基板1の第1の主面上に、反射層を設ける場合には、基板と活性層との間に反射層を設け、また基板の同一面側に正負一対の電極を設ける構造においては、基板と第2導電型層との間に反射層を設けることで、図1に示すように反射層10の上部に、第2導電型層の電極21が形成された構造とでき、電流が効率よく注入される構造とでき好ましい。

以上、本発明の発光素子について、その構造について説明したが、各層、膜について、以下で詳しく説明する。

本発明の発光素子は、上述したように、第1の電極を第2導電型層上に部分的に設け、第1の電極が設けられなかった領域に、主に窓部を設ける構造とし、第2導電型層表面から効率的に光を出射させ、すなわち基板面に垂直な多くの光を取り出す構造とした面発光型の発光素子とするものである。従来の窒化物半導体の発光素子は、図7A、図中の白抜き矢印に示すように、活性層端面から出射する光が多く、基板面に垂直な方向への出射する光が少なく、また、オーミック電極20に透光性電極を用いた場合に、電極を透過する光が電極により吸収されることによる損失が起り、光の取り出し効率を低下させていた。本発明の発光素

子は、図2に示すように、電流若しくはキャリアが電流狭窄層5の開口部内に部分的に注入されることにより、活性層3面内で開口部直下に選択的に発光させることができ、さらにその開口部41上部に配置された窓部40を通過して、光は基板面に垂直な方向に、図中の白抜き矢印の方向に、効率的に取り出すことが可能となる。これは、上述したように、従来同一面側において、n電極近くの活性層端面付近が強く発光して、発光効率を低下させていたが、本発明では電流狭窄層を有することで、活性層面内を流れる電流を制御でき、また発光領域を制御でき効率よく光を取り出すことが可能となる。

(窓部40)

10 本発明の発光素子において、窓部40は、第2導電型層12の上、若しくはその表面に設けられ、第1の電極20が部分的に、第2導電型層上に形成されることで、主に第1の電極20が設けられていない領域に形成される。すなわち、第2導電型層上に、選択的に、第1の電極20を設けることで、主に活性層3からの発光を外部に取り出す窓部が、第2導電型層上に設けられる。

15 窓部40の具体的な形態としては、図3に示すように、第2導電型層12上で、第1の電極20が部分的に設けられ、第2導電型層12が露出されることで窓部40とすることができる。また、窓部40は、図3Bに示すように、第2導電型層12に凹部を設けても良く、図3Cに示すように、第2導電型層12に凸部を設けてもよい。また、窓部40に後述する透光性膜30を形成してもよい。

20 図12, 13, 14などに示すように、1つの発光素子に対して、複数の窓部40を形成することもできる。このように、複数の発光領域、電流注入領域(開口部41)を形成することで、活性層面内で、発光領域、電流注入領域を複数分布させた構造とでき、発光を分散させて、発光面から光を取り出す構造とできる。

また、窓部40と電流狭窄層5の開口部41との関係において、図13Bに示すように、pn接合面50に、窓部40の像、開口部41の像を投影することで、その大きさ、形状、パターンを説明することができる。このとき、pn接合面50とは、具体的には活性層表面、若しくは基板面に平行な面を指し、この面50に各形状の窓部40、開口部41をほぼ垂直に投影することで、面内にその像を得ることができる。窓部40、開口部41の形状、パターンについては、図11

を用いて説明する。窓部と開口部の像は、図11AのIIに示すように、少なくとも一部が重なって形成することで発光面（第2導電型層表面）から光を取り出すことができ、好ましくはIに示すように、窓部の像（図中の点線部）が、開口部の像（実線部）のほぼ全面を覆うよう大きさを、形成することで、効率的に窓部から光を取り出すことができる。

また、本発明の発光素子において、開口部、窓部が複数設ける場合について説明すると、図11B、Cに示すように、複数の開口部（実線部）に対して、1つの窓部（点線部）を設けても良く（図11B）、1つの開口部に対して複数の窓部を設けても良く（図11C）、また1つの開口部に対して1つの窓部を設けてそれを複数設ける形態（図11A）としてもよい。すなわち、開口部に対する窓部の関係としては、1対1、多対1（ n 対1）、1対多（1対 n ） [n は2以上の整数]のいずれの形態でもよい。さらにまた、図11Eに示すように、一部において1つの開口部に対して複数の窓部、別の部分において複数の開口部に対して1つの窓部、を設ける形態、多対多（ n 対 n ）の形態としてもよい。

（電流狭窄層5）

本発明の発光素子において、第1の窒化物半導体層4と第2の窒化物半導体層6との間に設ける電流狭窄層5は、面内に、開口部41が設けられるものであり、その組成としては、 $Al_xIn_yGa_{1-x-y}N$ ($0 < x < 1$ 、 $0 < y < 1$ 、 $x + y \leq 1$) で表される窒化物半導体層（第3の窒化物半導体層）を用いる。従来、 $AlGaN$ からなる電流狭窄層が知られているが、 $AlGaN$ の電流狭窄層は、高抵抗な層とでき、電流狭窄層とそれを挟む隣接層との間で障壁となりやすいが、一方で、 Mg などの p 型不純物の拡散により、 p 型化されやすく、第1導電型、 i 型、若しくは半絶縁性とすることが困難な傾向にある。また、第1の窒化物半導体層、第2の窒化物半導体層として、クラッド層、コンタクト層には、 $Al_uGa_{1-u}N$ ($0 < u \leq 1$) を用いる際に、 Al を含む窒化物半導体が電流狭窄層及びその隣接層とで積層された構造となり、クラックの発生及び結晶性の悪化が問題となる。しかし、本発明では、電流狭窄層に $AlInGaN$ の4元混晶を用いることでこの問題を回避でき、良好な電流狭窄層、電流阻止層として機能させることができる。これは、電流狭窄層として、 In と Al とを含む窒化物半導体を用い

ることで、Inを含むことによりAlを含むことによるクラックの発生を防止し、Mgの拡散によってもp型化されにくいことにある。

このとき、第3の窒化物半導体層として好ましくは、Al組成比xをIn組成比yよりも大きくしてAlリッチな層とすることで、高抵抗、障壁の大きな層と
5 でき好ましく、Inを含むことにより、Alを含むことによる結晶性悪化を抑制
でき、良好な結晶性の層が形成される。これは、Inは偏析して、面内にIn偏
析領域が適度に分布することで、結晶性を良好にしていると考えられる。このと
き、好ましいIn組成比yとしては、 $0 < y \leq 0.3$ であり、0.3よりIn組
成比を大きくすることによるInとAlの反応を抑制して結晶性を安定させるこ
10 とができる。さらに好ましくは、 $0.01 \leq y \leq 0.1$ の範囲とすることで、0.
01以上とすることで、上述したInを含有することによる効果を引き出し、ま
た0.1以下とすることで良好な結晶性で形成できる。もっとも好ましくは、 $0.
02 \leq y \leq 0.05$ の範囲とすることで、Inを含有効果を好適に引き出し、0.
05以下とすることで、InとAlとの反応を良好に抑制して表面モフォロジー
15 に優れた膜が形成できる。

電流狭窄層の膜厚としては、特に限定されるものではないが、具体的には、1
0 nm以上1 μ m以下の範囲とし、好ましくは50 nm以上200 nm以下の範
囲とすることで、良好な結晶性で、電流狭窄として良好に機能するものとなる。
また、電流狭窄層は、図1などに示すように単一膜で形成されていても良く、図
20 5に示すように、多層膜で形成しても良く、超格子多層膜構造とすることもでき
る。電流狭窄層は、図4A~4Dに示すように、電流狭窄層まで積層した後、マス
ク18を設けて(図4A)、開口部41を設け(図4B)、続いて、第2の窒化物
半導体層6などを積層し(図4C)、第2導電型層の上に、開口部に対応して窓部、
透光性膜30と第1の電極20を部分的に形成する(図4D)。また、別の形態と
25 して、図4E~Gに示すように、第1の窒化物半導体層4に凸部を設けて(図4
E)、凹部に層5を成長させて埋め込み(図4F)、第2の窒化物半導体層6を成
長させる形態としてもよい。図4E~4Gの形態では、電流狭窄層5と第2の窒
化物半導体層6とを異なる成長段階を経る必要があるため、図4A~4Dの形態
に比べて、成長工程が多くなるため、好ましくは図4A~4Dに示すように、電

流狭窄層 5 に開口部 4 1 を設けて第 2 の窒化物半導体層 6 を成長させる形態を用いる。

また、開口部の幅としては、例えば図 1 の模式断面図において、開口部の幅は、特に限定されるものではないが、具体的には 50 nm 以上 10 μ m 以下の範囲とし、好ましくは 1 μ m 以上 5 μ m 以下の範囲とし、さらに好ましくは 2 μ m 以上 3 μ m 以下の範囲とする。これは、窒化物半導体層において、活性層上部に p 型の窒化物半導体層を積層した構造とする場合において、p 型層、特にその面内において、電流が広がりにくいことに起因する。これにより、開口部を 10 μ m を超えて大きく広げても、図 2 の図中の矢印に示すように、p 型層面内で横方向に電流が流れにくいことから、開口部周辺部に集中して電流が流れることとなり、開口部の中央部で発光の少ない構造となる傾向にあるためである。一方で開口部を、50 nm 未満と小さくしすぎると、活性層内に流れる電流が開口部直下の局所的な領域に集中するため、小さい電流値で素子の発光が飽和し、発光出力を高めることがこんなとなる傾向にあるためである。

さらに、図 5 に示すように、本発明の電流狭窄層において、多層膜で構成されていても良く、この場合、上記第 3 の窒化物半導体層の条件を満たす組成による互いに組成の異なる層としても良く、第 3 の窒化物半導体層と異なる層を第 3 の窒化物半導体層の上、下の層に配置して設けてもよい。具体的には、InGa_xN_{1-x}などの In を含む窒化物半導体層を第 3 の窒化物半導体層の上層、下層に設けて光吸収層とし、開口部を介して窓部から取り出される光の形状を調節したものとしても良く、AlGa_xN_{1-x}などの Al を含む窒化物半導体層を第 3 の窒化物半導体層の上層、若しくは下層に設けて、エッチングストップ層（蒸発防止層）として機能させることもできる。詳しくは、Al を含む窒化物半導体層は、ほかの組成、若しくはそれよりも Al 混晶比の小さい窒化物半導体層に比して、エッチングレートが小さいこと、すなわち、Al 混晶比が大きいほどエッチングレートが小さくなることを利用して、AlGa_xN_{1-x}、AlN などの Al を含む窒化物半導体層（Al 高混晶層）を、それよりも Al 混晶比の小さい第 3 の窒化物半導体層、若しくは Al 混晶比の小さい別の窒化物半導体層層を上層に配置することで、Al を含む窒化物半導体層（Al 高混晶層）で好適にエッチング制御できるエッチングス

トップ層として機能させることができ、また、A1を含む窒化物半導体層（A1高混晶層）を、それよりもA1混晶比の小さい第3の窒化物半導体層、若しくはA1混晶比の小さい別の窒化物半導体層を下層に配置することで、開口部形成時において、開口部以外の電流狭窄領域の層が蒸発されたり、エッチングに悪影響を受けるのを押さえる蒸発防止層として機能させることができる。この蒸発防止層の効果は、A1を含む窒化物半導体層（A1高混晶層）が、ほかのA1混晶比の小さい別の窒化物半導体層（A1を含まない窒化物半導体層）に比べて、蒸発温度が高くなることによるものであり、A1を含む窒化物半導体層とA1を含まない窒化物半導体層とをせきそうすることで、この効果を最大限利用することができる。

（第1の窒化物半導体層4、第2の窒化物半導体層6）

本発明の発光素子において、第1の窒化物半導体層、第2の窒化物半導体層は、その組成などは特に限定されるものではなく、第2導電型層内において、第1の窒化物半導体層は、電流狭窄層5の下に位置し、第2の窒化物半導体層は電流狭窄層5の上に位置する層となる。このため、第1の窒化物半導体層と第2の窒化物半導体層とは、ほぼ同じ組成であってもよく、異なる組成であってもよい。第1の窒化物半導体層と第2の窒化物半導体層とが開口部付近において、接する場合には、両者の界面は再成長界面となるため、格子整合性を考慮すると、ほぼ同じ組成の窒化物半導体とすることで、良好な再成長、接合が可能となり好ましい。また、両者で異なる組成とすることで、例えば、第1の窒化物半導体層は、第2の窒化物半導体層より活性層に近い位置に設けられるため、例えば第1の窒化物半導体層をクラッド層とし、第2の窒化物半導体層を透光性の大きい層、若しくは電極との良好なコンタクト層として、それぞれの層に異なる機能を備えた機能分離した層とできる。具体的には、クラッド層とするには、活性層、若しくは井戸層のバンドギャップエネルギーよりも大きなものとなるように、窒化物半導体を用いることであり、例えば、活性層、井戸層をInGaNとする場合には、それよりもIn混晶比の小さいInGaNなどのInを含む窒化物半導体、若しくはGaNを用いることができ、さらに大きな電位障壁を設ける場合には、AlGaNなどのAlを含む窒化物半導体層を用いると、好適に活性層内にキャリアを

閉じこめることができる。コンタクト層としては、InN、GaN、AlN若しくはこれらの混晶を用いることができるが好ましくは、GaNとすることで、良好な結晶性でコンタクト層を成長させることができ電極の形成、電極との接着において優れたものとでき、InGaNなどのInを含む窒化物半導体とすればp

5 型層において、そのほかの組成に比べて良好なp型化、高濃度のp型キャリアが得られる傾向にあり好ましく、AlGaNとするとバンドギャップエネルギーがほかの組成に比べてオーミック性に劣るものの、活性層からの発光に対して透明な層とでき、光透過性を高め、光の吸収による損失を低減させて、窓部から効率的な光の取り出しを可能とする。

10 また、両層において、異なる屈折率とすることで、窓部からの光の取り出し効率も大きく変化する。具体的には、図2の白抜き矢印に示すように、窓部から基板面に垂直な方向に光を取り出す構造であるが、第1の窒化物半導体層と第2の窒化物半導体層とで異なる屈折率とすることで、光の取り出しに影響を与えるものとなる。具体的には、第1の窒化物半導体層4を低屈折率とし、第2の窒化物半導体層6を高屈折率とすることで、活性層から出射した光は、開口部を通して、低屈折率側である第2の窒化物半導体層6側に効率的に光が伝搬され、また、窓部以外の領域で光が反射されても、第1の窒化物半導体層6が上方への光閉込めとして機能し、再び活性層側の下方へ光が戻ることを抑止し、効率的に素子外部へ光を取り出せる構造とできる。またこのような屈折率の関係において、屈折率の小さいAlGaNなどの窒化物半導体は、好適にクラッド層として用いることが可能な大きいバンドギャップエネルギーを有することから、第1の窒化物半導体層をクラッド層とし、それよりもバンドギャップエネルギーの小さい、GaN、InGaNを第2の窒化物半導体層として、コンタクト層とすれば良好なオーミック接触が実現される積層構造となる。また、光の上方への取り出しにおいて、第1の窒化物半導体層、第2の窒化物半導体層を伝搬することとなるが、このとき、Inを含む窒化物半導体、例えばInGaNを用いると、光の吸収・損失がほかのInを含まない窒化物半導体に比較して、大きくなる傾向にあることから、好ましくは窓部直下の層にInを含む窒化物半導体を用いないことが好ましく、特に開口部から第2の窒化物半導体層を伝搬する光において損失が大きく

15

20

25

な問題となることから、好ましくはInを含む窒化物半導体を第2の窒化物半導体層に用いないことが好ましい。

また、これら電流狭窄層の上層、下層として位置する第1の窒化物半導体層、第2の窒化物半導体層は、電流狭窄層5、特に第3の窒化物半導体層との関係にも影響される。具体的には、電流狭窄層となる第3の窒化物半導体層は、その成長の下地層となる第1の窒化物半導体層との間で結晶性が影響され、また再成長層となる第2の窒化物半導体層は、再成長面となる第3の窒化物半導体層の結晶性により影響されることにある。具体的には、上記好ましい形態であるInAlGaNの4元混晶からなる第3の窒化物半導体層において、良好な下地層としては、InGaN、AlGaNなどの3元混晶、若しくはGaNの2元混晶を第1の窒化物半導体層に用いることが好ましい。これは、上述してように、4元混晶の成長において、構成元素同士、特にInとAlとが反応することで良好な成長が阻害され、良好な結晶性でもって成膜されない傾向にあることに起因し、特に、下地層（第1の窒化物半導体層）を4元混晶とし、第3の窒化物半導体層を4元混晶とすると、連続して4元混晶を積層することとなるため、3元混晶、GaNなどの2元混晶を下地層とする場合に比べて、電流狭窄層5の結晶性が悪化する傾向にあるためである。電流狭窄層5が結晶性よく形成されないと、リーク電流などの原因となり良好な電流阻止層としての役割を果たせない傾向にあり好ましくない。このため、好ましくは下地層となる第1の窒化物半導体層をInGaN、AlGaNなどの3元混晶、若しくはGaNの2元混晶とすることであり、GaNであるとこれらの組成の中でもっとも結晶性良く形成でき、AlGaNであると活性層、井戸層との間で大きなバンドギャップエネルギー差を形成できクラッド層として良好に機能し、InGaNなどのInを含む窒化物半導体とすることで、ほかの組成に比べて弾力性に富む層とでき、ほかの組成、特にAlを含む窒化物半導体に近接して配置されることで、バッファ層として機能させることができる。このような下地層としての第1の窒化物半導体層は、電流狭窄層5、特に第3の窒化物半導体層に接して形成されることでもっとも効果をそうすることとなる。このため、これら下地層を、電流狭窄層5の一部として、4元混晶の第3の窒化物半導体層のしたに配置しても良く、具体的には、図5に示すように多層

膜からなる電流狭窄層において、下層 5 a を下地層とし、上層 5 b を第 3 の窒化物半導体層として、下地層を効果的に積層した電流狭窄層とできることはいうまでもない。また、電流狭窄層の上層となる第 2 の窒化物半導体層については、電流狭窄層を再成長表面、若しくは下地層とするため、上述した 4 元混晶を連続して積層することと同様な理由から、第 2 の窒化物半導体層を InGaN 、 AlGaN などの 3 元混晶、若しくは GaN の 2 元混晶とすることが好ましく、これにより、電流狭窄層上に良好な窒化物半導体の層を成長させることが可能となる。 InGaN 、 GaN については、上記第 1 の窒化物半導体層と同様な理由により、好ましく、 AlGaN を用いることについては、 Al を含む窒化物半導体は、ほかの組成に比べてピット低減効果に優れ、良好な積層構造表面を形成し、光の取り出しに優れた窓部表面を形成でき、電極 20 の形成に好適な表面平坦性を有する層とでき、一方で、光の伝搬において、光の損失の少ない層とでき好ましい。

以上、説明したように、電流狭窄層、特に 4 元混晶からなる第 3 の窒化物半導体層の下層、上層となる第 1 の窒化物半導体層、第 2 の窒化物半導体層において、第 3 の窒化物半導体層よりも構成元素 (III 族元素) の少ない混晶の窒化物半導体とすること、すなわち、3 元混晶 (InGaN 、 AlGaN)、2 元混晶 (GaN 、 AlN) とすることで、各層が良好な結晶性で成長でき、また各層の機能、具体的には、第 1 の窒化物半導体層においてはクラッド層、第 2 の窒化物半導体層においては光伝搬層、コンタクト層として機能できる構造となる。

さらにまた、電流狭窄層 5 の上層である第 2 の窒化物半導体層 6 が、超格子多層膜で構成されること、若しくは少なくとも一部に超格子多層膜を設けることで、図 2 に示す矢印のように、横方向、基板面の面内方向へのキャリアの移動度を高め、実質的に第 2 の窒化物半導体層 6 の抵抗値を下げ、素子の抵抗値、動作電圧を下げるができる。これは、超格子多層膜を電流狭窄層の上に設けることで、2 次元電子ガスにより、横方向にキャリアの走行による移動が促進されると考えられる。具体的には変調ドープにより高不純物濃度層と、低不純物濃度層との間に二次元電子ガスができ、この二次元電子ガスの影響により抵抗率が低下すると推察される。例えば、 n 型不純物がドープされたバンドギャップの大きい窒化物半導体層と、バンドギャップが小さいノンドープの窒化物半導体層とを積層した

歪み超格子層では、n型不純物を添加した層と、ノンドープの層とのヘテロ接合界面で、障壁層側が空乏化し、バンドギャップの小さい層側の厚さ前後の界面に電子（二次元電子ガス）が蓄積する。この二次元電子ガスがバンドギャップの小さい側にできるので、電子が走行するとき不純物による散乱を受けないため、歪み超格子の電子の移動度が高くなり、抵抗率が低下する。なお、超格子層にn型不純物をドーピングする場合、バンドギャップエネルギーが大きい第1の窒化物半導体層側に多くドーピングすることが望ましい。好ましいドーピング量としては、 $1 \times 10^{17} / \text{cm}^3 \sim 1 \times 10^{20} / \text{cm}^3$ 、さらに好ましくは $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3 \sim 5 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ の範囲に調整する。 $1 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ よりも少ないと、第2の窒化物半導体層との差が少なくなると、キャリア濃度の大きい層が得られにくい傾向にあり、また $1 \times 10^{20} / \text{cm}^3$ よりも多いと、素子自体のリーク電流が多くなりやすい傾向にある。超格子多層膜の各層の膜厚としては、具体的には100 Å以下とすることであり、好ましくは75 Å以下とすることで臨界膜厚以下とでき、さらに好ましくは50 Å以下とすることで、積層数、積層対数を多くしても、すなわち、超格子多層膜を厚くしても、結晶性を良好なものとでき好ましい。超格子多層膜の組成、積層対などは限定されるものではなく、組成の異なる2層以上を、交互に、若しくは周期的に積層すればよく、例えばA1を含む窒化物半導体（A層）とそれとは異なる組成の窒化物半導体（B層）とを有する多層膜、A1を含む窒化物半導体（A層）とInを含む窒化物半導体（B層）とを有する多層膜、などがある。具体的には、 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$) / $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ ($0 \leq y \leq 1$)、このときクラッド層として機能させるには、 $x > 0$ としてバンドギャップエネルギーを大きくするとよい。

（透光性膜30）

本発明において、透光性膜は、下記の条件式を満たすものを用いることができる。

$$d_2 = \lambda / (4n_2), \text{ 但し } n_2 = (n_1 n_3)^{(1/2)}$$

このとき、図10を用いて説明すると、第2の窒化物半導体層6、透光性膜30、封止部材（若しくは気体封止）100の屈折率をそれぞれ、 n_1 、 n_2 、 n_3 とし、膜厚をそれぞれ d_1 、 d_2 、 d_3 とする。

また、透光性膜の材料としては、特に限定されず、後述する反射層と同様の材

料が用いられ、好ましくは上記絶縁膜、誘電体膜が用いられる。また、図1、15、16において、凸部51の側面を覆うように、これら絶縁膜、誘電体膜からなる透光性膜を形成することで、正負一对の電極間を絶縁する短絡防止層として機能させることもできる。このように、活性層側面、すなわち発光側面において透光性膜を形成する場合には、上記第2の窒化物半導体層を活性層5に置き換えて適用することができる。本発明の透光性膜はこれに限定されず、光を透過させる膜であればよいが、好ましくは上記式を満たす膜を設けることが好ましい。

このように、透光性膜を形成することで、窓部から出射する光を、損失することなく効率的に素子外部に取り出すことができるため、光取り出し効率を高め、さらにはこのような発光素子を用いた発光装置において、発光出力に優れたものとなる。また、このような、透光性膜は、図9に示すような、発光素子200を用いた様々な形態の発光装置において、図9A、Bに示すような透光性樹脂を封止部材100とする場合よりも、図9Cに示すように、CANタイプのように、気体により気密封入された封止部材100cを用いた発光素子において、優れた発光効率となる傾向にあり好ましい。ここで、図中の各部位は、封止部材100、リード電極101、反射部（外部反射鏡）102、ワイヤ103、内部電極104、外部電極105、基体（106、107）、筐体108、光取り出し窓109、発光素子チップ200を示している。

また、透光性膜との関係において、透光性膜を設けずに、図3Aに示すように、窓部において、電極20を開口させる形状として、開口部を窓部とする場合には、上記条件式において、第1の窒化物半導体層4を第2の窒化物半導体層とし、透光性膜を第2の窒化物半導体層と置換して用いることもできる。すなわち、第3の窒化物半導体層5を含む電流狭窄層の開口部から出射する光を透過する膜として、第2の窒化物半導体層を設けることもできる。このとき、電流狭窄層の開口部と窓部との間に介在する窒化物半導体層を透光性膜となるように上記条件式に従って形成することであり、その間に多層膜が形成されるときには、窓部における最上層とその下部の層との間で、上記条件式を満たすように、最上層を透光性膜とする。具体的には、図14Bの模式断面図に示すように、開口部41の上に第2の窒化物半導体層6、さらに最上層（キャップ層）としてコンタクト層7を

有する場合には、コンタクト層 7 を透光性膜とし、その下部に位置する第 2 の窒化物半導体層 6 との関係において、透光性膜の上記条件式を満たすように形成する。また、これを応用して、電極 20 とオーミックコンタクトするコンタクト層 7 と窓部における最上層とを異なる組成とする構造を適用することもできる。具体的には、図 3 B、3 C にみるように、活性層からの距離が窓部 40 の最上層と、電極 20 に接するコンタクト層とで異なるものである場合に、窓部 40 における凸部、若しくは凹部において多層膜構造とし、電極 20 と接する領域における最上層と、窓部における最上層を異なる層とすることで可能となる。具体的な積層構造としては、最上層 (1) と、その下に位置する層 (2) とを積層した多層膜として、電極を形成する窓部以外の領域を層 (2) が露出する深さで一部除去することにより、図 3 C に示すような凸部の窓部 40 を形成し、窓部において最上層が層 (1) となり、電極 20 の形成表面が除去した際の露出面となる下層 (2) とした構造とする。また図 3 B に示すような凹部とする場合には、下層 (2) が露出する深さで窓部となる領域を一部除去することで、窓部において露出層 (最上層) が下層 (2) となり、電極 20 の形成表面 (最上層) は、上層 (1) となる構造とできる。また、図 3 A に示すように、電極 20 の形成表面が窓部にほぼ平坦な表面とする場合においても、電流狭窄層 5 の開口部による凹部が上層に引き継がれて、最上層を積層した段階で、開口部直上の最上層が凹んだ形状で積層すれば、その最上層における凹部をほぼ平坦な表面となるように、凹部以外の領域を一部除去することで、図 3 A のように、ほぼ平坦な積層表面において、上述した上層 (1) が窓部 40 の最上層とし、電極 20 の形成表面は、上記一部除去により露出した下層 (2) を最上層とした積層構造とできる。このとき、電極 20 の形成表面となる最上層は、コンタクト層とでき、コンタクト層に優れた半導体を用いて、窓部においては、電極 20 の形成表面と異なる組成の半導体からなる層を最上層とし、光の取り出しに優れた組成の窒化物半導体を用いることができる。

(反射層 10)

本発明の発光素子に用いる発光素子としては、下記の半導体多層膜、誘電体膜 (多層膜) を用いることができる。

(半導体多層膜)

本発明の発光素子において、反射層10として、具体的には $\text{Al}_\alpha\text{Ga}_{1-\alpha}\text{N}$ ($0 \leq \alpha \leq 1$) からなる組成の異なる層を複数積層した多層膜層を形成する。このとき、各層の膜厚 d を、 $d = \lambda / (4n)$ とすることである。具体的には、 $\text{Al}_\alpha\text{Ga}_{1-\alpha}\text{N}$ ($0 < \alpha \leq 1$) からなるA層と、 $\text{Al}_\beta\text{Ga}_{1-\beta}\text{N}$ ($0 \leq \beta < 1$, $\alpha > \beta$) からなるB層と、それぞれ少なくとも1層以上積層した多層膜とすることで、低屈折率のA層と高屈折率のB層10bとが交互に積層された構造とする。さらに好ましくは、A層若しくはB層のいずれか一方を2層以上積層することで、良好な反射膜として機能する。このとき、A、B層と異なる組成の層を設けてもよい。

10 図1に示すように、A層10a、B層10bを交互に積層した構造とし、A、B層を対として1対以上、好ましくは2対以上積層した構造とする。

また、各層の組成としては、A1組成比の差($\alpha - \beta$)を大きくすることで、A層、B層の屈折率差を大きくすることができ、高反射率の反射層が形成される。具体的には、A1組成比の差($\alpha - \beta$)を、0.3以上とすることで、反射層により反射され、窓部から良好に光が取り出され、好ましくは0.5以上とすることで、高反射率の反射層が形成され、窓部から上方に出射する光が効率よく取り出すことが可能となる。また、B層にA1組成比 β を $\beta = 0$ とした GaN を用いることが好ましい。A層/B層を $\text{Al}\text{Ga}\text{N}/\text{Al}\text{Ga}\text{N}$ とすると、Alを含む窒化物半導体によるクラックの発生が問題となるが、B層を GaN として、A層、

15 20 B層を交互に積層することで、B層が介在することで、A層による結晶性悪化を抑制することが可能となり、良好な結晶性で反射層を形成できる。

また、半導体多層膜層の各層に、第1導電型の不純物を添加して、第1導電型の層として、第1導電型層内部に反射層を設けてもよい。しかし、不純物をドーピングすると結晶性が悪化するため、各層をアンドープとして、第1導電型層と基板との間、若しくは、図1に示すように、第1導電型層の電極21が形成された層2と基板との間に設けることで、その上に設ける素子構造を結晶性良く形成することができる。また、反射層の一部を第1導電型層内に設けること、反射層の一部に不純物をドーピングすることもできる。

25

(誘電体材料)

本発明において、反射層を誘電体膜で形成する場合には、単一膜、多層膜のどちらでも良いが、好ましくは多層膜で構成することで高い反射率を得ることができ、更に多層膜の各膜厚を $d = \lambda / (4n)$ 、として、屈折率の異なる材料を交互に積層した多層膜を用いることで、良好な反射層が形成される。この時、反射層は、下記材料の単一膜で形成しても良いが、好ましくは上記多層膜とすることで高い反射率が得られる。反射層に用いる材料としては、高屈折率の材料として TiO_2 、 ZrO_2 、 HfO_2 、 Sc_2O_3 、 Y_2O_3 、 MgO 、 Al_2O_3 、 Si_3N_4 、 ThO_2 の内の少なくとも一種類が選択でき、低屈折率の材料として SiO_2 、 ThF_4 、 LaF_3 、 MgF_2 、 LiF 、 NaF 、 Na_3AlF_6 の内の少なくとも一種類が選択でき、これら高屈折率の材料と、低屈折率の材料とを適宜組み合わせ、多層膜層とした反射層を形成する。好ましくは、 SiO_2 、 TiO_2 、 ZrO_2 、 ZnO 、 Al_2O_3 、 MgO 、ポリイミドを単一膜、好ましくは多層膜、更に好ましくは上記条件式を満たす膜厚で形成する。

また反射層は、上記膜厚に限定されず、各層を $1/4$ の波長から変化させたものであっても反射率が劣ることとなるが、反射層として機能させることができる。また、反射層の材料は、上記に限らず、 Au 、 Al 、 Pt 、 Rh などの金属による反射膜により反射層を形成してもよい。

(電極)

本発明の発光素子において、第2導電型層上に部分的に設けられる第1の電極20は、第2導電型層と電氣的に接続され、主にオーミックコンタクトさせる電極であり、透光性電極としても良く、不透光性の電極としてもよい。透光性電極とすると、窓部から主に光を取り出し、第1の電極20からもそこを透過させて取り出し、第2導電型層の表面全体から面発光する発光素子とできる。一方で、第1の電極20を厚膜で形成して、光の透過率をきわめて低くした、若しくは不透光の電極とした場合には、窓部から選択的に光を取り出す発光素子とでき、微少な点光源、アレイ光源とでき、図8に示すように、窓部20を1列に配置して、インライン光源とすることもできる。第2の電極22は、図13などに示すように、第1の電極20上に設けられ、ワイヤーボンディングさせるパッド電極となる。また、第3の電極23は、第1の電極20を透光性電極とした場合において、

電流を拡散させるものとなる。透光性電極は抵抗率が大きくなるため、第1の電極20内で電流が広がりにくいものとなるが、第2の電極に電氣的に接続する第3の電極を、第1の電極20の上に、延在させて部分的に形成することで、第1の電極面内に電流の流れを広げることができる。

5 各電極について、別の見方をすると、オーミック接触用である第1の電極20は、光取り出し口となる窓部と電流注入部となる電極形成面とを区分けするものとなり、第1の電極20は、窓部、若しくは窓部を伝搬して光が出射する場合よりも、光の透過率を低くすることが好ましい。これは、本発明の発光素子が主に窓部から光を取り出すことを目的としていることからわかるように、第1の電極20が透光性電極である場合に、電極を投下して取り出される光よりも、窓部からの光が優先されるように、窓部よりも光の透過率を小さくした第1の電極20を設けることでこのような発光素子が得られる。ここで、第1の電極20は、透光性電極20としてもよく、膜厚を大きくして、シート抵抗を低減した不透光膜であってもよいことはいうまでもない。

15 また、第2の電極22は、図13の斜視図、図14A、図8A、図12の上面図（電極配置図）に示すように、主に、ワイヤーボンディングの際のボンディング用のパッド電極となるものであり、ボールとの接着性、素子動作時の耐久性に優れた電極とすることが好ましい。また、この第2の電極22は、ボールが形成される大きさとなるように、50 μ m ϕ 以上の直径、若しくは辺の長さの矩形状として形成すればよい。

25 さらに、本発明の発光素子において、特に、窓部を複数有する場合において、第3の電極23を設けることが好ましい。第3の電極23は、図12B、12Cに示すように、第1の電極20と第2の電極22とを電氣的に接続し、また第1の電極20に比べてシート抵抗の小さい電極として、第2の電極22からの電流を効率的に第1の電極20に伝導させて、第2導電型層表面7sの面内に広がった電流の注入を可能とすることができる。これは、第1の電極20を透光性電極とするとシート抵抗が高くなり、面内方向に電流が広げるのが困難となることを改善するものであり、より低抵抗な第3の電極23を介して、電流を第1の電極20に伝導させることで、良好な電流の注入、拡散を実現して、発光効率に優れ

た発光素子とできる。このような低抵抗な第3の電極23の形状は特に限定されるものではなく、具体的には、窓部、若しくは開口部の周りを覆うように、若しくは開口部、窓部の長手方向に沿って、好ましくは図12B、12Cに示すように両側に配置して形成することが好ましい。これは、電流狭窄層により、電流が

5 選択的に形成された開口部に集中的に電流が注入されるが、この際に、開口部、若しくは窓部を囲むように、その周縁付近、若しくは窓部、開口部の開口形状に沿って配線されることで、電流狭窄域となる開口部に電流を効率的に注入できるからである。以上の第3の電極23の配置に関する説明は、その一実施形態を説明しただけであり、第3の電極23の形状、パターンを限定するものではなく、

10 格子状、ドット状、島状、1つから複数に分岐した枝状に配置してもよいことはいうまでもない。また、第3の電極23は、図3などに示すように、第1の電極20の上に形成される場合に限定されるものではなく、第2導電型層表面7sに第3の電極23を形成した後、それを覆うように第1の電極20を形成しても、

15 上述した作用が得られるため、このような形態も含まれるものであり、またボンディング用の電極である第2の電極22と同時に形成し、すなわち、第2の電極22を第1の電極20上に延長させて、配線させた構造としてもよいことはいうまでもない。さらに、開口部、窓部の周縁部近傍を囲むように配置することを説明したが、これら閉口した領域を囲む形態において、その全てを囲むことを指すものではなく、少なくとも一部の周縁部に形成されることが好ましく、開口部、

20 窓部が長手方向を有する場合には、長手方向に沿うように、ほぼ平行して設けられれば、長手方向に沿って電流が効率的に注入されるため、それでも十分に電流拡散機能を果たすことができる。具体的には、図12Bと12Cの違いであり、窓部、開口部をほぼ全部を囲むように、拡散用の第3の電極23を設けても良く

(図12B)、長手方向に沿って第3の電極23を設けても(図12C)、ほぼ同様に優れた電流拡散が実現される。

25

以上、第2導電型層に設ける電極について述べたが、次に、第1導電型層に設ける電極についても述べる。本願明細書に添付の図面は、全て基板の同一面側に正負一対の電極が設けられた、いわゆるフリップチップタイプの素子を示しているが、本発明の発光素子は、これに限らず、基板を挟持するように、すなわち基

5 板を挟んで正負一对の電極を対抗は位置した構造を用いてもよい。具体的には、
図3Bにおいて、反射層10を一方の電極として、基板の表面側に設けられた素
子構造の上に形成された電極とで対抗は位置した構造をとることもできる。正負
一对の電極を対向配置することで、電流の流れを基板面に垂直なものとして好ま
しい。

10 基板の同一面側に正負一对の電極を設ける場合における第1導電型層の電極2
1、24について以下説明する。基板の同一面側に正負一对の電極を設ける場合
には、図8、図12~16に示すように、pn接合部、活性層を有する凸部領域
51を囲むように電極21を形成することが好ましい。ここで、電極21は主に
第1導電型層とオーミック接触用の電極であり、電極24はワイヤーボンディン
グ用のパッド電極である。これらの図に示すように、凸部51をほぼ全領域を囲
むように形成することで、正負電極間で、電流の流れを凸部51の全域において、
均等に、かつ拡散させて流すことができることとなる。図14に示すように、凸
部51をほぼ全領域を囲む形態であっても良く、一部が開口して、凸部51の周
りを囲むように図13~16に示すように、形成してもよい。また、図12Bに
15 示すように、長手方向を有する矩形状、短冊状の凸部51が複数結合したような
形状においては、上記第3の電極23と同様に、長手方向に沿うように、電極2
1を設けることで、長手領域、特に長手領域の開口部、窓部を有する場合には、
その長手方向に沿うように、凸部51に近接して配置することで、長手領域の開
20 口部、窓部下部に効率的に電流が拡散、注入される形状となる。

25 また、各ボンディング用の電極22、24の配置としては、図14に示すよう
に、矩形状の素子チップに対して、対角線上に配置して、それぞれの電極を一方
の角近傍に配置する形態としても良く、また矩形状のチップに対して、その一辺
に沿って近接して配置してもよい。これらの電極配置とすることで、発光面積を
大きくとることができ、また一辺に沿って電極22、24を配置した場合には、
チップのボンディング、電極へのワイヤボンディングの際に、チップの一方に偏
って電極が設けられているため、ワイヤボンディングが容易となり好ましい。こ
のとき、素子チップの形状は矩形状に限定されるものではなく、菱形状、台形状、
平行四辺形状、多角形状であってもよい。また、第2の電極22は、図に示すよ

うに、凸部 51 上に設けても良く、絶縁膜などを介して、第 2 導電型層の電極形成面 2s 上に延在させて、電極 21, 24 とほぼ同じ高さに設けることもできる。

また、以上の電極にもちいられる材料としては、従来知られた窒化物半導体の電極材料、積層構造を用いることができる。具体的な電極材料としては、Ni、
5 Au、W、Pt、Ti、Rh、Al などがある。

(封止部材 [透光性部材])

LED などの発光素子チップ 200 は、通常、図 9 に示すように、封止部材 100 によって、封止され、パッケージングされた発光装置として使用される。このため、図 10 に示すように、窓部 40 と封止部材 100 との屈折率、若しくは
10 透光性膜と封止部材との屈折率により発光装置における光取出し効率を高めることができる。

具体的には、透光性膜の材料と封止部材の材料、若しくは窓部に第 2 導電型層が露出される場合には露出層の材料と封止部材の材料、との関係により、適宜各材料及び屈折率を決定することで、発光装置の発光出力を高めることができる。

封止部材は、発光素子チップ 200 からの光を透過させる透光性材料からなる場合が多く、例えば図 9 A に示すランプ型の発光装置において、封止部材 (モールド部材) 100 には、透光性樹脂としてエポキシ樹脂 (1.5~1.6)、シリ
15 コーン樹脂 (1.4~1.5) などが一般的に用いられる (括弧内は屈折率)。そのほかに、ポリイミド樹脂、またはフィラーなどの拡散材、蛍光体、顔料などの
20 粒子、ミクロンオーダー、サブミクロンオーダーの粒子などを含む封止部材を部分的に用いることもできる。

(活性層)

本発明において、活性層 3 としては、In を含む窒化物半導体を少なくとも有するものであり、 $In_xAl_yGa_{1-x-y}N$ ($0 < x \leq 1$, $0 \leq y < 1$, $0 < x + y \leq 1$) で表される窒化物半導体を用いられる。具体的には $In_xGa_{1-x}N$ ($0 < x \leq 1$) を用いることで、紫外域から可視光域 (青色~赤色) までの良好な発光を可能とする活性層、井戸層となる。少なくとも有することである。また、活性層は、量子井戸構造とすることで、良好な発光効率の発光素子が得られ、単一量子井戸構造であっても良く、多重量子井戸構造であっても良い。このとき、前記

Inを含む窒化物半導体は、量子井戸構造の井戸層、障壁層の少なくとも一方であっても良く、両方の層であっても良い。

(下地層12)

基板として、異種基板を用いる場合には、図1などに示すように、第1導電型層11、活性層3、第2導電型層12が積層された素子構造と、基板との間に、
5 下地層12として、低温成長バッファ層を用いると、結晶性を良好なものとする。低温成長バッファ層として具体的には、 $Al_xGa_{1-x}N$ ($0 < x \leq 1$)を用いることができる。

が良好なものとなる。また、基板上に設ける下地層として、その他に、ELOG(Epitaxially Laterally Overgrowth)成長させた窒化物半導体、横方向成長層60を用いると結晶性が良好な成長基板が得られる。ELOG層の具体例としては、図6に示すように、基板上に、窒化物半導体層13aを成長させ、その表面に窒化物半導体の成長が困難な保護膜を設けるなどして形成したマスク18領域と、窒化物半導体を成長させる非マスク領域(開口部)を、ストライプ状に設け、その非
10 マスク領域から窒化物半導体を成長させることで、膜厚方向への成長に加えて、横方向への成長が成されることにより(図6B)、マスク領域の上部にも窒化物半導体が成長して成膜された層13bとなる。その他の形態では、異種基板上に成長させた窒化物半導体層に開口部を設け、その開口部側面から横方向への成長がなされて、成膜される層でもよい。

このように、横方向成長(ELOG)による窒化物半導体、若しくはその上に成長させた窒化物半導体層13bの特徴としては、結晶性の分布を呈した表面を有するものであり、図6に示すように、結晶性の良い領域Aと、結晶性の悪い領域Bと、が設けられるものである。この時、結晶性の良い領域A、悪い領域Bは、主に転位密度を評価することにより決定されるものであり、結晶性の良い領域A
25 の転位密度/結晶性の悪い領域Bの転位密度の比としては、下地層13aの結晶性にもよるが、 $1/10$ 以上、好ましくは $1/100$ 以上の転位密度の違いが現れる。具体的には、結晶性の良い領域Aにおける転位密度は、 $1 \times 10^{10}/cm^2$ 以下であり、好ましくは $1 \times 10^8/cm^2$ 以下となるものであり、また結晶性の

悪い領域Bにおける転位密度は、 $1 \times 10^{10} / \text{cm}^2$ 以上となり、欠陥が多い場合には $1 \times 10^{13} / \text{cm}^2$ 以上となる。さらに、結晶性の良い領域Aは、好ましい欠陥密度としては、 $1 \times 10^6 / \text{cm}^2$ 以上 $1 \times 10^7 / \text{cm}^2$ 以下の範囲程度まで、結晶性が改善される。このような貫通転位の面内分布は、図6Bに示すように横方向成長時に、窒化物半導体13b内の貫通転位が横方向に伸びて、膜厚方向に貫通転位が伝搬しないことで、横方向に成長した領域Aにおいて貫通転位が低減された表面となる。図6ではハッチングを施して低欠陥領域Aを締めするものであり、図6A～6Cは、横方向成長層13bの成長形態を説明する模式断面図であり、図6D、6Eは、横方向成長層13b(60)表面若しくは、pn接合面50内で、低欠陥領域Aと、高欠陥領域Bとが分布する様子を示すものである。この低欠陥領域A内に上記電流狭窄層の開口部を設けることで、結晶性の良好な領域の活性層内に選択的に電流が注入され、高出力、優れた素子寿命、高発光効率の発光素子とできる。低欠陥領域Aの像と、開口部の像との関係は、上述した窓部の像と開口部の像との関係において、窓部を低欠陥領域Aに置き換えた関係においた発光素子とすることが好ましい。

ここで、横方向成長時のマスク形状、すなわち基板面内における横方向成長領域、マスクを用いる場合にはマスク形状、としては、特に限定されず、ストライプ状、ドット状、格子状、六角形状(窒化物半導体の六方晶系に近似した面方位にほぼ一致した)、若しくはこれらの組み合わせなどあらゆる形状を適応することができる。また、マスクを用いない場合には、凸部若しくは島状の窒化物半導体を形成し、そこから成長させることで、横方向成長を発現させ、横方向成長を伴った成膜がなされる。

(凸部(pn接合部を含む)51)

本発明の別の実施形態として、図12～16に示すように、基板の同一面側に、正負一対の電極を設ける構造においては、pn接合部、具体的には活性層、第2導電型層を有する凸部51が、基板面に対して部分的に設けられたいわゆるフリップチップタイプの素子がある。凸部51の形態について、具体的に説明すると、図13に示すように、ほぼ矩形状であっても良く、矩形状で一部(角)がかけて、ボンディング用電極24を設ける領域が形成された凸部形状51(図14A)に

示すような形状であってもよい。好ましくは、図12Cに示すように、矩形領域、短冊状の凸部51を複数結合したような形状とすることが好ましい。これは、上記電極の説明でも述べたように、各導電型層の電極を開口部、窓部の周囲、若しくは長手方向に沿って、電極を形成することで、各電極間を流れる電流をpn接
5 合面内に分散させて、開口部に集中させることが可能になることによるものであり、各導電型層の電極を凸部領域51の側面、図12の上面図において、凸部51の辺の長さを長くすることで、各導電型層の電極を近接して長い領域でもって配置することが可能となり、正負電極間の距離を小さくし、大電流下での発光特性に優れる発光素子が得られる。具体的な形状としては、図12Cの発光観測面
10 側からみた上面図において、凸部領域51を、ストライプ状、矩形状などの突出部を設け（図中の窓部が設けられた領域）、長手方向に伸びた突出領域を形成することが電極の配置、電流の流れの関係から好ましく、図に示すように、短冊状の領域、ストライプ状の領域を接合した凸部51としても良く、図8に示すように、各ストライプ状の凸部51を複数独立して、すなわち、pn接合部（活性層）を、
15 分離して設けて、電極、若しくはそれに電氣的に接合する配線でもって電氣的に接合した形状であってもよい。このように、凸部51の突出した領域において、好ましくはストライプ状の領域において、それに長手方向をほぼ平行にする窓部、開口部を設けることにより、上記電流注入、発光の関係から好ましい発光素子が得られ好ましい。また、図12Cに示すように、ストライプ状の突出部を結合する領域にも、窓部、開口部を設ける形状であってもよい。なぜなら、図からわかるように、凸部51は、ストライプ状の領域が複数結合した形状となっているため、結合部においても（図中の窓部にほぼ垂直な方向に伸びる凸部領域51）、ストライプ状となっているためである。

図8は、上述したように、凸部51が長手方向を有するストライプ状の領域が、
25 活性層が分離されて複数設けられる形態を示す例である。ここで、図中の短い矢印で示す領域を1つの発光素子としても良く、長い矢印で示す領域を1つの素子としてもよい。また上述したように、pn接合部が分離されて、互いに独立した複数の凸部51を導電性材料により電氣的に接続して（配線して）接合した発光素子とすることもできる。

(電流狭窄層の開口部と窓部と凸部 5 1)

上述したように、窓部と開口部は、 $p-n$ 接合面の投影面において、それらの投影像が一部重なるように形成することを説明したが、これに上記凸部領域 5 1 を加えた 3 者の関係について以下説明する。図 1 は、図 1 2 における A A 切断面の一部 (凸部 5 1 の一つのストライプ状の突出部)、若しくは B B 切断面を模式的に示す断面図であり、図 1 5 は図 1 と異なる実施形態を説明するものであり、図 1 6 は、これら切断面において、開口部、若しくは窓部が複数も受けられる様子を示すものである。図 1、図 1 6 は凸部 5 1 の領域、若しくは凸部 5 1 のストライプ状の突出部においてストライプ方向に垂直な切断面での開口部と窓部との関係を示すものである。

図 1 5 には、本発明における凸部 5 1 の側面に開口する開口部 4 1 を電流狭窄層 5 に設ける形態を示している。本発明では、電流狭窄層を凸部 5 1 端面に開口して設けることで、その凸部 5 1 端面若しくは側面に近接して配置された第 1 導電型層の電極 2 1 との間に多くの電流を流し、一方で、電流狭窄層の下部に位置する活性層において発光が起こり、電流狭窄層の開口部が端面に開口していることから、この活性層からの光を電流狭窄層に影響されずに効率よく凸部側面に導き、その側面からの光の取り出しを可能としている。このような凸部 5 1 側面に開口する形態は、図 1 5 A に示すように、開口部と電極 2 0、2 3 とが、その像が重なるように、配置されており、側面に開口する開口部に、多くの電流を面内で分配できる形状であり、凸部側面から多くの光を取り出せる構造となっている。一方で、図 1 5 B に示すように、開口部と電極 2 0、2 3 とが重ならないように配置された場合には、図 1 5 A ほどは凸部側面に開口する開口部に電流を集中させて、凸部側面から多くの光を取り出せる構造とはならないが、その電流集中の減らしたことで、他の開口部、すなわち、活性層面内に多くの電流路を設けて、電流分散傾向を強めることができ、上面からの光取り出しに寄与するものとなる。ここで、図 1 5 は、図 1 6 と同様に、凸部領域の一部における断面構造を示すものであり、また図 1 5 A、B の構造は、凸部の一部に設けても、ほぼ全てに適用しても良い。

開口部と窓部及び凸部の形状は、上述したように、それぞれ電流路、発光効率、

発光素子チップの指向性を決定する上で重要な要素となる。例えば、図18Aに示すように、ストライプ状の凸部に対して、そのストライプ方向とほぼ平行にストライプ状の開口部41を設けることで、そのストライプ方向に光が取り出される。また、図18Bに示すように、ストライプ状の凸部に対して、開口部をそのストライプ方向にほぼ平行に配列した形状でも、同様にストライプ状の発光が上面から得られ、またこの時窓部をそれに対応してストライプ状に配列することで効率よく光を取り出される。また、この時、第1導電型層の電極21、第2導電型層の電極23、20の少なくとも一方を、凸部、開口部、若しくは開口部の配列方向、に平行に、それに沿って配置することで、開口部内に分散して、若しくは各開口部に分散して電流路を形成でき好ましく、更に好ましくは両方の電極を凸部の長手方向に沿って形成することである。

実施例.

[実施例1]

実施例として、図14に示す発光素子を作製し、このとき、第1導電型層11をn型層、第2導電型層12をp型層として形成するが、本発明はこれに限定されずこれとは逆に、第1導電型層をp型層、第2導電型層をn型層としてもよい。

(基板)

基板として、C面を主面とし、オリフラ面をA面とするサファイア基板からなる異種基板を反応容器内にセットし、温度を510℃にして、キャリアガスに水素、原料ガスにアンモニアとTMG（トリメチルガリウム）とを用い、サファイア基板上に、GaNよりなるバッファ層を200Åの膜厚で成長させる。バッファ層成長後、TMGのみ止めて、温度を1050℃まで上昇させ、1050℃になったら、原料ガスにTMG、アンモニア、シランガスを用い、アンドープGaNよりなる下地層13aを5μmの膜厚で成長させる。図6に示すように、その下地層13aの上にストライプ状のフォトマスクを形成し、CVD装置によりストライプ幅6μm、開口部14μmのSiO₂よりなるマスク18を0.5μmの膜厚で形成する。なお、マスクのストライプ方向はサファイアA面に対して垂直な方向とする。マスク形成後、ウェーハを反応容器に移し、1050℃にて、原料ガスにTMG、アンモニアを用い、アンドープのGaNよりなる横方向成長層

13bを15 μ mの膜厚で成長させる。

以下、この下地層13の上に、図14に示すように、素子構造を作製する。

(反射層10)

下地層13の上に、図1に示すように、1050 $^{\circ}$ Cで原料ガスにTMA（トリ
5 メチルアルミニウム）、TMG、アンモニアガスを用いアンドープのAl_{0.5}Ga_{0.5}N（A層10a）、原料ガスをTMG、アンモニアガスとしてアンドープのGa
N（B層10b）、を交互に3対積層して（A/B/A/B/A/B）、反射層1
0を形成する。この時、各層の膜厚は $\lambda / (4n)$ である。

(発光素子構造) 反射層10を形成した後、1050 $^{\circ}$ Cで原料ガスにTMG、ア
10 ンモニアガスを用いてSiドープのGaN、3 μ mのn型コンタクト層2、以下
同様にして、

15 活性層3：Siを $5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ ドープしたIn_{0.01}Ga_{0.99}Nよりなる障
壁層（100 \AA ）、アンドープのIn_{0.11}Ga_{0.89}Nよりなる井戸層（50 \AA ）、
障壁層/井戸層/障壁層/井戸層/障壁層/井戸層/障壁層の順に積層して総膜
厚550 \AA の多重量子井戸構造（MQW）

p側クラッド層（第1の窒化物半導体層4）：Mgを $1 \times 10^{20} / \text{cm}^3$ ドープし
たp型Al_{0.2}Ga_{0.8}N、膜厚4nmの第3の層、Mgを $1 \times 10^{20} / \text{cm}^3$ ドー
プしたIn_{0.03}Ga_{0.97}N、膜厚2.5nmの第4の層とを、1対として、交互
に5層ずつ、5対積層して、最後に第3の層を積層した超格子構造の多層膜

20 電流狭窄層5：アンドープのAl_{0.1}In_{0.03}Ga_{0.87}N、100nm

以上を積層した後、図4に示すように、マスク18を設けてエッチングして一部を
除去し、図14に示すようにストライプ状の開口部41を、幅2 μ m、長さ20
0 μ mで形成する。この時、開口部41は、図に示すように、横方向成長層の低
欠陥領域A内に配置する。

25 次に、p側コンタクト層（第2の窒化物半導体層6）として、Mgを $1 \times 10^{20} / \text{cm}^3$ ドープしたp型GaNを1 μ mの膜厚で形成する。

続いて、n型コンタクト層を一部露出させて電極形成面とし、p型コンタクト
層表面にNi・Auを含む透明電極（第1の電極20）を膜厚20nm、幅3 μ
m、長さ210 μ mで、開口部41の全面を覆うストライプ領域を除いて形成す

る。露出させたn型コンタクト層にWとAlを含むn電極21を形成する。また、各電極にパッド電極22、23を設ける。

さらに、p型コンタクト層6表面で、上記ストライプ領域の窓部40に、ZnO₂を上記条件式の膜厚で透光性膜30を形成する。このようにして得られた発光素子チップを、図9Aに示すように、リード電極101の反射部102のカップ内に、ダイボンディングし、透光性樹脂（エポキシ樹脂、屈折率1.5）でモールドして、ランプ型の発光装置とする。

産業上の利用の可能性

10 本発明により得られる窒化物半導体発光素子は、発光面上方への光を積極的に、かつ効率的に取り出すことが可能となり、光取り出し効率向上、高出力化が可能な発光素子が得られる。また、電流狭窄構造を1つ、若しくは複数設けた構造となるため、微少領域の開口部に集中して電流を活性層に注入する構造とでき、高速応答性に優れた発光素子とでき、光通信に好適に利用できるものとなる。また、
15 一方で、窒化物半導体は、p型のキャリアを高濃度でドーピングした層が形成できず、面内の電流拡散が困難であったが、第2導電型層をp型層とすることで、電流狭窄層が面内への電流路を拡散する電流拡散の機能を担い、発光効率に優れた発光素子とできる。

請求の範囲

1. 基板の上に、第1導電型の窒化物半導体層を有する第1導電型層と、活性層と、第1導電型と異なる第2導電型の第1の窒化物半導体層を有する第2導電型層と、が積層された構造を有する窒化物半導体発光素子において、
5 前記第2導電型層が、第1の窒化物半導体層の上に、第2の窒化物半導体層を有すると共に、該第1の窒化物半導体層と第2の窒化物半導体層との間に、開口部を含み、前記第1導電型、i型、若しくは半絶縁性の第3の窒化物半導体層を含む電流狭窄層を有し、
10 前記第2導電型層の上に、窓部と第1の電極とが部分的に形成されていることを特徴とする窒化物半導体発光素子。
2. 前記窓部に透光性膜が形成されていることを特徴とする請求項1記載の窒化物半導体発光素子。
3. 前記第3の窒化物半導体層が $Al_xIn_yGa_{1-x-y}N$ ($0 < x < 1$ 、 $0 < y < 1$ 、 $x + y \leq 1$) からなることを特徴とする請求項2記載の窒化物半導体発光素子。
15
4. 前記基板が第1の主面と第2の主面とを有し、前記第1導電型層が第1の主面の上に設けられ、第1の主面若しくは第2の主面上に、反射層が設けられていることを特徴とする請求項2記載の窒化物半導体発光素子。
5. 前記反射層が、基板と活性層との間に設けられ、 $Al_\alpha Ga_{1-\alpha}N$ ($0 \leq \alpha \leq 1$) からなる組成の異なる層を複数積層した多層膜であることを特徴とする請求項4記載の窒化物半導体発光素子。
20
6. 前記透光性膜若しくは窓部をpn接合面に投影した像が、電流狭窄層の開口部を投影した像の少なくとも一部と重なるように、設けられていることを特徴とする請求項1乃至5記載の窒化物半導体発光素子。
25
7. 前記第1の電極が透光性であり、該電極の上に、電氣的に接続された第2の電極を有することを特徴とする請求項6記載の窒化物半導体発光素子。
8. 前記透光性膜若しくは窓部、及び／又は、前記電流狭窄層の開口部、が複数設けられていることを特徴とする請求項7記載の窒化物半導体発光素子。

9. 前記第1導電型層の一部が露出されて電極が形成され、第1導電型層の電極と第2導電型層の電極とが基板の同一面側に設けられると共に、第1導電型層の電極が、第1導電型層の一部を露出されることで設けられた前記活性層及び第2導電型層を含む凸部を、囲むように形成されていることを特徴とする請求項8記載の窒化物半導体発光素子。

10. 基板の上に、第1導電型の窒化物半導体層を有する第1導電型層と、活性層と、第1導電型と異なる第2導電型の第1の窒化物半導体層を有する第2導電型層と、が積層された構造を有する窒化物半導体発光素子において、

前記第2導電型層が、第1の窒化物半導体層の上に、第2の窒化物半導体層を有すると共に、該第1の窒化物半導体層と第2の窒化物半導体層との間に、開口部を含み、前記第1導電型、i型、若しくは半絶縁性の第3の窒化物半導体層を含む電流狭窄層を有し、

前記第2導電型層の上に、窓部と第1の電極とが部分的に形成され、

基板の上に前記活性層及び第2導電型層を含む凸部が形成され、前記電流狭窄層が該凸部のほぼ全ての側面を囲むように設けられていることを特徴とする窒化物半導体発光素子。

11. 基板の上に、第1導電型の窒化物半導体層を有する第1導電型層と、活性層と、第1導電型と異なる第2導電型の第1の窒化物半導体層を有する第2導電型層と、が積層された構造を有する窒化物半導体発光素子において、

前記第2導電型層が、第1の窒化物半導体層の上に、第2の窒化物半導体層を有すると共に、該第1の窒化物半導体層と第2の窒化物半導体層との間に、開口部を含み、前記第1導電型、i型、若しくは半絶縁性の第3の窒化物半導体層を含む電流狭窄層を有し、

前記第2導電型層の上に、窓部と第1の電極とが部分的に形成され、

基板の上に前記活性層及び第2導電型層を含む凸部が形成され、前記電流狭窄層が該凸部の少なくとも1つの側面において、側面の少なくとも一部に開口する開口部を有することを特徴とする窒化物半導体発光素子。

12. 前記凸部の角部、若しくは隅部の少なくとも1つに電流狭窄層が設けられていることを特徴とする請求項11記載の窒化物半導体発光素子。

13. 前記第2導電型層の上に、窓部と第1の電極とが部分的に形成されていることを特徴とする請求項10乃至12記載の窒化物半導体発光素子。

14. 窓部をpn接合面に投影した像が、電流狭窄層の開口部を投影した像の少なくとも一部と重なるように、設けられていることを特徴とする請求項13記載の窒化物半導体発光素子。

15. 前記第3の窒化物半導体層が $Al_xIn_yGa_{1-x-y}N$ ($0 < x < 1$ 、 $0 < y < 1$ 、 $x + y \leq 1$) からなることを特徴とする請求項14記載の窒化物半導体発光素子。

16. 前記開口部が複数設けられていることを特徴とする請求項15記載の窒化物半導体発光素子。

17. 前記凸部が、第1導電型層の一部を露出させることにより、該露出面より上方に突出して設けられると共に、露出面に電極が形成され、該電極が凸部の側面に沿って形成されていることを特徴とする請求項16記載の窒化物半導体発光素子。

18. 前記凸部側面の内、第1導電型層の露出面に形成されたボンディング用の電極に対峙する側面には、電流狭窄層が設けられ、他の側面の一部には、該側面の少なくとも一部に開口する開口部が設けられていることを特徴とする請求項17記載の窒化物半導体発光素子。

19. 前記pn接合面への開口部と第1の電極の像において、第1の電極の像の少なくとも一部が、少なくとも1つの開口部の像に重なるように、第1の電極、開口部が設けられていることを特徴とする請求項18記載の窒化物半導体発光素子。

20. 前記開口部の像の1つに対して、該開口部の像を複数の領域に区切るように、前記開口部の像を架橋する第1の電極が設けられていることを特徴とする請求項19記載の窒化物半導体発光素子。

21. 前記第1の電極の少なくとも一部を覆って、第1の電極の上に、透光性膜が形成されていることを特徴とする請求項20記載の窒化物半導体発光素子。

22. 前記開口部が長手方向を有し、前記第1の電極の少なくとも一部が、該長手方向に沿って、設けられていることを特徴とする請求項21記載の窒化物半

導体発光素子。

13. 基板の上に、第1導電型の窒化物半導体層を有する第1導電型層と、活性層と、第1導電型と異なる第2導電型の第1の窒化物半導体層を有する第2導電型層と、が積層された構造を有する窒化物半導体発光素子において、

- 5 前記第2導電型層が、第1の窒化物半導体層の上に、第2の窒化物半導体層を有すると共に、該第1の窒化物半導体層と第2の窒化物半導体層との間に、開口部を含み、前記第1導電型、i型、若しくは半絶縁性の第3の窒化物半導体層を含む電流狭窄層を有し、

前記第2導電型層の上に、窓部と第1の電極とが部分的に形成され、

- 10 前記第3の窒化物半導体層が、 $Al_xIn_yGa_{1-x-y}N$ ($0 < x < 1$ 、 $0 < y < 1$ 、 $x + y \leq 1$) を有することを特徴とする窒化物半導体発光素子。

23. 前記第1の窒化物半導体層、若しくは第2の窒化物半導体層が、前記第3の窒化物半導体層の $Al_xIn_yGa_{1-x-y}N$ よりも、III族の構成元素数が少ない窒化物半導体を有することを特徴とする請求項22記載の窒化物半導体発光素子。

15

24. 前記第3の窒化物半導体層の $Al_xIn_yGa_{1-x-y}N$ が、アンドープであることを特徴とする請求項22又は23記載の窒化物半導体発光素子。

25. 前記透光性膜、及び請求項2記載の発光素子を封止する封止部材が設けられた発光装置において、

- 20 前記透光性膜の膜厚 d_2 が、第2の窒化物半導体層の屈折率 n_1 、封止部材の屈折率 n_3 、透光性膜の屈折率 n_2 である時、次式で表されることを特徴とする発光装置。

$$d_2 = \lambda / (4n_2), \text{ 但し } n_2 = (n_1n_3)^{(1/2)}$$

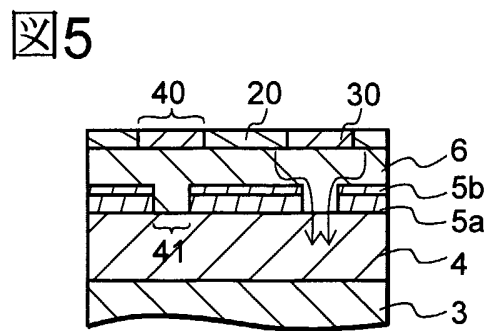
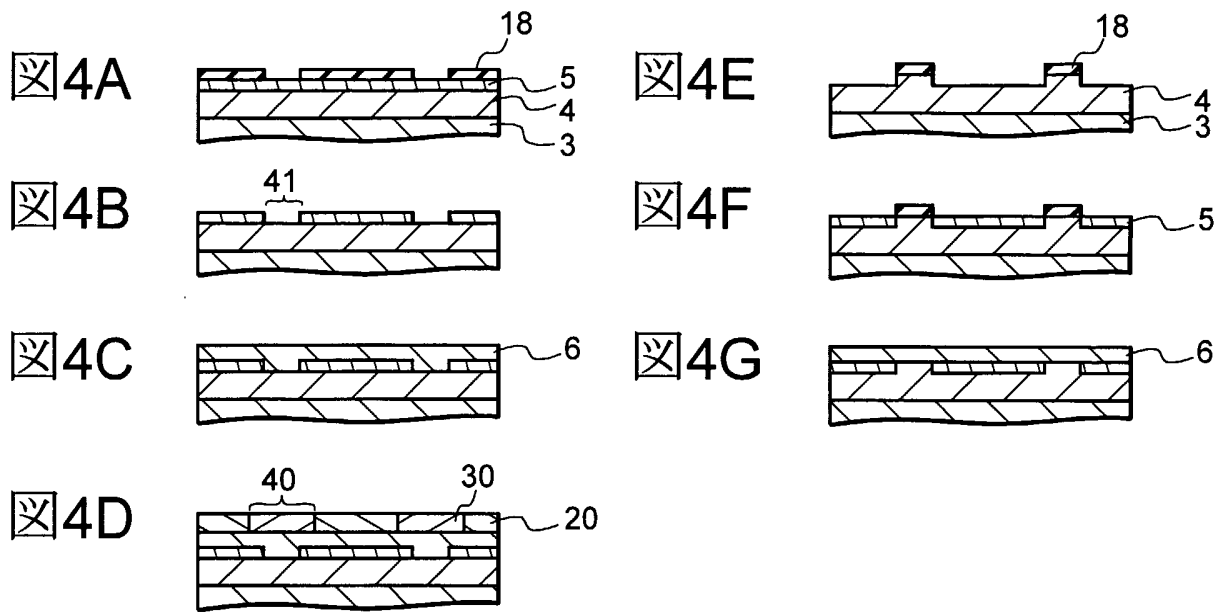


図6A

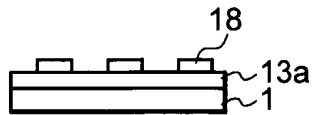


図6B

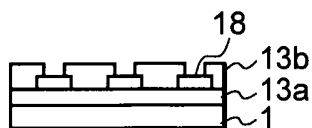


図6C

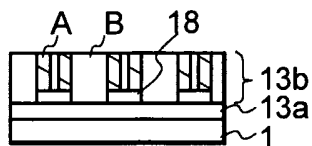


図6D

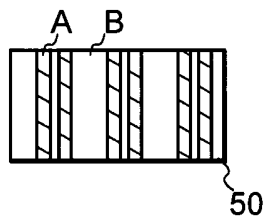


図6E

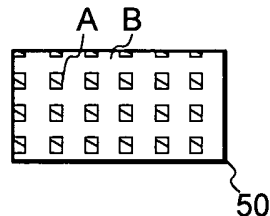


図7A

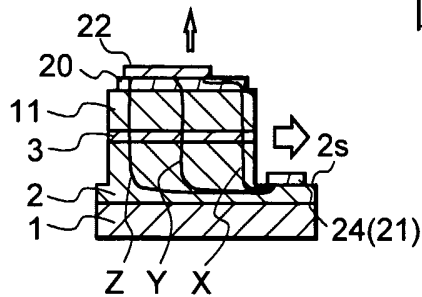


図7B

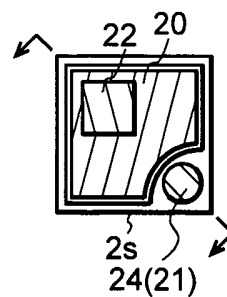


図7C

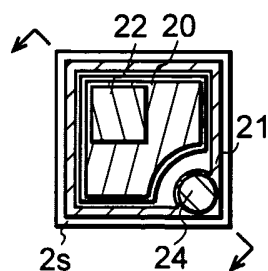


図7D

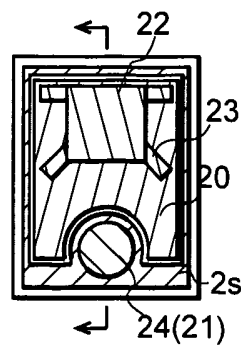


図8A

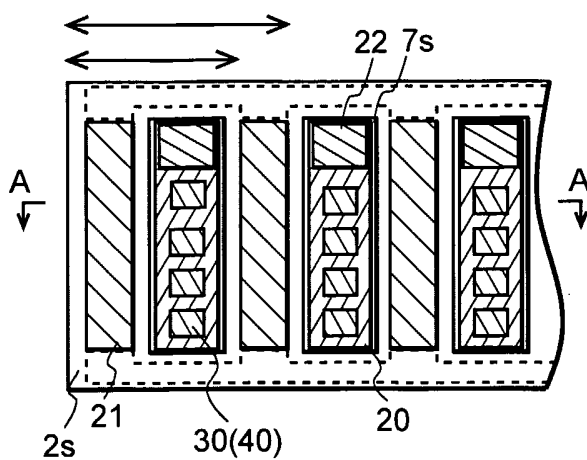


図8B

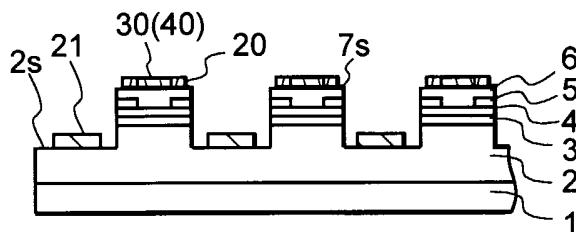


図9A

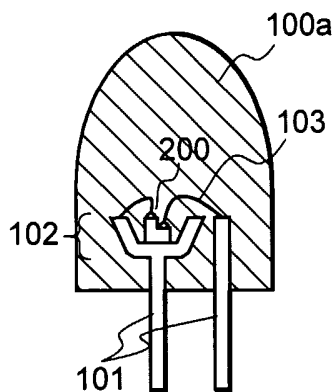


図9B

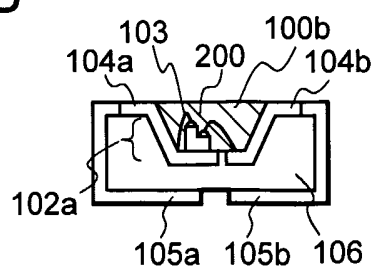


図9C

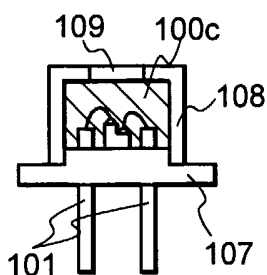


図9D

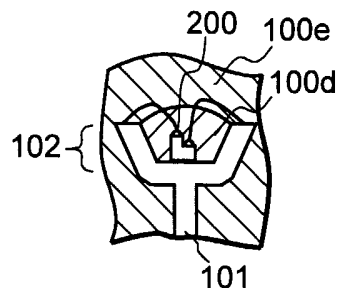


図10A

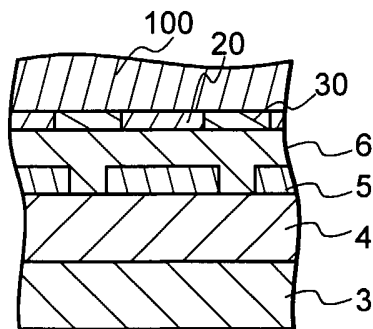


図10B

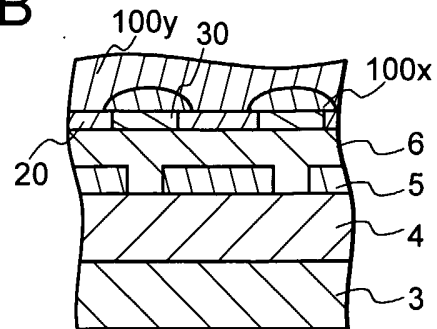


図11A

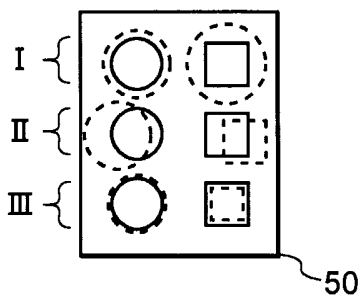


図11B

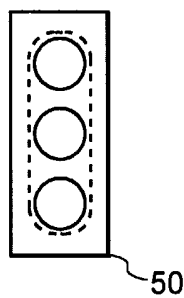


図11C

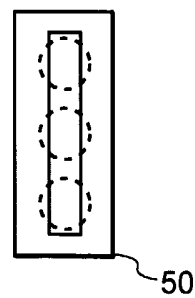


図11D

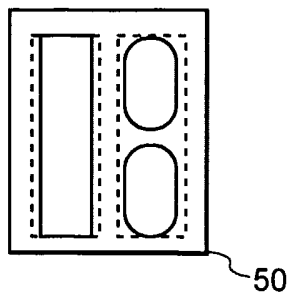


図11E

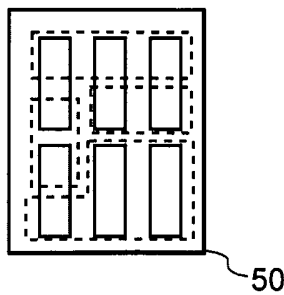


図11F

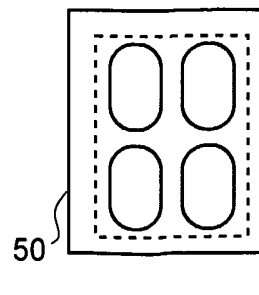


図 12A

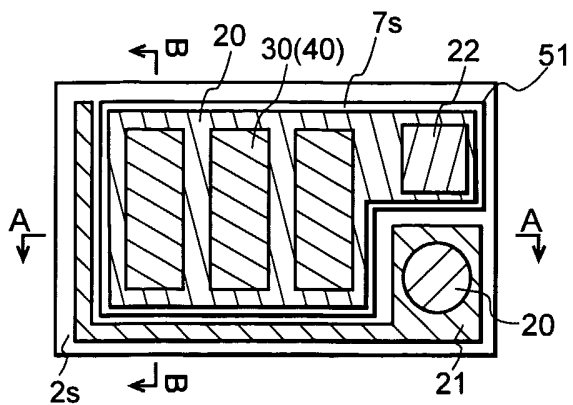


図 12B

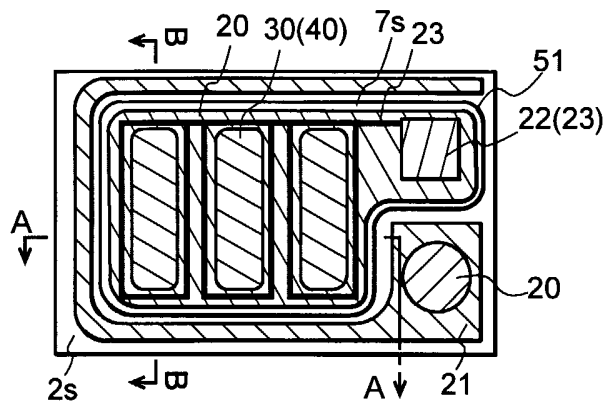


図 12C

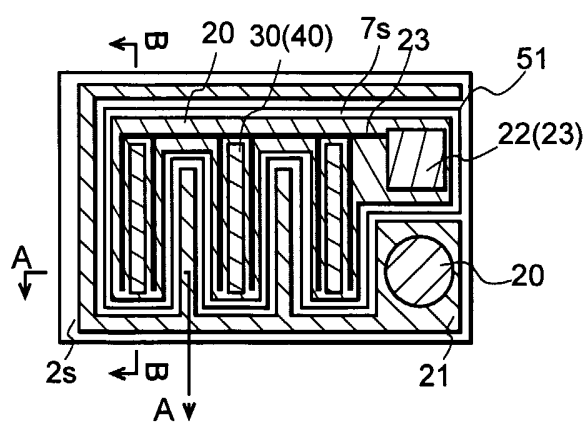


図 15A

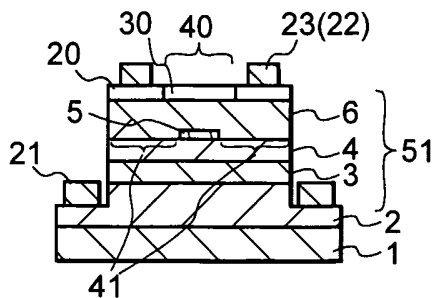


図 15B

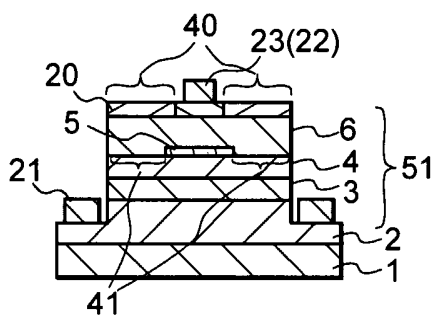


図 16A

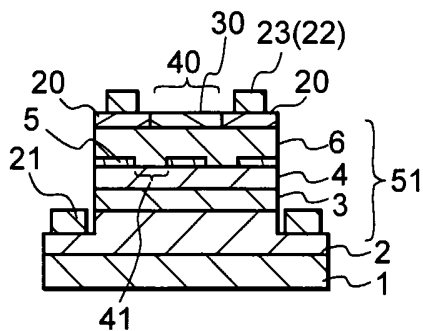
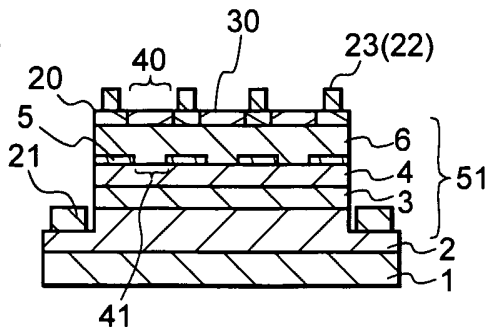
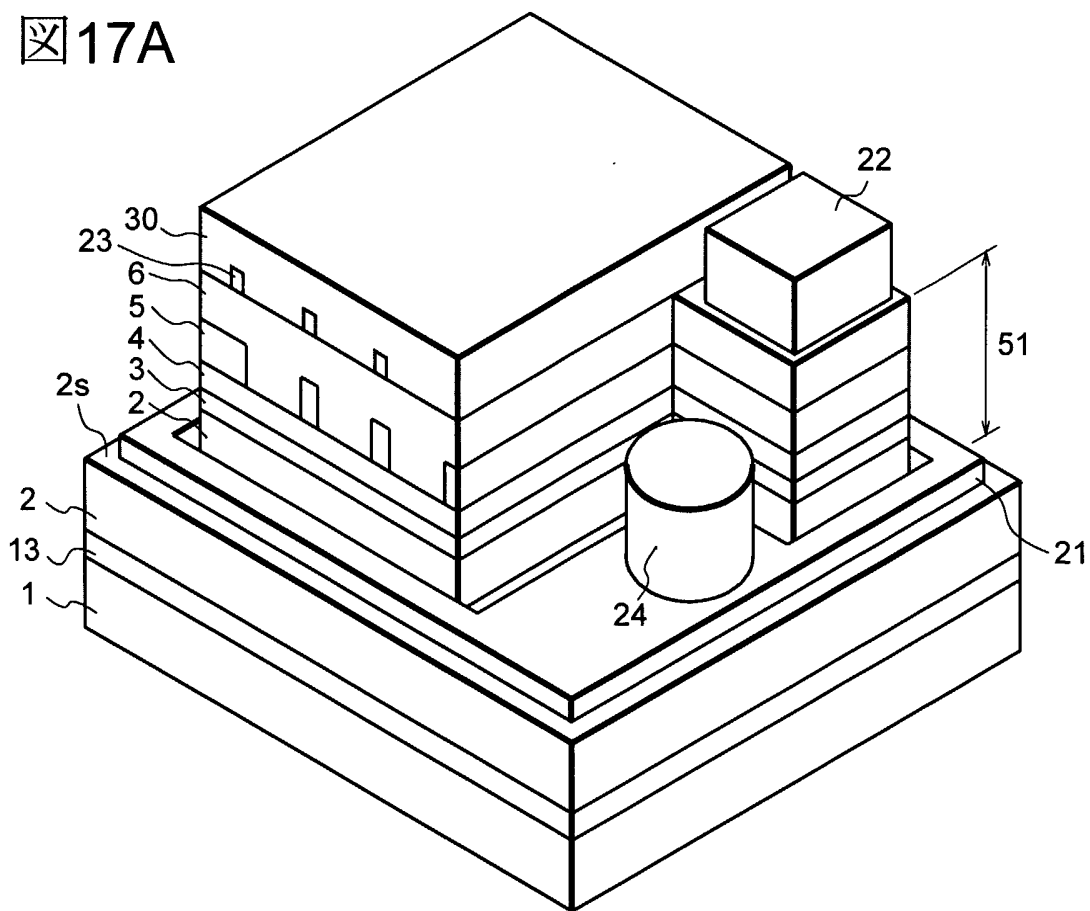


図 16B



17A



17B

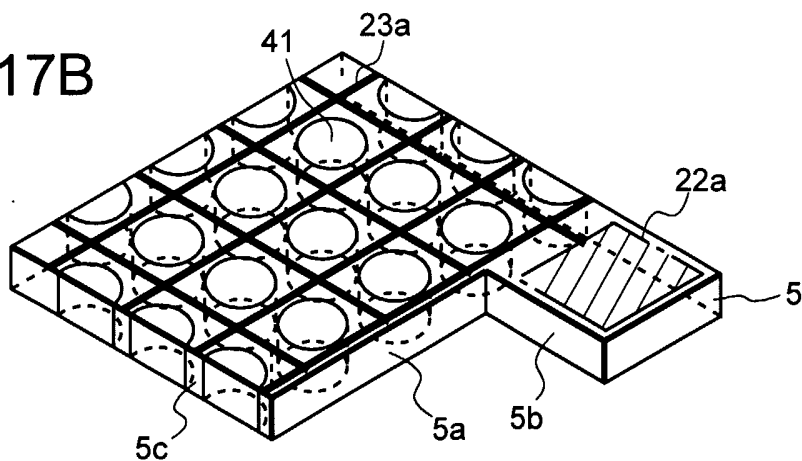


図18A

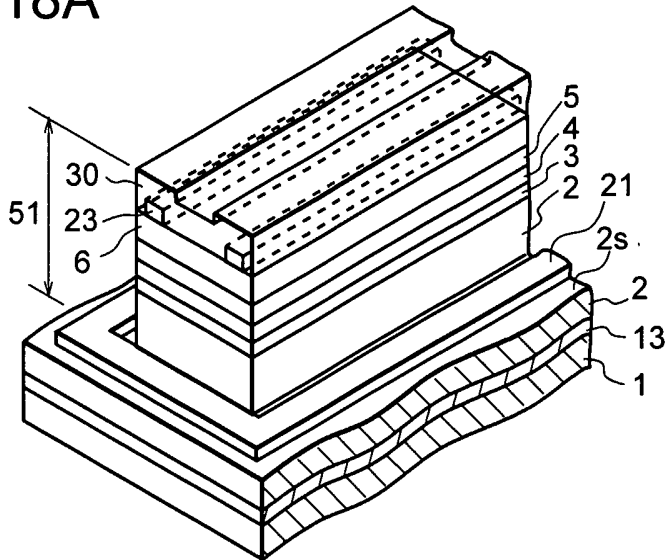


図18B

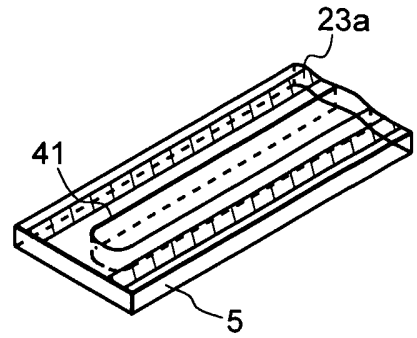


図18C

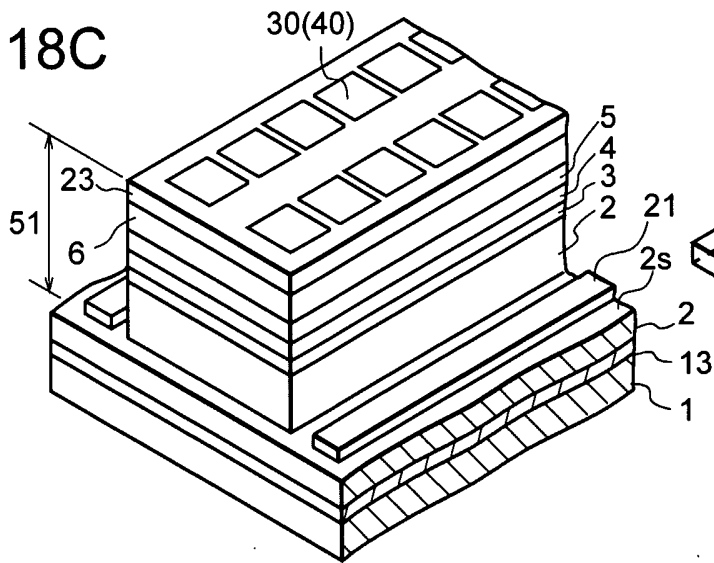


図18D

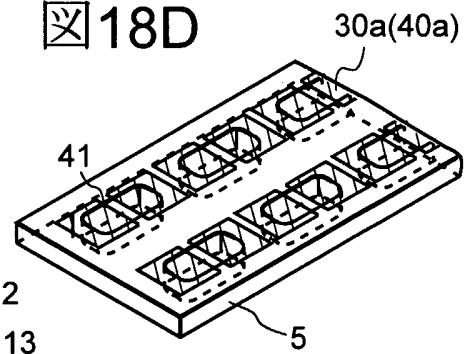
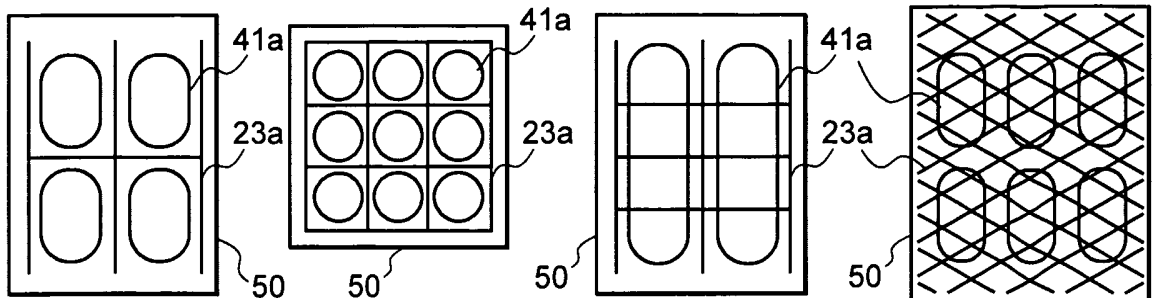


図19A

図19B

図19B

図19B



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/05097

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁷ H01L 33/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl⁷ H01L 33/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1940-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2001
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2001 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2001

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 2000-174340 A (Mitsubishi Cable Industries, Ltd.), 23 June, 2000 (23.06.00), Full text; Fig. 1 (Family: none)	1, 6, 10 2, 4, 5, 7-9 3, 11-25
Y A	JP 5-41537 A (Omron Corporation), 19 February, 1993 (19.02.93), Full text; Fig. 1 (Family: none)	2 25
Y	JP 60-253283 A (Toshiba Corporation), 13 December, 1985 (13.12.85), page 2, upper left column; Fig. 1 (Family: none)	2
Y	JP 6-334213 A (Sharp Corporation), 02 December, 1994 (02.12.94), Par. No. [0027]; Fig. 3 (Family: none)	4, 5
Y	JP 9-129932 A (Nichia Chemical Industries Ltd.), 16 May, 1997 (16.05.97), Full text; Fig. 4 (Family: none)	7

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family
---	--

Date of the actual completion of the international search
23 October, 2001 (23.10.01)

Date of mailing of the international search report
06 November, 2001 (06.11.01)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/05097

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 61-8981 A (Oki Electric Industry Co., Ltd.), 16 January, 1986 (16.01.86), Full text; Fig. 1 (Family: none)	8
Y	JP 10-163531 A (Nichia Chemical Industries Ltd.), 19 June, 1998 (19.06.98), Full text; Figs. 4 to 6 (Family: none)	9
A	JP 10-190063 A (Sharp Corporation), 21 July, 1998 (21.07.98), Full text; Fig. 1 (Family: none)	18

<p>A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))</p> <p style="text-align: center;">Int. Cl⁷ H01L 33/00</p>											
<p>B. 調査を行った分野</p> <p>調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))</p> <p style="text-align: center;">Int. Cl⁷ H01L 33/00</p>											
<p>最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの</p> <table style="width:100%; border: none;"> <tr> <td style="padding: 2px;">日本国実用新案公報</td> <td style="padding: 2px;">1940-1996年</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">日本国公開実用新案公報</td> <td style="padding: 2px;">1971-2001年</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">日本国登録実用新案公報</td> <td style="padding: 2px;">1994-2001年</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">日本国実用新案登録公報</td> <td style="padding: 2px;">1996-2001年</td> </tr> </table>			日本国実用新案公報	1940-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2001年	日本国登録実用新案公報	1994-2001年	日本国実用新案登録公報	1996-2001年	
日本国実用新案公報	1940-1996年										
日本国公開実用新案公報	1971-2001年										
日本国登録実用新案公報	1994-2001年										
日本国実用新案登録公報	1996-2001年										
<p>国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)</p>											
<p>C. 関連すると認められる文献</p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width:10%; padding: 2px;">引用文献の カテゴリー*</th> <th style="width:70%; padding: 2px;">引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示</th> <th style="width:20%; padding: 2px;">関連する 請求の範囲の番号</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center; vertical-align: middle; padding: 5px;">X Y A</td> <td style="padding: 5px;"> JP 2000-174340 A (三菱電線工業株式会社) 23. 6月. 2000 (23. 06. 00) 全文, 1図 (ファミリーなし) </td> <td style="text-align: center; vertical-align: middle; padding: 5px;">1, 6, 10 2, 4, 5, 7-9 3, 11-25</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; vertical-align: middle; padding: 5px;">Y A</td> <td style="padding: 5px;"> JP 5-41537 A (オムロン株式会社) 19. 2月. 1993 (19. 02. 93) 全文, 1図 (ファミリーなし) </td> <td style="text-align: center; vertical-align: middle; padding: 5px;">2 25</td> </tr> </tbody> </table>			引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号	X Y A	JP 2000-174340 A (三菱電線工業株式会社) 23. 6月. 2000 (23. 06. 00) 全文, 1図 (ファミリーなし)	1, 6, 10 2, 4, 5, 7-9 3, 11-25	Y A	JP 5-41537 A (オムロン株式会社) 19. 2月. 1993 (19. 02. 93) 全文, 1図 (ファミリーなし)	2 25
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号									
X Y A	JP 2000-174340 A (三菱電線工業株式会社) 23. 6月. 2000 (23. 06. 00) 全文, 1図 (ファミリーなし)	1, 6, 10 2, 4, 5, 7-9 3, 11-25									
Y A	JP 5-41537 A (オムロン株式会社) 19. 2月. 1993 (19. 02. 93) 全文, 1図 (ファミリーなし)	2 25									
<p><input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。</p>											
<table style="width:100%; border: none;"> <tr> <td style="width:50%; border: none; vertical-align: top;"> <p>* 引用文献のカテゴリー</p> <p>「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの</p> <p>「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの</p> <p>「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)</p> <p>「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</p> <p>「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願</p> </td> <td style="width:50%; border: none; vertical-align: top;"> <p>の日の後に公表された文献</p> <p>「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの</p> <p>「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの</p> <p>「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの</p> <p>「&」 同一パテントファミリー文献</p> </td> </tr> </table>			<p>* 引用文献のカテゴリー</p> <p>「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの</p> <p>「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの</p> <p>「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)</p> <p>「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</p> <p>「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願</p>	<p>の日の後に公表された文献</p> <p>「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの</p> <p>「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの</p> <p>「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの</p> <p>「&」 同一パテントファミリー文献</p>							
<p>* 引用文献のカテゴリー</p> <p>「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの</p> <p>「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの</p> <p>「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)</p> <p>「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</p> <p>「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願</p>	<p>の日の後に公表された文献</p> <p>「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの</p> <p>「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの</p> <p>「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの</p> <p>「&」 同一パテントファミリー文献</p>										
<p>国際調査を完了した日</p> <p style="text-align: center;">23. 10. 01</p>	<p>国際調査報告の発送日</p> <p style="text-align: center; font-size: 1.2em;">06.11.01</p>										
<p>国際調査機関の名称及びあて先</p> <p style="text-align: center;">日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号</p>	<p>特許庁審査官 (権限のある職員)</p> <p style="text-align: center;">吉野 三寛</p> <div style="text-align: right;"> </div>	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width:20%; text-align: center;">2K</td> <td style="width:80%; text-align: center;">9010</td> </tr> </table>	2K	9010							
2K	9010										
<p>電話番号 03-3581-1101 内線 3254</p>											

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	J P 60-253283 A (株式会社東芝) 13. 12月. 1985 (13. 12. 85) 第2頁左上蘭, 1図 (ファミリーなし)	2
Y	J P 6-334213 A (シャープ株式会社) 02. 12月. 1994 (02. 12. 94) 段落番号【0027】, 3図 (ファミリーなし)	4, 5
Y	J P 9-129932 A (日亜化学工業株式会社) 16. 5月. 1997 (16. 05. 97) 全文, 4図 (ファミリーなし)	7
Y	J P 61-8981 A (沖電気工業株式会社) 16. 1月. 1986 (16. 01. 86) 全文, 1図 (ファミリーなし)	8
Y	J P 10-163531 A (日亜化学工業株式会社) 19. 6月. 1998 (19. 06. 98) 全文, 4-6図 (ファミリーなし)	9
A	J P 10-190063 A (シャープ株式会社) 21. 7月. 1998 (21. 07. 98) 全文, 1図 (ファミリーなし)	18