

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4502691号  
(P4502691)

(45) 発行日 平成22年7月14日(2010.7.14)

(24) 登録日 平成22年4月30日(2010.4.30)

(51) Int.Cl.

F I

H O 1 L 33/40 (2010.01)

H O 1 L 33/00 2 2 0

請求項の数 7 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2004-121505 (P2004-121505)	(73) 特許権者	000002004
(22) 出願日	平成16年4月16日(2004.4.16)		昭和電工株式会社
(65) 公開番号	特開2004-336027 (P2004-336027A)		東京都港区芝大門1丁目13番9号
(43) 公開日	平成16年11月25日(2004.11.25)	(74) 代理人	100077517
審査請求日	平成19年3月19日(2007.3.19)		弁理士 石田 敬
(31) 優先権主張番号	特願2003-111725 (P2003-111725)	(74) 代理人	100092624
(32) 優先日	平成15年4月16日(2003.4.16)		弁理士 鶴田 準一
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	(74) 代理人	100087413
			弁理士 古賀 哲次
		(74) 代理人	100082898
			弁理士 西山 雅也
		(74) 代理人	100081330
			弁理士 樋口 外治

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 p形オーミック電極構造、それを備えた化合物半導体発光素子及びLEDランプ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

p形リン化硼素半導体層の表面にオーミック接触するp形オーミック電極を有し、かつ、前記p形オーミック接触電極の少なくともp形リン化硼素半導体層の表面に接触する底面が白金と珪素との合金または白金と銀との合金から構成されていることを特徴とするp形オーミック電極構造。

【請求項2】

前記p形オーミック電極が、前記白金と珪素との合金または白金と銀との合金から成る電極底面上に金又はアルミニウムを積層して成る重層構造であることを特徴とする請求項1に記載のp形オーミック電極構造。

【請求項3】

絶縁性または導電性結晶基板と、該結晶基板の表面上に設けられた化合物半導体発光層と、p形リン化硼素半導体層と、該p形リン化硼素半導体層の表面にオーミック接触するp形オーミック電極とを有し、かつ、前記p形オーミック接触電極の少なくともp形リン化硼素半導体層の表面に接触する底面が白金と珪素との合金または白金と銀との合金から構成されていることを特徴とする化合物半導体発光素子。

【請求項4】

p形リン化硼素半導体層の表面に形成された前記p形オーミック電極の平面形状が網目状であることを特徴とする請求項3に記載の化合物半導体発光素子。

【請求項5】

10

20

前記化合物半導体発光層がIII - V族化合物半導体からなり、前記p形オーミック電極と接触する前記p形リン化硼素半導体層が、不純物を故意に添加していないアンドープであり且つ室温での禁止帯幅が前記III - V族化合物半導体発光層より0.2 eV以上大かつ5.4 eV以下であるp形の単量体リン化硼素からなるp形クラッド層であることを特徴とする請求項3または4に記載の化合物半導体発光素子。

【請求項6】

前記化合物半導体発光層が、窒化ガリウム・インジウム（組成式： $Ga_xIn_{1-x}N:0 < x < 1$ ）または窒化リン化ガリウム（組成式： $GaN_{1-y}P_y:0 < y < 1$ ）からなることを特徴とする請求項3～5のいずれか1項に記載の化合物半導体発光素子。

【請求項7】

請求項3～6のいずれか1項に記載の化合物半導体発光素子を用いたLEDランプ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、p形リン化硼素系半導体層の表面に設けるp形オーミック電極を構成するための技術、及びそのp形オーミック電極を利用して高発光強度の化合物半導体発光素子を構成するための技術に関する。

【背景技術】

【0002】

III - V族化合物半導体の一種であるリン化硼素（化学式： $BP$ ）半導体層は、発光ダイオード（英略称：LED）或いはレーザダイオード（英略称：LD）等の化合物発光素子を構成するための半導体材料として利用されている（例えば、特許文献1参照）。室温での禁止帯幅を2.0エレクトロンボルト（eV）とする従来のリン化硼素からなるp形リン化硼素半導体層は、例えば、その上にオーミック（Ohmic）電極を形成するためコンタクト（contact）層として利用されている（例えば、特許文献2参照）。

【0003】

p形リン化硼素半導体層をコンタクト層として備えた化合物半導体発光素子にあって、コンタクト層上に設けるp形オーミック電極（正極）を金（元素記号：Au）・亜鉛（元素記号：Zn）合金から構成する例が開示されている（例えば、特許文献2参照）。p形リン化硼素半導体層へのオーミック電極材料としては、他にアルミニウム（元素記号：Al）が知られている（例えば、非特許文献1参照）。

【0004】

しかし、従来の金属材料では、禁止帯幅が2.0 eVと低いp形リン化硼素半導体層についても、接触抵抗の十分に低いp形オーミック電極を形成するに至っていない。このため、順方向電圧（所謂、 $V_f$ ）または閾値（所謂、 $V_{th}$ ）の低いLED或いはLDを安定して得るに不都合となっている。

【0005】

【特許文献1】米国特許第6,069,021号公報明細書参照

【特許文献2】特開平2-288388号公報参照

【非特許文献1】K. Shohno他、ジャーナル オブ クリスタル グロース（J. Crystal Growth）、第24/25巻、1974年、（オランダ）、193頁

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

本発明の目的は、p形リン化硼素半導体層と良好なオーミック接触性をもたらせる構成からなるp形オーミック電極を提供すること、またこのp形オーミック電極を利用して順方向電圧の低い化合物半導体発光素子を構成するための技術を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

10

20

30

40

50

即ち、本発明は、上記目的を達成するために下記を提供する。

(1) p形リン化硼素半導体層の表面にオーミック接触するp形オーミック電極を有し、かつ、前記p形オーミック接触電極の少なくともp形リン化硼素半導体層の表面に接触する底面が白金と珪素との合金または白金と銀との合金から構成されていることを特徴とするp形オーミック電極構造。

【0008】

(2) 前記p形オーミック電極が、前記白金と珪素との合金または白金と銀との合金から成る電極底面上に金又はアルミニウムを積層して成る重層構造であることを特徴とする上記(1)に記載のp形オーミック電極構造。

【0009】

(3) 絶縁性または導電性結晶基板と、該結晶基板の表面上に設けられた化合物半導体発光層と、p形リン化硼素半導体層と、該p形リン化硼素半導体層の表面にオーミック接触するp形オーミック電極とを有し、かつ、前記p形オーミック接触電極の少なくともp形リン化硼素半導体層の表面に接触する底面が白金と珪素との合金または白金と銀との合金から構成されていることを特徴とする化合物半導体発光素子。

【0010】

(4) p形リン化硼素半導体層の表面に形成された前記p形オーミック電極の平面形状が網目状であることを特徴とする上記(3)に記載の化合物半導体発光素子。

(5) 前記化合物半導体発光層がIII-V族化合物半導体からなり、前記p形オーミック電極と接触する前記p形リン化硼素半導体層が、不純物を故意に添加していないアンドープであり且つ室温での禁止帯幅が前記III-V族化合物半導体発光層より0.2eV以上大でかつ5.4eV以下であるp形の単量体リン化硼素からなるp形クラッド層であることを特徴とする上記(3)又は(4)に記載の化合物半導体発光素子。

【0011】

(6) 前記化合物半導体発光層が、窒化ガリウム・インジウム(組成式： $Ga_xIn_{1-x}N$ ； $0 < x < 1$ )または窒化リン化ガリウム(組成式： $GaN_{1-y}P_y$ ； $0 < y < 1$ )からなることを特徴とする上記(3)～(5)のいずれか1項に記載の化合物半導体発光素子。

(7) 上記(3)～(6)のいずれか1項に記載の化合物半導体発光素子を用いたLEDランプ。

【発明の効果】

【0012】

本発明に依れば、p形のリン化硼素半導体層の表面に接触させて設けるp形オーミック電極を白金と珪素との合金または白金と銀との合金から構成することとしたので、低接触抵抗の電極を形成でき、素子駆動電流を発光層に効率的に供給でき、従って、高い発光強度の化合物半導体発光素子をもたらすに効果をあげられる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0013】

p形リン化硼素半導体層は、ハロゲン(halogen)法(「日本結晶成長学会誌」、Vol.24, No.2(1997)、150頁参照)、ハイドライド法(J. Crystal Growth, 24/25(1974)、193～196頁参照)、並びに分子線エピタキシャル法(J. Solid State Chem., 133(1997)、269～272頁参照)等の気相成長手段に依り形成できる。また、有機金属化学的気相堆積(MOCVD)法に依り気相成長できる。例えば、単量体のp形リン化硼素半導体層は、珪素単結晶(シリコン)、立方晶3C結晶型炭化珪素(SiC)、六方晶2H、4H、及び6H結晶型SiC、サファイア( $Al_2O_3$ 単結晶)、ペロブスカイト型酸化物結晶などを基板として成長できる。基板結晶の表面をなす結晶面の方位は不問であるが、{100}、{110}、及び{0001}等の低ミラー指数の結晶面が好まれる。

【0014】

例えば、表面を{111}結晶面とする珪素(Si)単結晶基板の表面上に、トリエチ

10

20

30

40

50

ル硼素（分子式： $(C_2H_5)_3B$ ）とホスフィン（分子式： $PH_3$ ）とを原料とするMOCVD法でp形リン化硼素半導体層を気相成長させるに際し、好適な成長温度は、750以上で1200以下である。1200を超える高温では、 $B_{13}P_2$ 等の硼素多量体の発生に因り、単量体のリン化硼素（BP）及びそれを基材とするp形リン化硼素半導体混晶層の成長が阻害され不都合である。特に、p形リン化硼素半導体層の成長には1000以上で1200以下の温度が適する。また、不純物を故意に添加しない、所謂、アンドープ（undoped）のp形リン化硼素半導体層は、不純物ドーピング層とは異なり、不純物の拡散に因る他層の変性を回避するに効果がある。アンドープでp形の伝導を呈するリン化硼素半導体層は、気相成長時に於ける原料供給比率（ $= PH_3 / (C_2H_5)_3B$ ）を10～50として形成できる。

10

#### 【0015】

本発明では、p形リン化硼素半導体層の表面に接触させて設けるp形オーミック電極の底面部を、白金と珪素との合金または白金と銀との合金からなる膜から構成する。

#### 【0016】

本発明では、底面部を特に、白金と珪素との合金または白金と銀との合金の膜から構成する。白金と珪素との合金または白金と銀との合金の膜の場合、白金（Pt）は白金族金属元素の中でも仕事関数（work function）が5.4エレクトロンボルト（eV）と大きいにも拘わらず、p形の珪素についての場合と同じく、p形リン化硼素系半導体層と良好なオーミック接触性をもたらせる。一般的に、白金の含有量は質量百分率（質量%）にして50%以上であるのが適する。

20

#### 【0017】

また、白金（Pt）と、仕事関数を4.5 eV以下とする元素との合金が、p形リン化硼素半導体層の表面と接触するp形オーミック電極の底面部を構成するに好都合である。仕事関数が4.5 eVを超えると、p形リン化硼素半導体層との障壁が急激に大となり、p形オーミック電極を形成するに不利である。小さな仕事関数に加えて、例えば、500～600を超える融点の高い元素との合金は、耐熱性に優れるp形オーミック電極を構成するに好適となる。本発明では、白金と珪素（Si：仕事関数=4.3 eV、融点=1414）との合金（組成式：PtSi）膜が良好なp形オーミック電極を構成できることを見出した。珪素（Si）の含有量は質量百分率（質量%）にして、1%以上で50%未満であるのが適する。また、白金と銀（Ag：仕事関数=4.3 eV、融点=961）との合金（組成式：AgPt）からも良好なp形オーミック電極を構成できることを見出した。

30

#### 【0018】

白金と珪素との合金または白金と銀との合金膜は例えば、真空蒸着法、電子ビーム蒸着法や高周波スパッタリング法等の手段に依り形成できる。周知のフォトリソグラフィ技術を利用して合金膜をパターンニング加工を施せば、平面形状を円形、方形等とする所望の形状の底面部を形成できる。底面部をなす白金と珪素との合金または白金と銀との合金膜は、p形リン化硼素半導体層との接触を良好とするため、細孔の無い連続膜から構成するのが適する。このため、膜厚は成膜手段に依らずに10 nm以上とするのが適する。10 nm未満の薄膜では、細孔の無い連続膜を安定して得るに至らず不都合である。より好適なのは100 nm以上で300 nm以下である。

40

#### 【0019】

p形リン化硼素半導体層を気相成長させるにあつて、形成温度、V/III比率に加えて、形成速度を精密に制御すれば、禁止帯幅の大きなp形リン化硼素半導体層を形成できる。特に、室温での禁止帯幅を2.8 eV以上で5.4 eV以下とするp形リン化硼素半導体層は好ましく利用できる。更に好ましくは2.8 eV～3.2 eVとする広禁止帯幅（wide band gap）のp形リン化硼素半導体層は、化合物半導体発光素子にあつて、例えば、p形クラッド（clad）層等のバリア（barrier）作用を有する障壁層として利用できる。特に、窒化ガリウム・インジウム（組成式 $Ga_xIn_{1-x}N$ ：0 < x < 1）や窒化リン化ガリウム（組成式 $GaN_{1-y}P_y$ ：0 < y < 1）からなる発光層より

50

も室温で禁止帯幅を  $0.2\text{ eV}$  以上大とする p 形リン化硼素半導体層はヘテロ接合の発光部を構成する障壁層として好適に利用できる。禁止帯幅が  $5.4\text{ eV}$  を超えると、発光層との障壁差が大となり、順方向電圧或いは閾値電圧の低い化合物半導体発光素子を得るに不利となる。

#### 【0020】

また、このような広禁止帯幅の p 形リン化硼素半導体からなるクラッド層は、発光層からの青色光或いは緑色発光を LED の外部へ透過するための窓 (window) 層として兼用できる。例えば、室温でのキャリア濃度を  $1 \times 10^{19}\text{ cm}^{-3}$  以上とし、抵抗率を  $5 \times 10^{-2} \cdot \text{cm}$  以下とする低抵抗の p 形リン化硼素半導体層からは、窓層を兼用できるクラッド層を好適に形成できる。p 形クラッド層を構成する p 形リン化硼素半導体層の層厚は、500 ナノメートル (単位: nm) 以上で 5000 nm 以下とするのが適する。p 形リン化硼素半導体層を不必要に薄層とすると、透過率の減少を防げ、発光を透過する窓層としては有利となるが、オーミック電極を介して供給される素子駆動電流を発光層の全般に万遍なく平面的に拡散させるためのクラッド層を構成するには不都合となる。

#### 【0021】

窓層も兼用できる広い禁止帯幅のクラッド層の表面に p 形オーミック電極を形成できれば、化合物半導体発光素子を簡便に構成するに寄与できる。本発明に依れば、低抵抗な p 形リン化硼素半導体層からクラッド層兼窓層を構成できるため、p 形オーミック電極を設けるためのコンタクト層が不要となり、化合物半導体発光素子を簡便に得ることができる。クラッド層をなす p 形リン化硼素半導体層の表面に接触する底面部を、白金と珪素との合金または白金と銀との合金膜からなる構成した後、その表面上に、更に、他の金属膜を重ね層させて、重ね層構造からなるオーミック電極を構成することもできる。例えば、500 nm の膜厚の白金 (87.4 質量%)・珪素 (12.6 質量%) 合金から構成した円形の平面形状の底面部に、金 (元素記号: Au) 膜を積層させて重ね層構造の p 形オーミック電極を構成できる。重ね層構造の p 形オーミック電極を構成するにあたって、電極の最上層は、結線 (bonding) を容易となすため、金 (Au) またはアルミニウム (Al) から構成するのが好適である。

#### 【0022】

また、例えば一辺の長さを  $500\text{ }\mu\text{m}$  以上とする平面積の大きな LED を構成する際には、p 形リン化硼素半導体層の表面に広範囲に亘り p 形オーミック電極を配置する手段が有効となる。素子駆動電流を平面的に広範囲に拡散できるため、発光強度の高い、或いは発光面積の大きな LED を得るに好都合となるからである。p 形オーミック電極は、素子駆動電流を均一に拡散できる様な形状をもって配置するのが望ましい。例えば、発光層上の p 形リン化硼素半導体層の表面に接触させて、互いに電氣的に導通する格子状に或いは網目状に白金族金属元素またはその合金からなる p 形オーミック電極を配置する。また、p 形リン化硼素半導体層の表面に接触させて設けた白金と珪素との合金または白金と銀との合金からなる底面部と電氣的に導通させつつ、チップの周縁に枝状或いは放射状に延在させて、p 形オーミック電極を形成する。また、p 形リン化硼素半導体層の中央に設けた台座電極に導通させた、複数の同心円状の白金と珪素との合金または白金と銀との合金膜から p 形オーミック電極を構成する。これらの形状のオーミック電極を付帯する結線用の台座電極にあって、その底面を p 形リン化硼素半導体層に対してオーミック接触抵抗の高い材料から構成すると、台座電極の直下に素子駆動電流が短絡的に流通するのを防止でき、逆に、外部へ発光を取り出すに好都合な外部に開放された発光領域へ広範囲に素子駆動電流を拡散できて好都合となる。

#### 【0023】

所望の平面形状の p 形オーミック電極を形成するには、例えば、先ず、p 形リン化硼素層の表面の全面に、例えば、白金・珪素合金 (組成式: PtSi) 膜を通常の真空蒸着法または電子ビーム蒸着法等の手段に依り被着させておく。次に、公知のフォトリソグラフィ技術を利用して所望の形状にパターンニングを施す。p 形リン化硼素半導体層に平面的で等電位な分布を形成できる形状にパターンニングするのが好適である。次に、不要な P

10

20

30

40

50

t S i 合金膜を湿式エッチング法、或いは塩素ガス（分子式： $\text{Cl}_2$ ）等のハロゲン（h a l o g e n）ガスをを用いるプラズマドライエッチング法等の手段に依り除去する。

【0024】

p 形リン化硼素半導体層の表面に接触する底面を、白金と珪素との合金または白金と銀との合金から構成した電極は、p 形リン化硼素半導体層について良好なオーミック特性を示す p 形オーミック電極をもたらす作用を有する。

【0025】

p 形リン化硼素半導体層の表面に接触する底面を、白金と珪素との合金または白金と銀との合金から構成した p 形オーミック電極は、素子駆動電流を発光領域の広範囲に拡散させる作用を有する。

【実施例】

【0026】

（第1実施例）

p 形リン化硼素半導体層の表面に白金・銀合金（A g P t）からなる p 形オーミック電極を設けて化合物半導体 L E D を構成する場合を例にして本発明を具体的に説明する。

【0027】

図1にダブルヘテロ（D H）接合構造の L E D 1 0 0 を作製するために使用した積層構造体 1 1 0 の断面構造を模式的に示す。積層構造体 1 1 0 は、リン（P）ドープ n 形（1 1 1）-珪素（S i）単結晶基板 1 0 1 上に、アンドープで n 形のリン化硼素（B P）からなる下部クラッド層 1 0 2、n 形窒化ガリウム・インジウム（ $\text{Ga}_{0.90}\text{In}_{0.10}\text{N}$ ）井戸層 1 0 3 a と窒化ガリウム（G a N）障壁層 1 0 3 b とを 3 周期で重層させた多重量子井戸構造の発光層 1 0 3、アンドープで p 形のリン化硼素からなる上部クラッド層 1 0 4 を、順次、堆積して形成した。

【0028】

アンドープの n 形及び p 形リン化硼素半導体層 1 0 2、1 0 4 は、トリエチル硼素（分子式： $(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{B}$ ）を硼素（B）源とし、ホスフィン（分子式： $\text{PH}_3$ ）をリン源とする常圧（略大気圧）有機金属気相エピタキシー（M O V P E）手段を利用して形成した。

n 形リン化硼素半導体層 1 0 2 は 9 2 5 で、p 形リン化硼素半導体層 1 0 4 で 1 0 2 5

で形成した。発光層 1 0 3 は、トリメチルガリウム（分子式： $(\text{CH}_3)_3\text{Ga}$ ）/ $\text{NH}_3$  /  $\text{H}_2$  反応系常圧 M O C V D 手段により、8 0 0 で形成した。井戸層 1 0 3 a を構成する上記の窒化ガリウム・インジウム層は、インジウム組成を相違する複数の相（p h a s e）から構成される多相構造から構成し、その平均的なインジウム組成は 0 . 1 0（= 1 0 %）であった。井戸層 1 0 3 a 及び障壁層 1 0 3 b の層厚は、各々、5 n m 及び 1 0 n m とした。

【0029】

上部クラッド層 1 0 4 をなすアンドープの p 形リン化硼素半導体層 1 0 4 のキャリア（正孔）濃度は  $2 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$  とし、層厚は 7 2 0 n m とした。同層 1 0 4 の室温での抵抗率は  $5 \times 10^{-2} \cdot \text{cm}$  であった。また、p 形リン化硼素半導体層 1 0 4 の室温での禁止帯幅は 3 . 2 e V であったため、発光層 1 0 3 からの発光を外部へ透過するための窓層を兼用する p 形クラッド層として利用した。

【0030】

p 形上部クラッド層をなす p 形リン化硼素半導体層 1 0 4 の表面の全面に、通常の真空蒸着法及び電子ビーム蒸着法に依り白金・銀（A g P t）合金膜 1 0 5 a、次に金（A u）膜 1 0 5 b を被着させた。次に、結線用の台座電極を兼ねる p 形オーミック電極 1 0 5 を設ける領域に限り、底面部を A g P t 合金膜 1 0 5 a とする上記の電極 1 0 5 を残置させるために、公知のフォトリソグラフィ技術を利用して選択的にパターニングを施した。次に、p 形オーミック電極 1 0 5 とする以外の領域に在る A g P t 合金膜等をエッチング除去し、p 形リン化硼素半導体層 1 0 4 の表面を露出させた。フォトレジスト材を剥離した後、再び、チップに裁断するための格子状の溝孔を設けるために選択的パターニングを施した。然る後、塩素を含むハロゲン系混合ガスを利用したプラズマドライエッチング

10

20

30

40

50

手法に依り、上記のパターニングを施した領域に限定して、p形リン化硼素層104を選択的にエッチングで除去した。一方、珪素単結晶基板101の裏面の全面には、一般の真空蒸着法に依り金(Au)膜を被着させてn形オーミック電極(負電極)106を形成した。Si単結晶基板101の(111)-結晶表面に直交する<110>結晶方位に平行に設けた、線幅を50μmとする上記の帯状の溝孔に沿って劈開し、一辺を350μmとする正方形のLED100チップとした。

#### 【0031】

p形及びn形オーミック電極105、106の間に、順方向に20mAの素子駆動電流を流通してLEDチップ100の発光特性を確認した。LED100からは中心の波長を440nmとする青色帯光が放射された。発光スペクトルの半値幅は210ミリエレクトロンボルト(単位: meV)であった。一般的な積分球を利用して測定される樹脂モールド以前のチップ(chip)状態での輝度は11ミリカンデラ(mcd)であった。また、p形オーミック電極105の底面部を、p形リン化硼素半導体層に対して接触抵抗の小さなAgPt合金膜から構成したため、順方向電流を20mAとした際の順方向電圧(Vf)は3.1Vと低値となった。一方、逆方向電流を10μAとした際の逆方向電圧は9.5Vと高値となった。また、高いキャリア濃度で低抵抗のアンドープp形リン化硼素半導体層から上部クラッド層を構成することとし、且つ、p形リン化硼素半導体層の表面に接触させて低接触抵抗の白金・銀合金膜105aを含むp形オーミック電極105を設けることとしたので、素子駆動電流を台座電極の射影領域以外の発光領域の略全面から発光がもたらされた。

#### 【0032】

(第2実施例)

p形リン化硼素半導体層上に白金・珪素合金を含むp形オーミック電極を設けて化合物半導体LEDを構成する場合を例にして本発明を具体的に説明する。

#### 【0033】

アンドープでp形のリン化硼素(BP)半導体層は、上記の第1実施例に記載の発光層103上に堆積した。p形リン化硼素半導体層は、 $(C_2H_5)_3B / (CH_3)_3Ga / PH_3$ 系減圧MOCVD法により850℃で形成した。層厚は340nmとした。アンドープp形リン化硼素半導体層の室温でのキャリア濃度は $2 \times 10^{19} cm^{-3}$ で、抵抗率は $5 \times 10^{-2} \cdot cm$ となった。

#### 【0034】

次に、p形BP半導体層の表面の全面に、白金・珪素(PtSi)合金膜を通常の真空蒸着法に依り形成した。PtSi合金膜の膜厚は700nmとした。次に、公知のフォトリソグラフィ技術及びプラズマエッチング技法を利用してパターニングを施した。その後、プラズマドライエッチング法に依り、不要な合金膜を除去し、図2に示す様に、LEDチップ200の中央部に直径150μmの円形に、また、その周囲のp形BP半導体層の表面に接触させて同心円の円環105c状にPtSi合金膜を残置させ、p形オーミック電極105を形成した。円形に残置させた部分は、結線用との台座電極107とすると共に、この台座電極107と同心円状の円環状オーミック電極105cとは、帯状オーミック電極105dを利用して電氣的に導通させた。一方、珪素単結晶基板101の裏面の全面には、金(Au)膜を一般の真空蒸着法で被着させた。その後、上記のパターニング加工を施したPtSi合金膜及び金蒸着膜を被着させた状態で、水素気流中で450℃で10分間、熱処理(sinter)して、オーミック接触性を向上させた。これより、p形BP半導体層の表面にPtSiからなるp形オーミック電極105、及び珪素単結晶基板101の裏面にAuオーミック電極106を形成した。n形オーミック電極106をなすAu膜の膜厚は2μmとした。

#### 【0035】

次に、上記のPtSi合金膜をエッチングするに併せて形成した裁断線に沿って、個別のLEDチップ200に分離、裁断した。裁断用途の溝は、基板101をなすSi単結晶の[1-10]及び[-1-10]結晶方位に平行に設けた。これより、一辺を

10

20

30

40

50

500  $\mu\text{m}$ とする正方形のLEDチップ200となした。大型のLEDチップ200のp形及びn形オーミック電極105, 106間に、20 mAの順方向電流を通流した際の発光中心波長は440 nmであった。また、近視野発光像に依れば、チップ200の中央部の台座電極以外の発光領域からの均一な強度の発光がもたらされているのが確認された。これは、素子動作電流をp形BP半導体層に広範囲に均一に拡散できる様な形状でp形オーミック電極105c、105dを配置したためである。順方向電流を20 mAとした際の順方向電圧は3.4 Vであり、逆方向電流を10  $\mu\text{A}$ とした際の逆方向電圧は8.3 Vとなった。

【図面の簡単な説明】

【0036】

10

【図1】第1実施例に記載のLEDの断面構造を示す模式図である。

【図2】第2実施例に記載のLEDの平面構造を示す模式図である。

【符号の説明】

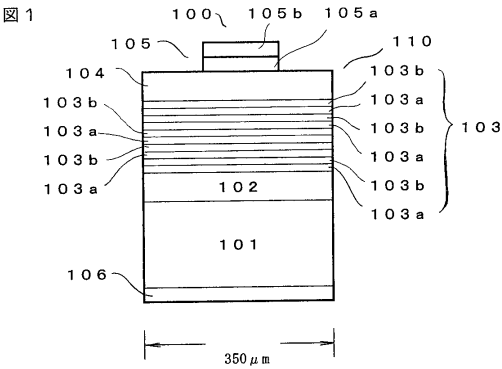
【0037】

100、200...LED  
110...積層構造体  
101...珪素単結晶基板  
102...n形クラッド層  
103...n形発光層  
104...p形クラッド層  
105...p形オーミック電極  
105a...白金・銀合金膜  
105b...金膜  
105c...円環状電極  
105d...帯状電極  
106...n形オーミック電極  
107...台座電極

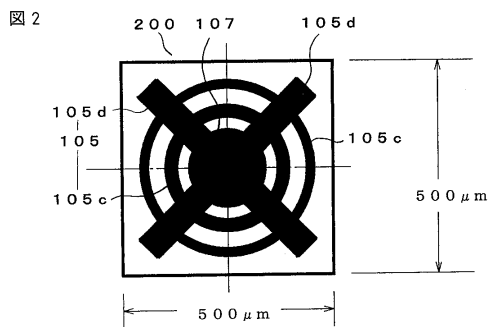
20



【図 1】



【図 2】



---

フロントページの続き

(72)発明者 宇田川 隆

埼玉県秩父市大字下影森 1 5 0 5 番地 昭和電工株式会社 研究開発センター内

審査官 角地 雅信

(56)参考文献 特開平 1 1 - 2 6 6 0 0 6 ( J P , A )

特表平 0 8 - 5 1 2 4 3 5 ( J P , A )

特開 2 0 0 0 - 0 2 2 2 1 0 ( J P , A )

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H 0 1 L 3 3 / 0 0 - 3 3 / 6 4