

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5992174号
(P5992174)

(45) 発行日 平成28年9月14日(2016.9.14)

(24) 登録日 平成28年8月26日(2016.8.26)

(51) Int.Cl.		F I	
HO 1 L 33/32	(2010.01)	HO 1 L 33/32	
HO 1 L 33/38	(2010.01)	HO 1 L 33/38	
HO 1 L 29/41	(2006.01)	HO 1 L 29/44	L
HO 1 L 21/28	(2006.01)	HO 1 L 21/28	3 O 1 B

請求項の数 14 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2012-10938 (P2012-10938)	(73) 特許権者	000005049 シャープ株式会社 大阪府堺市堺区匠町 1 番地
(22) 出願日	平成24年1月23日 (2012.1.23)	(74) 代理人	110001195 特許業務法人深見特許事務所
(65) 公開番号	特開2012-216771 (P2012-216771A)	(72) 発明者	翁 宇峰 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内
(43) 公開日	平成24年11月8日 (2012.11.8)	(72) 発明者	マイケル プロコリー イギリス国 3 R Z O X 4 オックスフ ォード ウェストベリー クレセント 4 2
審査請求日	平成26年10月1日 (2014.10.1)	審査官	金高 敏康
(31) 優先権主張番号	特願2011-78250 (P2011-78250)		
(32) 優先日	平成23年3月31日 (2011.3.31)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 窒化物半導体発光素子およびその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板上面上の窒化物半導体領域内において 1 以上の n 型窒化物半導体層、活性層、および 1 以上の p 型窒化物半導体層をこの順に含み、

前記 n 型窒化物半導体層は部分的露出領域を有し、

前記 n 型窒化物半導体層の前記部分的露出領域には n 側電極パッドが形成されており、

前記 p 型窒化物半導体層上には電流拡散層が形成されており、

前記電流拡散層上には p 側電極パッドおよびそれから延びる p 側枝電極が形成されており、

前記電流拡散層のシート抵抗 R_{s2} が前記 n 型窒化物半導体層のシート抵抗 R_{s1} よりも高く、

前記電流拡散層のシート抵抗 R_{s2} と前記 n 型窒化物半導体層のシート抵抗 R_{s1} との関係が、

$$R_{s2} = x \times R_{s1} \quad (但し、1.5 \leq x \leq 4)$$

にあり、

前記窒化物半導体領域は矩形形状であって、

前記 p 側電極パッドの中心と前記 n 側電極パッドの中心を直線で結んだときに、この直線と平行な前記窒化物半導体領域の辺の長さを Y として前記直線に垂直な辺の長さを X とすれば、 $0.8 \leq Y/X < 1$ の条件を満たし、

前記 p 側電極パッド及び前記 n 側電極パッドが前記窒化物半導体領域の長辺方向の中央

10

20

において短辺方向に並んで配置されていることを特徴とする窒化物半導体発光素子。

【請求項 2】

$Y/X = 0.9$ の条件を満たすことを特徴とする請求項 1 に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 3】

前記 p 側パッドに比べて前記 n 側電極パッドが前記窒化物半導体領域の中央近くに配置されていることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 4】

前記 n 型窒化物半導体層のシート抵抗 R_{s1} は、 10Ω / 未満であることを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の窒化物半導体発光素子。

10

【請求項 5】

前記 n 型窒化物半導体層の前記部分的露出領域上には前記 n 側電極パッドおよびそれから延びる n 側枝電極が形成されていることを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 6】

前記基板上面上の前記窒化物半導体領域内において前記 n 型窒化物半導体層の前記部分的露出領域は前記 p 側電極パッドおよびそれから延びる前記 p 側枝電極に囲まれた略中央部に形成されていることを特徴とする請求項 1 ~ 5 のいずれかに記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 7】

20

前記 p 側電極パッドおよびそれから延びる前記 p 側枝電極の下部に形成されている前記電流拡散層と前記 p 型窒化物半導体層の間に電流非注入層が形成されていることを特徴とする請求項 1 ~ 6 のいずれかに記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 8】

前記窒化物半導体発光素子は 100 mA 以上の大電流にて駆動されることを特徴とする請求項 1 ~ 7 のいずれかに記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 9】

基板上面上の窒化物半導体領域内において 1 以上の n 型窒化物半導体層、活性層、および 1 以上の p 型窒化物半導体層をこの順に形成する工程と、

前記 p 型窒化物半導体層の一部をエッチングすることにより前記 n 型窒化物半導体層の部分的露出領域を形成する工程と、

30

前記 n 型窒化物半導体層の前記部分的露出領域に n 側電極パッドを形成する工程と、

前記 p 型窒化物半導体層上に電流拡散層を形成する工程と、

前記電流拡散層上に p 側電極パッドおよびそれから延びる p 側枝電極を形成する工程と、を少なくとも有する窒化物半導体発光素子の製造方法であって、

前記窒化物半導体領域は矩形形状に形成され、

前記 p 側電極パッドの中心と前記 n 側電極パッドの中心を直線で結んだときに、この直線と平行な前記窒化物半導体領域の辺の長さを Y として前記直線に垂直な辺の長さを X とすれば、 $0.8 < Y/X < 1$ の条件を満たすように形成され、

前記 p 側電極パッド及び前記 n 側電極パッドが前記窒化物半導体領域の長辺方向の中央において短辺方向に並んで配置するように形成され、

40

前記電流拡散層をアニールすることにより、前記電流拡散層のシート抵抗 R_{s2} を前記 n 型窒化物半導体層のシート抵抗 R_{s1} よりも高くすることを特徴とする窒化物半導体発光素子の製造方法。

【請求項 10】

前記電流拡散層のシート抵抗 R_{s2} と前記 n 型窒化物半導体層のシート抵抗 R_{s1} との関係が、

$$R_{s2} = x \times R_{s1} \quad (\text{但し、} 1.5 < x < 4)$$

になるように前記電流拡散層をアニールすることを特徴とする請求項 9 に記載の窒化物半導体発光素子の製造方法。

50

【請求項 1 1】

前記 n 型窒化物半導体層のシート抵抗 R_s は $10 \text{ } \Omega / \square$ 未満であることを特徴とする請求項 9 または 10 に記載の窒化物半導体発光素子の製造方法。

【請求項 1 2】

前記電流拡散層のアニールは $380 \sim 450 \text{ } ^\circ\text{C}$ の温度範囲にて行うことを特徴とする請求項 9 ~ 11 のいずれかに記載の窒化物半導体発光素子の製造方法。

【請求項 1 3】

前記電流拡散層のアニールは $410 \sim 430 \text{ } ^\circ\text{C}$ の温度範囲にて行うことを特徴とする請求項 1 2 に記載の窒化物半導体発光素子の製造方法。

【請求項 1 4】

前記電流拡散層のアニールは略 $410 \text{ } ^\circ\text{C}$ の温度にて行うことを特徴とする請求項 1 3 に記載の窒化物半導体発光素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は窒化物半導体 ($\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$, $0 < x < 1$, $0 < y < 1$) を利用して作製される発光素子に関し、特に液晶表示装置のバックライトや一般的照明などのための高輝度光源として利用可能な窒化物半導体発光素子およびその製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

化合物半導体発光素子を種々の照明用途に利用するためには、赤、緑および青の光の 3 原色を発光し得る発光素子が不可欠である。発光ダイオード (LED) に関しては、近年までは 3 原色のうちの青色 LED が完成されずに欠けていたので、LED を種々の照明用途に利用することができていなかった。

【0003】

しかし、1990 年代に窒化物半導体による青色 LED が開発されて以後において、LED を用いた照明製品は、交通信号機だけに留まることなく、液晶モニターのバックライト、液晶テレビのバックライト、さらには家庭用の各種照明用途などに利用されている。

【0004】

最近では、LED バックライトを搭載した液晶テレビが、その価格の低下に伴って急速に普及し始めている。また、LED を用いた照明器具は、従来の照明器具に比べて低消費電力、省スペースおよび水銀フリーを可能にし、環境にも望ましいというメリットを有している。そして、2009 年夏以後において、それ以前に比べて遥かに安い価格で LED を用いた照明器具が発売され、その普及が一気に進んでいる。

【0005】

ところで、照明器具や液晶テレビのバックライトなどの光としては、白色光であることを要する。LED を利用した白色光は、一般に青色 LED と YAG (イットリウム・アルミニウム・ガーネット) 黄色蛍光体との組合せ、または青色 LED と緑色蛍光体と赤色蛍光体との組合せにより実現され得る。すなわち、LED を利用して白色光を得るためには、いずれの場合でも青色 LED が必要となる。このようなことから、高輝度の青色 LED を安価かつ大量に提供し得る製造方法が望まれている。

【0006】

一般に、青色や青緑色などの短波長光を放射し得る LED やレーザダイオード (LD) の発光層には、窒化ガリウム (GaN)、窒化アルミニウム (AlN)、窒化インジウム (InN)、およびこれらの混晶などのように、V 族元素として窒素を含有する III-V 族化合物半導体が用いられる。

【0007】

一般的な窒化物半導体発光素子は、サファイア基板上において順次堆積された n 型窒化物半導体層、窒化物半導体発光層および p 型窒化物半導体層を含んでいる。これらの p 型半

10

20

30

40

50

導体層側とn型半導体層側のそれぞれには、外部電源と接続するためのp側電極パッドとn側電極パッドが形成されている。

【0008】

一般にp型窒化物半導体層のシート抵抗はn型窒化物半導体層に比べて高いので、p型半導体層内の電流拡散を補助する目的のために、p型半導体層のほぼ全面上に例えばITO（インジウム錫酸化物）などの透光性導電膜が積層されており、この透光性導電膜上にp側電極パッドが形成されている。すなわち、透光性導電膜は発光層からの光を透過させるとともに、電流拡散層としての機能を果たしている。

【0009】

一方、サファイア基板などの絶縁性基板が用いられている場合、その基板の裏面上にn側電極パッドを形成することができない。したがって、p型半導体層側からのエッチングによってn型半導体層を部分的に露出させ、その露出領域上にn側電極パッドが形成される。そして、p側電極パッドとn側電極パッドとの間で通電することによって、p型半導体層とn型半導体層とに挟まれた発光層からの発光が得られる。

【0010】

上述のような基板の同一面側にn側電極パッドとp側電極パッドとが形成された窒化物半導体発光素子において、n側電極パッドおよびp側電極パッドから枝状に延伸された延長部を形成し、それによって発光素子中の電流分布を改善することが例えば特許文献1および特許文献2に教示されている。

【0011】

特許文献1では、p型半導体層上の透光性導電膜からなる電流拡散層上にp側電極パッドが形成され、そこからp側枝電極が延びている。この発光素子はn型半導体層がエッチングによって部分的に露出された領域を有し、この露出領域上にn側電極パッドが形成され、そこからn側枝電極が延びている。

【0012】

n側枝電極とp側枝電極とは互いに対向している部分において平行である。すなわち、p側枝電極から透光性導電膜からなる電流拡散層を通して電流が拡散すべき距離が一定に設定されている。同様に、n側枝電極から電流が拡散すべき距離も一定に設定されている。したがって、これらの枝電極によって、p側電極パッドからn側電極パッドの方向に向かって流れる電流分布の均一性が改善され得る。

【0013】

一方、上述のような透光性導電膜が備えられてなる窒化物半導体発光素子において、電極パッド直下への電流の集中を抑制する目的で、電極パッド直下に絶縁層を設けることが例えば特許文献3および特許文献4に教示されている。

【0014】

特許文献3および特許文献4に開示された窒化物半導体発光素子によれば、電極パッド直下に絶縁層を設けることにより、透光性導電膜の横方向への電流拡散を効果的に促進させ、発光効率を高めることができるが、n側電極パッド近傍において発光が強くなり、また、良好な電気的特性が得られにくく、発光効率が必ずしも高められないという問題があった。

【0015】

そこで、n側電極パッド電極直下における透光性導電膜及び半導体層での電流集中が抑制されて発光効率に優れるとともに、電極による光の吸収や多重反射による損失が抑制されて光取り出し効率に優れ、高い外部量子効率及び電気的特性を有することを目的とした窒化物半導体発光素子が例えば特許文献5に教示されている。

【0016】

従来の窒化物半導体発光素子ではn側とp側の層のシート抵抗を同程度とし、電流を均一に拡散させることが発光効率の点から好ましいとされていたのに対し、特許文献5では、図9(a)および(b)に示すように、n側であるn型窒化物半導体層101のシート抵抗を、p側である透光性導電膜102のシート抵抗よりも低くすることにより、n側電

10

20

30

40

50

極パッド103付近での発光を低減させることで、光取り出し効率が向上すること、この際、p側電極パッド104による光の吸収や多重反射は、その直下に絶縁層105を設けることで防止できることが記載されている。

【0017】

またさらに特許文献5では、窒化物半導体発光素子100の動作電圧にはn側の層のシート抵抗が支配的に働くとして、n側の層のシート抵抗を低くすることにより、特に、30～100mA程度の大きな駆動電流を発光素子に印加する場合に、電気的特性が大きく向上することが記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

10

【0018】

【特許文献1】特表2003-524295号公報

【特許文献2】特開2000-164930号公報

【特許文献3】特許第3841460号公報

【特許文献4】特開2008-192710号公報

【特許文献5】特開2010-232649号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0019】

ところが近年では、窒化物半導体発光素子の更なる高い特性（高出力、低電圧、低発熱）および低コスト化が要求されており、その中で、n側およびp側のシート抵抗がいずれも10 / 未満のものが開発されてきている。

20

【0020】

このような窒化物半導体発光素子では、更なるシート抵抗の低減は困難であり、n型窒化物半導体層のシート抵抗をさらに下げる目的でn型不純物を添加すると、n型窒化物半導体層の結晶性が悪化するという問題があり、また、n型窒化物半導体層の膜厚を厚くすると生産性の悪化およびコストアップの要因となるという問題があった。

【0021】

上述のような問題に鑑み、本発明は、窒化物半導体発光素子の電流拡散効率を向上させるとともに、コンタクト抵抗をも低減でき、大きな駆動電流密度においても発光均一性と高い光出力を得ながら、動作電圧を低減させることを目的としている。

30

【課題を解決するための手段】

【0022】

本発明者達は、種々の検討の結果、基板の同一面側にn側電極パッドとp側電極パッドとが形成された窒化物半導体発光素子であって、p側電極パッド（およびn側電極パッド）から枝状に延伸された延長部を形成し、それによって発光素子中の電流分布を改善する電極構造の窒化物半導体発光素子において、n側およびp側のシート抵抗がいずれも十分に低い場合に、p型窒化物半導体層上に形成された透光性導電膜からなる電流拡散層のシート抵抗を一定条件下において高くすることにより、p型窒化物半導体層と透光性導電膜からなる電流拡散層とのコンタクト抵抗を低減し、且つ、シート抵抗の面内分布がより均一になり、光出力も向上することを見出した。

40

【0023】

すなわち、本発明の1つの態様による窒化物半導体発光素子においては、基板上面上の窒化物半導体領域内において1以上のn型窒化物半導体層、活性層、および1以上のp型窒化物半導体層をこの順に含み、n型窒化物半導体層は部分的露出領域を有し、n型窒化物半導体層の部分的露出領域にはn側電極パッドが形成されており、p型窒化物半導体層上には電流拡散層が形成されており、電流拡散層上にはp側電極パッドおよびそれから延びるp側枝電極が形成されており、電流拡散層のシート抵抗 R_{s2} がn型窒化物半導体層のシート抵抗 R_{s1} よりも高く、電流拡散層のシート抵抗 R_{s2} とn型窒化物半導体層のシート抵抗 R_{s1} との関係が、 $R_{s2} = x \times R_{s1}$ （但し、 1.5×4 ）であること

50

を特徴としている。

【0024】

なお、 n 型窒化物半導体層のシート抵抗 R_{s1} は、 $10 \Omega/\square$ 未満であることが好ましい。 n 型半導体層の部分的露出領域上には n 側電極パッドおよびそれから延びる n 側枝電極が形成されていることが好ましい。基板上面上の窒化物半導体領域内において、 n 型半導体層の部分的露出領域は、 p 側電極パッドおよびそれから延びる p 側枝電極に囲まれた略中央部に形成されていることが好ましい。 p 側電極パッドおよびそれから延びる p 側枝電極の下部に形成されている電流拡散層と p 型窒化物半導体層の間に、電流非注入層が形成されていることが好ましい。窒化物半導体発光素子は、 100mA 以上の大電流にて駆動されることが好ましい。窒化物半導体領域は矩形形状であって、 p 側電極パッドの中心と n 側電極パッドの中心を直線で結んだときに、この直線と平行な窒化物半導体領域の辺の長さを Y として直線に垂直な辺の長さを X とすれば、 $0.8 < Y/X < 1$ の条件を満たすことが好ましく、 $Y/X = 0.9$ の条件を満たすことがより好ましい。 p 側電極パッド及び n 側電極パッドが窒化物半導体領域の長辺方向の中央において短辺方向に並んで配置され、 p 側パッドに比べて n 側電極パッドが窒化物半導体領域の中央近くに配置されていることが好ましい。

10

【0025】

本発明のもう1つの態様による化合物半導体発光素子の製造方法においては、基板上面上の窒化物半導体領域内において1以上の n 型窒化物半導体層、活性層、および1以上の p 型窒化物半導体層をこの順に形成する工程と、 p 型窒化物半導体層の一部をエッチングすることにより n 型窒化物半導体層の部分的露出領域を形成する工程と、 n 型半導体層の部分的露出領域に n 側電極パッドを形成する工程と、 p 型窒化物半導体層上に電流拡散層を形成する工程と、電流拡散層上に p 側電極パッドおよびそれから延びる p 側枝電極を形成する工程と、を少なくとも有し、電流拡散層をアニールすることにより、電流拡散層のシート抵抗 R_{s2} を n 型窒化物半導体層のシート抵抗 R_{s1} よりも高くすることを特徴としている。

20

【0026】

なお、電流拡散層のシート抵抗 R_{s2} と n 型窒化物半導体層のシート抵抗 R_{s1} との関係が、 $R_{s2} = x \times R_{s1}$ （但し、 $1.5 < x < 4$ ）になるように前記電流拡散層をアニールすることが好ましい。 n 型窒化物半導体層のシート抵抗 R_{s1} は、 $10 \Omega/\square$ 未満であることが好ましい。電流拡散層のアニールは $380 \sim 450^\circ\text{C}$ の温度範囲にて行うことが好ましく、 $410 \sim 430^\circ\text{C}$ の温度範囲にて行うことがより好ましく、略 410°C の温度範囲にて行うことがさらに好ましい。

30

【発明の効果】

【0027】

本発明によれば、 p 側電極パッド（および n 側電極パッド）から枝状に延伸された延長部有する窒化物半導体発光素子において、 p 型窒化物半導体層上に形成された透光性導電膜からなる電流拡散層のシート抵抗を一定条件下において高くすることにより、 p 型窒化物半導体層と透光性導電膜からなる電流拡散層とのコンタクト抵抗が低減し、且つ、シート抵抗の面内分布がより均一になり、窒化物半導体発光素子の発光部の面内発光を均一にすることが可能となり、光出力も向上する。またこの際、 n 側電極パッドにも枝状に延伸された延長部を形成することにより、さらに窒化物半導体発光素子の発光部の面内発光を均一にすることが可能となり、光出力がより向上する。

40

【0028】

また、 n 型窒化物半導体層のシート抵抗 R_{s1} を $10 \Omega/\square$ 未満とすることにより、窒化物半導体発光素子の動作電圧を低減する事が可能となる。また、 n 型窒化物半導体層のシート抵抗 R_{s1} との関係により、結果的に電流拡散層のシート抵抗 R_{s2} をも低く抑えることもできるので、さらに窒化物半導体発光素子の動作電圧を低減する事が可能となる。

【0029】

50

また、n型半導体層の部分的露出領域をp側電極パッドおよびそれから延びるp側枝電極に囲まれた略中央部に形成することにより、窒化物半導体発光素子外周部の非発光領域や光吸収領域を低減できるので、光の外部取り出し効率が向上する。

【0030】

また、p側電極パッドおよびそれから延びるp側枝電極の下部に形成されている電流拡散層とp型窒化物半導体層の間に電流非注入層を形成することにより、光吸収領域として作用するp側電極直下を非発光とすると共に、電流非注入層による光の反射効果により光の外部取り出し効率が向上する。

【0031】

また、本願発明の窒化物半導体発光素子は、100mA以上の大電流にて駆動しても、安定して動作することができるので、高効率、且つ、高信頼性が得られる。

10

【0032】

本発明の窒化物半導体発光素子の製造方法によれば、電流拡散層をアニールすることにより、電流拡散層のシート抵抗 R_{s2} をn型窒化物半導体層のシート抵抗 R_{s1} よりも高くできるので、n型窒化物半導体層のさらなるシート抵抗の低減を要さず、不純物の添加によるn型窒化物半導体層の結晶性悪化や、n型窒化物半導体層の膜厚を厚くすることによる生産性の悪化およびコストアップという問題がなく、窒化物半導体発光素子の電流拡散効率を向上させるとともに、アニール温度条件を最適化することにより、コンタクト抵抗をも低減でき、大きな駆動電流密度においても発光均一性と高い光出力を得ながら、動作電圧を低減させることが可能となる。

20

【図面の簡単な説明】

【0033】

【図1】(a)は本発明の一実施形態によって作製され得る窒化物半導体発光素子の一例を示す上面図であり、(b)は(a)中の線A-Aに沿った模式的断面図である。

【図2】図1のp側枝電極パターンとn側枝電極パターンにおける電流拡散層のシート抵抗 R_{s2} とn型窒化物半導体層のシート抵抗 R_{s1} との関係(R_{s2}/R_{s1})に依存する光出力を示すグラフである。

【図3】(a)~(c)は本発明の他の実施形態によってp側枝電極の形状を変形させて作製した窒化物半導体発光素子の例を示す上面図である。

【図4】図3(a)~(c)各々の電極パターンにおける電流拡散層のシート抵抗 R_{s2} とn型窒化物半導体層のシート抵抗 R_{s1} との関係(R_{s2}/R_{s1})に依存する光出力を示すグラフである。

30

【図5】正方形に近い上面形状の窒化物半導体発光素子において、p側電極パッドとn側電極パッドを結ぶ直線に対して平行な辺の長さをYとして垂直な辺の長さをXとした場合に、 Y/X の値が発光素子の電力効率(%)に及ぼす影響を示すグラフである。

【図6】長方形形状の窒化物半導体発光素子の一例を示す上面図である。

【図7】長方形窒化物半導体発光素子の電極パターンにおける R_{s2}/R_{s1} と光出力との関係を示す図である。

【図8】アニール温度と電流拡散層のシート抵抗 R_{s2} との関係、および電流拡散層とp型コンタクト層との間のコンタクト抵抗 R_c とアニール温度との関係を示すグラフである。

40

【図9】(a)は、従来技術による窒化物半導体発光素子の上面図であり、(b)は、(a)中の線B-Bに沿った模式的断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0034】

<窒化物半導体発光素子>

図1(a)は本発明の一実施形態によって作製され得る窒化物半導体発光素子の一例の上面図を示しており、図1(b)は図1(a)中のA-Aに沿った模式的断面図である。なお、本願の図面において、長さ、幅、厚さなどの寸法関係は図面の明瞭化と簡略化のために適宜に変更されており、実際の寸法関係を表わしてはいない。

50

【0035】

図1(a)および(b)に示された窒化物半導体発光素子においては、基板1上に、バッファ層2、n型窒化物半導体層3、活性層4、p型窒化物半導体層であるp型クラッド層5、およびp型コンタクト層6がこの順に堆積されて窒化物半導体積層体が形成される。そして、p型コンタクト層6上には透光性の電流拡散層7が形成され、この電流拡散層7の一部領域上にp側電極パッド8およびそれから延びるp側枝電極8aが設けられる。他方、n型窒化物半導体層3の一部がエッチングによって露出され、その露出領域上にn側電極パッド9およびそれから延びるn側枝電極9aが設けられる。

【0036】

ここで、n型窒化物半導体層3、活性層4、およびp型クラッド層5によりダブルヘテロ接合が形成されている。また、活性層4としては、アンドープ、n型、p型、およびn型とp型の両方の不純物を含む窒化物半導体が単層または複数層の量子井戸構造を構成するように必要に応じて選択される。そして、活性層4を挟んで、n型窒化物半導体層3とp型クラッド層5との間にpn接合が形成される。

10

【0037】

<n型窒化物半導体層>

ダブルヘテロ接合構造の技術的意義に照らせば、クラッド層は発光層に比べて大きなバンドギャップを有し、そのギャップ差に基づく電位障壁によって電子および正孔を発光層内にせき止める機能を有するものである。ただし、図1(a)および(b)中のn型窒化物半導体層3は、便宜上、n型クラッド層や、n側電極7との良好なオーミック接触のためのコンタクト層をも含み得る。このようなn型窒化物半導体層3は、例えばn型不純物がドーパされた窒化物半導体層だけのみならず、アンドープ窒化物半導体層などをも含む複数層としても形成され得る。すなわち、n型窒化物半導体層3としては、例えば、アンドープ層、n型ドーパ層、n型コンタクト層などを適宜に含み得る。

20

【0038】

以上のように、n型窒化物半導体層3は、n型クラッド層として機能する単層であってもよいし多層であってもよいが、単層の場合にはGaN、AlGaN、InAlGaN、またはInGaNを用いることができ、これにSiを含んでいてもよいしアンドープであってもよい。また、n型窒化物半導体層3が複数層の場合には、それはInGaN/GaN、InGaN/AlGaN、AlGaN/GaN、InGaN/InGaNなどの積層構造であってもよいし、複数の層が繰り返し積層された周期的多層構造であってもよい。さらに、それらの多層構造は、超格子構造を形成していてもよい。

30

【0039】

<活性層>

活性層4は、GaN障壁層とIn含有窒化物半導体の井戸層とを交互に積層させたものであることが好ましい。井戸層の好ましい厚さは、その発光する光の波長に依存するが、2~20nmの範囲内であることが好ましい。このような活性層4の構造は、量子井戸構造に限られず、単一井戸構造、多重井戸構造、多重量子井戸構造などのいずれであってもよい。活性層4が複数の井戸層を含む場合、少なくとも1つの井戸層が発光作用を果たせばよい。このような井戸層は、例えば $In_pGa_{1-p}N$ ($0 < p < 1$) からなることが好ましい。

40

【0040】

<p型クラッド層>

上述したように、ダブルヘテロ接合構造の技術的意義に照らせば、p型クラッド層5は発光層に比べて大きなバンドギャップを有し、そのギャップ差に基づく電位障壁によって電子および正孔を発光層内にせき止める機能を有するものである。ただし、図1(a)および(b)中のp型クラッド層5は、蒸発防止層、キャリアブロック層、または電流拡散層として働くp型層をも含み得る。すなわち、p型クラッド層5は単層または複数層のいずれであってもよく、単層の場合にはGaN、AlGaN、InAlGaN、またはInGaNにp型不純物をドーパしたものまたはアンドープのものを用いることができる。p

50

型クラッド層5が複数層の場合には、それはInGa_nN/GaN、InGa_nN/AlGa_nN、AlGa_nN/GaN、InGa_nN/InGa_nNなどの積層構造であってもよいし、複数の層が繰り返し積層された周期的多層構造を形成していてもよい。さらに、これらの多層構造は、超格子構造を形成していてもよい。

【0041】

このようなp型クラッド層5の厚さは、500nm以下であることが好ましい。なぜならば、500nmを超える厚さのp型クラッド層5を気相堆積によって形成する場合に、活性層4が高い温度で長時間にわたって熱に曝されることになり、活性層4の熱劣化によって非発光領域が増大するからである。なお、活性層4中に含まれるInの蒸発を防止するために、活性層4に接して蒸発防止層を設けることが好ましく、これは上述のように上部p型クラッド層5に含まれ得るものである。

10

【0042】

< p型コンタクト層 >

p型コンタクト層6は、透光性の電流拡散層7に対する接触抵抗を低減するために設けられるものである。このようなp型コンタクト層6は、p型クラッド層5に比べて高濃度にp型不純物をドーピングした窒化物半導体であることが好ましい。なお、p型コンタクト層6を設けることなく、p型クラッド層5上に電流拡散層7を形成してもよい。この場合、p型クラッド層5の上側表面近傍のp型不純物を高濃度にするのが好ましい。

【0043】

< p側電極パッドおよびそれから延びるp側枝電極 >

p側電極パッド8は、外部回路と電氣的に結線するワイヤーボンドの台座となるものである。一方、p側電極パッド8から延びるp側枝電極8aは、活性層4に電流をより均一に注入する目的で電流拡散層7上に形成される。p側電極パッド8およびそれから延びるp側枝電極8aは、公知の態様で形成することができ、例えばTi、Al、Auなどの材料を用いることができる。また、p側電極パッド8およびそれから延びるp側枝電極8aは単層構造に限られず、多層構造で形成とすることもできる。p側電極パッド8が多層構造からなる場合には、その最上層としては厚さ500nm程度のAu層を形成することが好ましい。これにより、化合物半導体発光素子をパッケージに実装するとき、外部回路とのワイヤーボンド安定性を確保することができる。

20

【0044】

なお、活性層4からの発光の一部は、p型クラッド層5側の方向に発せられる。したがって、p側電極パッド8およびそれから延びるp側枝電極8aは、活性層4からp型クラッド層5側への光取り出し方向に配置される電極となる。

30

【0045】

< n側電極パッドおよびそれから延びるn側枝電極 >

n側電極パッド9は、外部回路と電氣的に結線するワイヤーボンドの台座となるものである。一方、n側電極パッド9から延びるn側枝電極9aは、活性層4に電流をより均一に注入する目的で形成される。n側電極パッド9およびそれから延びるn側枝電極9aは、公知の態様で形成することができ、例えばTi、Al、Auなどの材料を用いることができる。また、n側電極パッド9およびそれから延びるn側枝電極9aは単層構造に限られず、多層構造で形成とすることもできる。n側電極パッド9が多層構造からなる場合には、その最上層としては厚さ500nm程度のAu層を形成することが好ましい。これにより、化合物半導体発光素子をパッケージに実装するとき、外部回路とのワイヤーボンド安定性を確保することができる。

40

【0046】

なお、図1(a)および(b)に示されたn側電極パッド9およびそれから延びるn側枝電極9aは、基板1が絶縁性材料からなる場合の配置を例示している。すなわち、基板1として絶縁性材料を用いる場合には、n側電極パッド9およびそれから延びるn側枝電極9aはn型窒化物半導体層3の一部露出領域上に設けられる。しかし、基板1として導電性材料を用いる場合には、n側電極パッド9は基板1およびそれから延びるn側枝電極

50

9 a は基板の裏面上に形成され得る。

【0047】

なお、n側枝電極9 aがない場合でも、従来例に比べてp型窒化物半導体層と透光性導電膜からなる電流拡散層7とのコンタクト抵抗が低減し、且つ、シート抵抗の面内分布がより均一になり、窒化物半導体発光素子の発光部の面内発光を均一にすることが可能となり、光出力も向上するので、n側枝電極9 aは形成しなくてもよいが、n側枝電極9 aを形成すると、さらに窒化物半導体発光素子の発光部の面内発光を均一にすることが可能となり、光出力がより向上する。

【0048】

<電流拡散層>

電流拡散層7は、活性層4からの光を透過させるとともに、p型コンタクト層6に対するコンタクトを形成してその表面全体に電流を拡散させることにより、その下方にある活性層4の発光面積を拡大するために設けられる。したがって、電流拡散層7としては、p型コンタクト層6に比べて低抵抗の材料を用いることが好ましい。これにより、p側電極パッド8から注入される電流を電流拡散層7の面方向に拡散させることができる。このような電流拡散層7を構成する材料としては、例えばITO、IZOなどを好ましく使用することができ、ITOを使用することが特に好ましい。なぜならば、ITOは、透光性およびコンタクト抵抗の観点から特に優れているからである。

【0049】

電流拡散層7の厚さは、100nm以上400nm以下の範囲内にあることが好ましい。なぜならば、電流拡散層7が100nmより薄ければその高いシート抵抗のために発光素子の動作電圧の上昇を招き、400nmより厚ければその光透過性が低下して発光素子の光取り出し効率が低下するからである。

【0050】

<電流拡散層のシート抵抗 R_{s2} とn型窒化物半導体層のシート抵抗 R_{s1} との関係>

p側電極パッド（およびn側電極パッド）から枝状に延伸された延長部有する窒化物半導体発光素子において、電流拡散層のシート抵抗 R_{s2} とn型窒化物半導体層のシート抵抗 R_{s1} とがどのような関係にあるときに、窒化物半導体発光素子の光出力が向上するのかを、図1(a)に示した電極パターンおよび、シミュレーションにより最適化した幾つかの電極パターンのp側枝電極を有する窒化物半導体発光素子を作製して確認した。

【0051】

図2に、図1(a)に記載の窒化物半導体発光素子における電極パターンにおいて、特に、100mA以上の大電流を印加した場合の R_{s2}/R_{s1} と光出力との関係を示す。図2から明らかな様に、n型窒化物半導体層のシート抵抗 R_{s1} に対し電流拡散層のシート抵抗 R_{s2} を増加させていくと、窒化物半導体発光素子の光出力は徐々に増大し、 $R_{s2}/R_{s1} = 2.5$ 近傍において極大値を取り、その後徐々に減少していく。この傾向は、つぎに示す異なる電極パターンを有する窒化物半導体発光素子においても同様である。

【0052】

図3(a)~(c)は、図1に記載の窒化物半導体発光素子と同様の構成で製造された窒化物半導体発光素子において、p側枝電極（およびn側枝電極）の形状を変形させて作製した窒化物半導体発光素子の上面図である。図3(a)の上面図において模式的に示されている窒化物半導体発光素子は、上述の図1(a)に比べて、n側枝電極を設けず、p側電極パッド18、p側枝電極18 aおよびn側電極パッド19を形成したことが特徴である。また、図3(b)の上面図において模式的に示されている窒化物半導体発光素子は、図3(a)に比べて、n側電極パッド29を中心としてp側枝電極28 aを略等距離に配設すると共に、p側枝電極28 aの一部より分岐してp側電極パッド28を形成した側の窒化物半導体発光素子の上面对角線方向にさらにp側枝電極28 b、28 cが設けられていることが特徴である。また、図3(c)の上面図において模式的に示されている窒化物半導体発光素子は、上述の図3(b)に比べて、p側枝電極38 aの一部より分岐したp側枝電極は設けず、p側電極パッド38、p側枝電極38 aおよびn側電極パッド39

10

20

30

40

50

を形成したことが特徴である。このような電極パターン形状において、特に、100mA以上の大電流を印加した場合の R_{s2}/R_{s1} と光出力との関係を図4に示す。

【0053】

図4から明らかな様に、n側枝電極を設けない場合もn型窒化物半導体層のシート抵抗 R_{s1} に対し電流拡散層のシート抵抗 R_{s2} を増加させていくと、窒化物半導体発光素子の光出力は徐々に増大する傾向を示すが、光出力の極大値はn側枝電極を設ける場合に較べて、より電流拡散層のシート抵抗 R_{s2} を増加させる方向へとシフトする傾向にあり、 $2 \leq R_{s2}/R_{s1} \leq 4$ の条件が満たされる場合に高い光出力を示すことがわかった。

【0054】

図5は、上述の図1および図3のような上面形状が正方形（p側電極パッドとn側電極パッドを結ぶ直線に対して平行な辺の長さをYとし、垂直な辺の長さをXとする）に近い形状の窒化物半導体発光素子チップにおいて、 Y/X の値が発光素子の電力効率（%）に及ぼす影響を示すグラフである。このグラフから、 $0.8 \leq Y/X \leq 1$ の条件を満たすことが好ましく、 $Y/X = 0.9$ であることがより好ましいことが分かる。

【0055】

尚、本発明は、 $0.8 \leq Y/X \leq 1$ の場合に限られず、上面形状が長方形の窒化物半導体発光素子チップ（ $0.4 \leq Y/X < 0.8$ ）にも適用できる、但し、上面形状が正方形に近い窒化物半導体発光素子チップの方が、より小さなサイズ（上面から見た面積換算）で、上面形状が長方形の窒化物半導体発光素子チップと同等の電気特性が得られるので、窒化物半導体発光素子の小型化を実現できる。

【0056】

図6は、長方形形状の窒化物半導体発光素子の上面図である。図6の上面図において模式的に示されている窒化物半導体発光素子は、上述の図1および図3とは異なり、窒化物半導体発光素子チップの長辺Xと短辺Yの比率が0.4に設計されている。図6の長方形形状の窒化物半導体発光素子では、p側電極パッド48、p側枝電極48a、n側電極パッド49およびn側枝電極49bを形成している。このような電極パターンの場合の注入電流30mAでの R_{s2}/R_{s1} と光出力との関係を図7に示す。

【0057】

図7から明らかな様に、長方形形状の窒化物半導体発光素子の場合もn型窒化物半導体層のシート抵抗 R_{s1} に対し電流拡散層のシート抵抗 R_{s2} を増加させていくと、窒化物半導体発光素子の光出力は徐々に増大する傾向を示すが、光出力の極大値は上面形状が正方形に近い形状の場合に較べて、より電流拡散層のシート抵抗 R_{s2} を増加が少ない方向へとシフトする傾向にあり、長方形形状の窒化物半導体発光素子の光出力は、 $1.5 \leq R_{s2}/R_{s1} \leq 3.5$ の条件が満たされる場合に高い光出力を示す。

【0058】

上述の検討結果より、電流拡散層のシート抵抗 R_{s2} とn型窒化物半導体層のシート抵抗 R_{s1} との関係が、少なくとも $1.5 \leq R_{s2}/R_{s1} \leq 4$ の条件が満たされる場合に、窒化物半導体発光素子の外観形状や電極パターン形状に関係なく高い光出力を示すことを見出した。

【実施例】

【0059】

以下に記載する本発明の実施例1～4による発光素子は上述の図1(a)および(b)に示された発光素子構造に基づいて作製され、実施例5の発光素子は図3(c)に示された発光素子構造に基づいて作成されている。

【0060】

これらの実施例1～5により得られた窒化物半導体発光素子の種々の特性を表1に示す。

【0061】

10

20

30

40

【 表 1 】

	Y/X	第 2 アニール 温度	シート抵抗(Ω/\square)		シート抵抗の比率 R_{s2}/R_{s1}	コンタクト抵抗($\Omega \cdot \text{cm}^2$) ITO-pGaN (R_c)	光出力 $P_o(\text{mW})$ 120mA 条件	電圧 V(V) 120mA 条件	電力効率 120mA 条件
			ITO 透明電極層 (R_{s2})	n 型半導体層 (R_{s1})					
実施例 1	0.83	450	11	6	1.8	0.05	149	3.39	36.6%
実施例 2	0.83	430	13	6	2.2	0.04	151	3.31	38.0%
実施例 3	0.83	410	15	6	2.5	0.03	153	3.20	39.8%
実施例 4	0.83	380	20	6	3.3	0.05	146	3.42	35.6%
実施例 5	0.9	390	18	6	3	0.04	158	3.29	40.0%

【 0 0 6 2 】

< 実施例 1 >

10

20

30

40

50

実施例 1 の窒化物半導体発光素子の製造方法においては、図 1 (b) に模式的に示されているように、例えば (0 0 0 1) 面方位の主面を有するサファイアからなる基板 1 上に、AlN からなるバッファ層 2 を介して、n 型窒化物半導体層 3 が堆積される。この n 型窒化物半導体層 3 は、約 1 0 0 0 ° の基板温度で堆積された厚さ 9 μ m の GaN 下地層と厚さ 2 μ m の Si ドープ n 型 GaN コンタクト層 (キャリア濃度 : 約 $6 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$) を含んでおり、シート抵抗 R_{s1} は約 6 ~ 8 Ω / □ であった。

【 0 0 6 3 】

n 型窒化物半導体層 3 上には、活性層 4 が堆積される。この活性層 4 は多重量子井戸構造を有しており、例えば、厚さ 3 . 5 nm の n 型 $\text{In}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ 量子井戸層と厚さ 6 nm の Si ドープ GaN 障壁層とが基板温度約 8 9 0 ° のもとで 6 回繰返して積層されている。

10

【 0 0 6 4 】

活性層 4 上には、基板温度約 1 0 8 0 ° において、例えば、厚さ 1 5 nm の Mg ドープ p 型 $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$ からなる p 型クラッド層 5 (キャリア濃度 : 約 $2 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$) が堆積され、その上に、例えば、厚さ 8 0 nm の Mg ドープ p 型 AlGaIn からなる p 型コンタクト層 6 (キャリア濃度 : $5 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$) が堆積され、窒化物半導体領域が構成される。

【 0 0 6 5 】

p 型 GaN からなるコンタクト層 5 の上には、例えば、厚さ 1 8 0 nm の ITO からなる電流拡散層 7 がスパッタによって形成される。この ITO からなる電流拡散層 7 のシート抵抗 R_{s2} は、成膜時には約 2 0 0 Ω / □ であった。ITO からなる電流拡散層 7 の成膜後に酸素 2 % と窒素 9 8 % の混合ガス雰囲気中で 6 0 0 ° において 1 0 分の第 1 アニールが行われ、波長 4 5 0 nm の光に対する ITO からなる電流拡散層 7 の透過率が 9 4 % 以上に高められる。第 1 アニール終了後に ITO からなる電流拡散層 7 が一旦大気に曝された後再び炉内に戻されて、真空雰囲気中で 4 5 0 ° における 5 分の第 2 アニールが行われ、ITO からなる電流拡散層 7 のシート抵抗 R_{s2} が低下する。この第 2 アニール後の ITO からなる電流拡散層 7 のシート抵抗 R_{s2} は 1 1 Ω / □ まで低下し、ITO からなる電流拡散層 7 と p 型 GaN コンタクト層 1 2 のコンタクト抵抗 R_c が $0.05 \text{ } \Omega \cdot \text{cm}^2$ になる。

20

【 0 0 6 6 】

本発明による発光素子においては、ITO からなる電流拡散層 7 の厚さは、特に 1 2 0 nm から 3 4 0 nm の範囲内にあることがより好ましい。

30

【 0 0 6 7 】

ITO からなる電流拡散層 7 は、周知のフォトリソグラフィ法を用いてエッチングされて、その部分的領域が除去される。ITO からなる電流拡散層 7 が部分的に除去された領域において、フォトリソグラフィ法を用いてエッチングがさらに行われ、p 型コンタクト層 6、p 型クラッド層 5、および活性層 4 を部分的にエッチング除去し、n 型窒化物半導体層 3 の一部領域を露出させる。

【 0 0 6 8 】

その後、上記部分的露出領域に、フォトリソグラフィ法を利用して、電子線蒸着と周知のリフトオフ法によって、例えば、Ni (厚さ 1 0 0 nm) / Pt (厚さ 5 0 nm) / Au (厚さ 5 0 0 nm) からなる p 側電極パッド 8、p 側枝電極 8 a、n 側電極パッド 9、および n 側枝電極 9 a が同時に形成される。ここで、フォトリソグラフィの精度の観点と電極による光吸収の抑制の観点から、p 側および n 側枝電極の幅は 4 μ m から 8 μ m の範囲内に形成される。なお、窒化物半導体発光素子チップの側面方向に放射される光が吸収されないように、p 側枝電極 8 a は電流拡散層 7 の長辺側の側縁から約 1 5 μ m 以上内側に形成されることが好ましい。

40

【 0 0 6 9 】

さらに、フォトリソグラフィ法を利用してエッチングを行い、n 型窒化物半導体層 3 の側面に傾斜面が形成される。この n 型窒化物半導体層 3 の側面の傾斜角は、本実施例 1 に

50

おいては、その層に平行な平面に対して40度に設定される。この傾斜側面の効果によって、発光素子の周辺部における光の取出し効率を高めることができる。

【0070】

以上のようにして、本実施例1においては、長辺(X) = 532 μmと短辺(Y) = 443 μm (Y/X = 0.83)を有する正方形に近い窒化物半導体発光素子を得た。

【0071】

<実施例2>

本発明の実施例2による窒化物半導体発光素子の製造方法では、実施例1に比べて、ITOからなる電流拡散層の成膜後の第2アニールのアニール温度を低くし、真空雰囲気中で430において5分間行なうことで、シート抵抗 R_{s2} が13 / と高くなる一方、ITOからなる電流拡散層とp型GaNからなるp型コンタクト層とのコンタクト抵抗 R_c は0.04 · cm²と減少する。シート抵抗 R_{s2} が実施例1より高くなるのは、第2アニールの温度が下がることによって、電流拡散層の結晶性が低下したためと考えられる。一方、電流拡散層とp型GaNからなるp型コンタクト層のコンタクト抵抗 R_c が実施例1と比べて減少する原因は、ショットキー障壁の高さが小さくなったためと考えられる。

10

【0072】

また、実施例2の120 mAにおける光出力は、実施例1と比べて高くなっている。これは、ITOからなる電流拡散層のシート抵抗 R_{s2} とn型窒化物半導体層のシート抵抗 R_{s1} のバランスが良くなって窒化物半導体発光素子全体の電流の拡散が改善されたためと考えられる。

20

【0073】

さらに、実施例2では、実施例1に比べて動作電圧も減少している。この電圧減少は、実施例1よりも電流拡散層のシート抵抗 R_{s2} は高くなっているものの、上面にp枝電極8aを設けた電流拡散層を、第2アニールのアニール温度でアニールする際に、実施例1より低いアニール温度でアニールしたことで、電流拡散層とp型コンタクト層のコンタクト抵抗 R_c が減少し、その減少量が電流拡散層のシート抵抗 R_{s2} の上昇分よりも大きな電圧減少効果をもっているため、窒化物半導体発光素子全体としての動作電圧が低下したためと考えられる。

【0074】

30

<実施例3>

本発明の実施例3による窒化物半導体発光素子の製造方法では、ITOからなる電流拡散層の成膜後の第2アニールのアニール温度を、実施例1および実施例2に比べて更に下げ、真空雰囲気中で410において5分間行なった。その結果、電流拡散層のシート抵抗 R_{s2} は15 / と高くなる一方、ITOからなる電流拡散層とp型GaNからなるp型コンタクト層とのコンタクト抵抗 R_c は0.03 · cm²と減少する。また、この実施例3の120 mAにおける光出力は最も高くなっており、動作電圧も最も低くなっていることから、第2アニールのアニール温度が最適化されていることが分かる。

【0075】

<実施例4>

40

本発明の実施例4による窒化物半導体発光素子の製造方法では、ITOからなる電流拡散層の成膜後の第2アニールのアニール温度を、実施例1~3に比べて更に下げ、真空雰囲気中で380において5分間行なった。その結果、電流拡散層のシート抵抗 R_{s2} は20 / と高くなる一方、ITOからなる電流拡散層とp型GaNからなるp型コンタクト層とのコンタクト抵抗 R_c も0.05 · cm²と、実施例2および実施例3に較べて増加した。このように電流拡散層とp型コンタクト層とのコンタクト抵抗 R_c が実施例2および実施例3の場合と異なって上昇したのは、第2アニールのアニール温度が一定範囲より低くなると、電流拡散層とp型コンタクト層との界面の接合が悪くなったためと考えられる。また、電流拡散層のシート抵抗 R_{s2} と電流拡散層とp型コンタクト層とのコンタクト抵抗 R_c の両方の抵抗値の上昇によって、窒化物半導体発光素子全体の動作電圧

50

も上昇した。また、実施例 2 および実施例 3 と比べて光出力が低下したのは、第 2 アニールのアニール温度が最適値より低いため I T O の透過率が悪くなったためと考えられる。

【 0 0 7 6 】

上述の実施例 1 ~ 4 の第 2 アニールのアニール温度範囲内における、アニール温度と電流拡散層のシート抵抗 $R_s 2$ との関係およびアニール温度と電流拡散層と p 型コンタクト層とのコンタクト抵抗 R_c との関係を図 8 に示す。

【 0 0 7 7 】

図 8 から明らかのように第 2 アニールのアニール温度は、380 ~ 450 の間であれば、従来より光出力が高く、且つ、コンタクト抵抗 R_c も低くすることができるので、窒化物半導体発光素子の動作電圧も低減することが可能となる。第 2 アニールのアニール温度は、410 ~ 430 の間で p 型コンタクト層とのコンタクト抵抗 R_c が最適化され、410 付近でのコンタクト抵抗 R_c が最も低い値となる。

10

【 0 0 7 8 】

上記実施例 1 ~ 4 のように、第 2 アニールのアニール温度を最適化することにより、窒化物半導体発光素子を、100 mA 以上の大電流で通電する際、電流拡散が良くなり、光の取出効率に優れるとともに、動作電圧の低減も実現でき、優れた外部量子効率と電気特性を有する窒化物半導体発光素子を得ることができる。

【 0 0 7 9 】

さらに上記実施例 1 ~ 4 に、p 側電極パッド、p 側枝電極、n 側電極パッドおよび n 側枝電極の直下に絶縁の非注入層を設けることで、より効果的な特性改善も期待できる。

20

【 0 0 8 0 】

< 実施例 5 >

本発明の実施例 5 においては、全てのパラメタを最適化した $X = 512 \mu m$ 、 $Y = 461 \mu m$ 、 $Y / X = 0.9$ 、および $R_s 2 / R_s 1 = 3$ (図 4 参照) の条件下で、実施例 1 の場合と同じチップ面積を有しかつ図 3 (C) の電極パターンを有する窒化物半導体発光素子が作製された。この実施例 5 の発光素子において、表 1 に示されているように、電力効率および光出力とも最良い結果が得られた。

【 0 0 8 1 】

以上において本発明の実施形態およびそれに基づく実施例について説明したが、本発明は上述の実施形態およびそれに基づく実施例に開示された種々の技術的事項を適宜に選択して組み合わせることをも予定している。また、今回開示された実施形態およびそれに基づく実施例は、すべての点で例示であって限定的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上述の実施形態およびそれに基づく実施例ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更を含むことが意図される。

30

【産業上の利用可能性】

【 0 0 8 2 】

本発明により、窒化物半導体発光素子の電流拡散効率を向上させるとともに、コンタクト抵抗をも低減でき、大きな駆動電流密度においても発光均一性と高い光出力を得ながら、動作電圧を低減させることができ、そのように改善された窒化物半導体発光素子は L E D 照明、液晶 T V のバックライトなどに好ましく利用することができる。

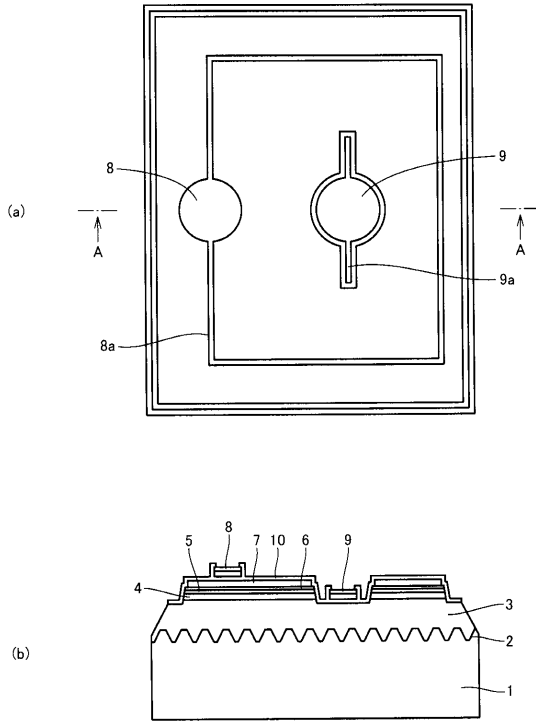
40

【符号の説明】

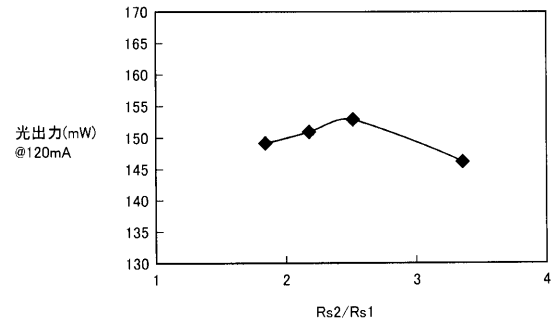
【 0 0 8 3 】

1 基板、3 n 型窒化物半導体層、4 活性層、5 p 型クラッド層、6 p 型コンタクト層、7 電流拡散層、8 p 側電極パッド、8 a p 側枝電極、9 n 側電極パッド。

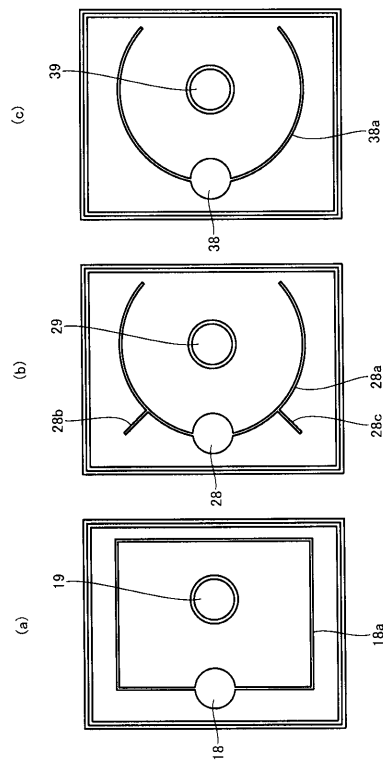
【図1】



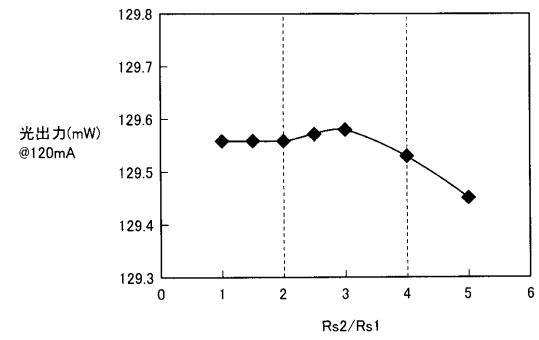
【図2】



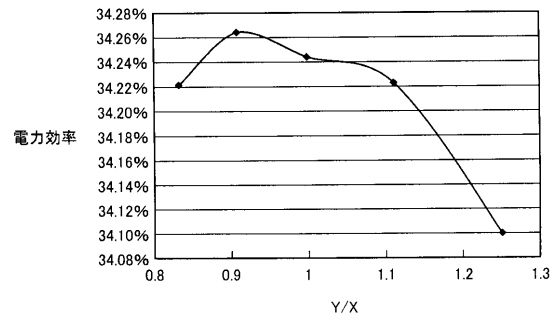
【図3】



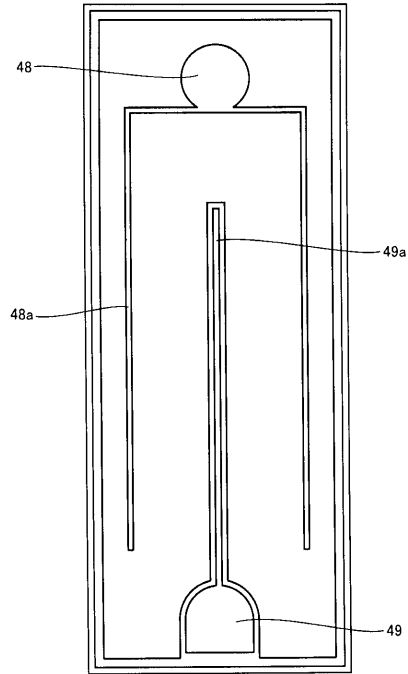
【図4】



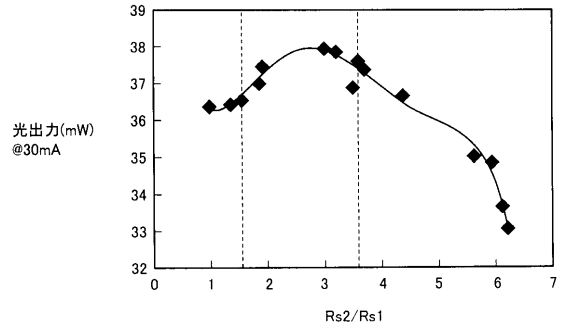
【図5】



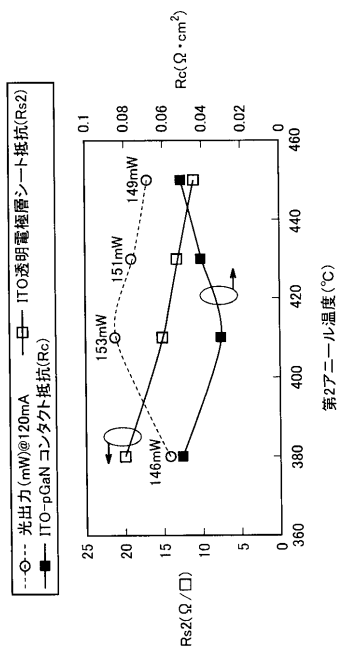
【図6】



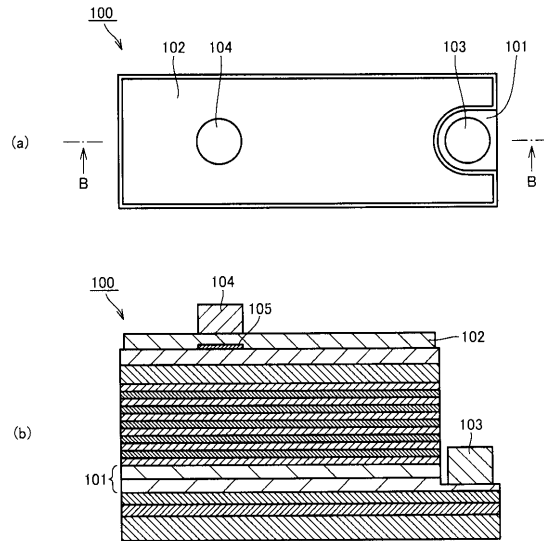
【図7】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

(56)参考文献 国際公開第2005/069388(WO, A1)

特開2005-340748(JP, A)

特開2006-140532(JP, A)

特開2010-016079(JP, A)

特開2008-141006(JP, A)

特開2010-225771(JP, A)

特開2010-232649(JP, A)

特開2006-108164(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 33/00 - 33/64

H01L 21/28

H01L 29/41