

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5044986号
(P5044986)

(45) 発行日 平成24年10月10日(2012.10.10)

(24) 登録日 平成24年7月27日(2012.7.27)

(51) Int.Cl.	F I
H O 1 L 33/38 (2010.01)	H O 1 L 33/00 2 1 0
H O 1 L 33/42 (2010.01)	H O 1 L 33/00 2 2 2
H O 1 L 33/44 (2010.01)	H O 1 L 33/00 3 0 0
H O 1 L 33/32 (2010.01)	H O 1 L 33/00 1 8 6

請求項の数 7 (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2006-138303 (P2006-138303)	(73) 特許権者	000106276
(22) 出願日	平成18年5月17日(2006.5.17)		サンケン電気株式会社
(65) 公開番号	特開2007-311506 (P2007-311506A)		埼玉県新座市北野3丁目6番3号
(43) 公開日	平成19年11月29日(2007.11.29)	(74) 代理人	100072154
審査請求日	平成21年5月8日(2009.5.8)		弁理士 高野 則次
		(72) 発明者	杉森 暢尚
			埼玉県新座市北野三丁目6番3号 サンケン電気株式会社内
		審査官	清水 靖記

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体発光装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光取り出し可能な第1の主面と前記第1の主面に対向している第2の主面とを有し且つ前記第1の主面と前記第2の主面との間に光を発生するための複数の半導体層を含んでい
る主半導体領域(2)と、

前記主半導体領域(2)の前記第1の主面の一部を覆っているボンディングパッド電極
(20)から成る第1の電極(3)と、

前記主半導体領域(2)の前記第2の主面に電氣的に接続された第2の電極(4)と、

前記主半導体領域(2)の前記第1の主面の前記ボンディングパッド電極(20)で覆
われている部分及び前記ボンディングパッド電極(20)で覆われていない部分に形成さ
れた光透過性導電膜(19)と、

前記ボンディングパッド電極(20)と前記光透過性導電膜(19)との間に 配置さ
れた第1の部分と前記ボンディング電極(20)と前記光透過性導電膜(19)との間か
ら外れており且つ前記第1の部分に連続しており且つ前記光透過性導電膜(19)の少な
くとも一部を覆っている第2の部分とを有し、且つ前記第2の部分に前記光透過性導電膜
(19)を露出させるための孔(17b又は17b'又は17b'')が設けられている
光透過性絶縁膜(17)と、

前記光透過性絶縁膜(17)の表面の一部を帯状に覆っており且つ前記ボンディングパ
ッド電極(20)に接続されている被覆部分(24)と前記光透過性絶縁膜(17)の前
記孔の中に充填されており且つ前記被覆部分(24)に連続しており且つ前記光透過性導

10

20

電膜(19)に接続されている充填部分(25)とを有し、且つ前記光透過性導電膜(19)よりも小さい抵抗率の導電性材料で形成され且つ前記光透過性導電膜(19)よりも低いシート抵抗率を有している接続導体層(22)と

を備え、

前記接続導体層(22)の前記被覆部分(24)は、前記光透過性絶縁膜(17)の平坦な主面上に配置され、

帯状の前記接続導体層(22)の端部は、前記光透過性絶縁膜(17)と前記ボンディングパッド電極(20)との間に配置され且つ前記ボンディングパッド電極(20)に電氣的に接続され、

前記光透過性導電膜(19)は、500～5000オングストロームの厚さを有し且つITO、Ni、Pt、Pd、Rh、Ru、Os、Ir、Au、及びAgから選択された材料で形成されていることを特徴とする半導体発光装置。

10

【請求項2】

前記接続導体層は、平面的に見て前記ボンディングパッド電極から離れる方向に延びている複数の帯状導体層から成ることを特徴とする請求項1記載の半導体発光装置。

【請求項3】

前記光透過性絶縁膜の孔は、平面的に見て前記接続導体層の前記被覆部分の中に帯状に形成されていることを特徴とする請求項1又は2記載の半導体発光装置。

【請求項4】

前記光透過性絶縁膜は、前記光透過性導電膜よりも高い光透過性を有する材料で形成されていることを特徴とする請求項1又は2又は3記載の半導体発光装置。

20

【請求項5】

前記光透過性絶縁膜(17)の前記孔は、帯状の前記接続導体層(22)が延びる方向に配列された複数の孔(17b')から成ることを特徴とする請求項1記載の半導体発光装置。

【請求項6】

前記接続導体層(22)が延びる方向に配列された複数の孔(17b')の面積は、前記ボンディングパッド電極(20)に近づくに従って小さくなっていることを特徴とする請求項5記載の半導体発光装置。

【請求項7】

前記光透過性絶縁膜は、帯状の前記接続導体層(22)に対応した帯状パターンを有していることを特徴とする請求項1乃至6のいずれか1つに記載の半導体発光装置。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は光透過性導電膜を伴った半導体発光装置に関する。

【0002】

過電圧保護素子を伴った半導体発光装置は、本件出願人に係わる特開2006-66863号公報(特許文献1)に開示されている。ここに開示されている半導体発光装置は、シリコン半導体基板と、この上に形成された複数の窒化物半導体層から成る発光半導体領域と、発光半導体領域の表面に形成された光透過性導電膜と、光透過性導電膜に接続されたボンディングパッド電極と、半導体基板の底面に形成された基板電極と、半導体基板の中又は上に形成された過電圧保護素子とを有する。過電圧保護素子はボンディングパッド電極の下に配置されているので、半導体発光装置の大型化を抑えて発光ダイオードを過電圧から保護することができる。

40

【0003】

ところで、光透過性導電膜は、発光半導体領域のボンディングパッド電極よりも外周側部分に電流を流すために機能する。この機能を良好に得るために、光透過性導電膜の電気抵抗は小さく且つ光透過性は大きいことが望ましい。しかし、光透過性導電膜として一般に使用されているインジウム・錫・オキサイド(以下、ITOと言う)は、金属膜に比べて

50

抵抗率が高い。また、ITOは100%の光透過性を有してはいないので、極力薄く形成される。従って、ITOから成る光透過性導電膜のシート抵抗は比較的大きく、発光半導体領域のボンディングパッド電極から離れた部分に電流を十分に流すことが困難である。なお、ITO以外の材料で光透過性導電膜を形成する場合においても光透過性と導電性との両方を満足させることが困難であった。

【0004】

上記問題を解決するために光透過性導電膜の上に放射状又は格子状パターンに細線電極を配置し、ボンディングパッド電極に接続することが特開2001-237461号公報（特許文献2）に開示されている。細線電極は、金属膜、又は合金膜と金属膜との複合膜から成り、ITOよりも小さい抵抗率を有する。また細線電極はITO膜よりも厚く形成されている。従って、ボンディングパッド電極の電流が細線電極によってITO膜の外周側に良好に広げられ、発光半導体領域を流れる電流分布の均一化が図られ、発光効率を向上させることができる。

10

【0005】

本件出願人は、特許文献1に開示されている過電圧保護素子を伴っている半導体発光装置に特許文献2に開示されている細線電極と同様な機能を有する帯状接続導体層を設けることを試みた。図1は過電圧保護素子及び帯状接続導体層とを有する半導体発光装置を概略的に示すものである。

【0006】

この試作した半導体発光装置は、p型単結晶シリコンから成る半導体基板1と、発光素子を構成するための3-5族化合物半導体から成る主半導体領域2と、第1の電極3と、第2の電極（基板電極）4とを備えている。

20

【0007】

半導体基板1はその中央に保護素子形成領域（内側領域）7と、主半導体領域2を支持している外側領域8とを有している。

【0008】

主半導体領域2は、ダブルヘテロ接合発光ダイオードを構成するために半導体基板1の一方の主面5上にn型バッファ層10とn型半導体層11と活性層12とp型半導体層13とを順次に有している。なお、n型半導体層11をn型クラッド層と呼び、p型半導体層13をp型クラッド層と呼ぶこともある。主半導体領域2の第1の主面14から第2の主面15に貫通する孔16が主半導体領域2の第1の主面14のほぼ中央に形成されている。

30

【0009】

主半導体領域2即ち発光ダイオードを過電圧から保護するための保護素子としてショットキーバリアダイオードを構成するために、半導体基板1の一方の主面5の中央に凹部9が形成され、この凹部9にショットキー接触金属層18が配置されている。

【0010】

第1の電極3は、ITO膜から成る光透過性導電膜19と、ボンディングパッド電極20と、帯状接続導体層22'とから成る。光透過性導電膜19は主半導体領域2の第1の主面14上の大部分に形成されている。ボンディングパッド電極20は主半導体領域2の孔16及び主半導体領域2の内周部分の上を覆うように配置され、ショットキー接触金属層18に接続されていると共に帯状接続導体層22'を介して光透過性導電膜19に接続されている。

40

【0011】

半導体基板1の凹部9の表面及び主半導体領域2の孔16の壁面及び主半導体領域2の内周部分の上に内周側絶縁膜17'が形成されている。ショットキー接触金属層18は内周側絶縁膜17'に形成された孔17aを介して半導体基板1の凹部9の表面にショットキー接触している。内周側絶縁膜17'はボンディングパッド電極20と半導体基板1及び主半導体領域2の孔16の壁面との間を電氣的に分離する機能を有する他に、ボンディングパッド電極20に基いて主半導体領域2に発生する応力を緩和する機能を有する。もし

50

、ボンディングパッド電極 20 の下に内周側絶縁膜 17' を配置しないでボンディングパッド電極 20 を主半導体領域 2 に対して直接に又は帯状接続導体層 22' と光透過性導電膜 19 とを介して接触させると、主半導体領域 2 に応力が発生し、主半導体領域 2 の発光特性の劣化及び機械的特性の劣化を生じさせる虞がある。これに対し、図 1 に示すようにボンディングパッド電極 20 の下に内周側絶縁膜 17' を配置すると、内周側絶縁膜 17' が緩衝部材として機能し、主半導体領域 2 に応力が発生することを抑制する。

【0012】

帯状接続導体層 22' は ITO 膜から成る光透過性導電膜 19 よりも抵抗率の低い金属を蒸着することによって形成され、ボンディングパッド電極 20 と帯状接続導体層 22' との両方に接続されている。この帯状接続導体層 22' は、光透過性導電膜 19 の全体を覆うようには形成されておらず、特許文献 2 と同様に光透過性導電膜 19 の一部のみを覆っており、特許文献 2 と同様に主半導体領域 2 の電流の均一化に寄与する。

【0013】

図 1 では帯状接続導体層 22' を設けたために、内周側絶縁膜 17' とは別に外周側絶縁膜 23 が設けられている。外周側絶縁膜 23 は光透過性を有するものであって光透過性導電膜 19 及び帯状接続導体層 22' を覆うように配置され、これ等の保護膜として機能している。

【0014】

第 2 の電極 4 は半導体基板 1 の他方の主面 6 に形成され、発光ダイオードのカソードとして機能すると共にショットキーバリアダイオードのアノードとして機能している。ボンディングパッド電極 20 は発光ダイオードのアノードとして機能すると共にショットキーバリアダイオードのカソードとして機能するので、ボンディングパッド電極 20 と第 2 の電極 4 との間に順方向電圧が印加された時に、主半導体領域 2 から光が発生し、この光が光透過性導電膜 19 及び外周側絶縁膜 23 を介して外部に取り出される。発光ダイオードに対して例えば静電気等の高い逆方向電圧が印加された時には、ショットキーバリアダイオードが導通し、発光ダイオードの逆方向電圧がショットキーダイオードの順方向電圧に制限され、発光ダイオードが過電圧から保護される。ショットキーバリアダイオードはボンディングパッド電極 20 の下に配置されているので、ショットキーダイオードを設けることによる半導体発光装置の大型化を抑えることができる。

【特許文献 1】特開 2006 - 66863 号公報

【特許文献 2】特開 2001 - 237461 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0015】

ところで、主半導体領域 2 に応力が発生することを抑制するためにボンディングパッド電極 20 の下に内周側絶縁膜 17' を配置すると、ボンディングパッド電極 20 から光透過性導電膜 19 の上に延在している帯状接続導体層 22' に段差部分が生じる。帯状接続導体層 22' は光の取り出しに対する妨害を少なくするためにできるだけ幅狭に形成されるので、帯状接続導体層 22' が段差部分（内周側絶縁膜 17' の外周端）で切断することがある。

従って、本発明が解決しようとする課題は、半導体発光装置の小型化を図ると共に主半導体領域 2 の電流の均一化を図ることが困難なことである。

【課題を解決するための手段】

【0016】

上記課題を解決するための本発明は、

光取り出し可能な第 1 の主面と前記第 1 の主面对向している第 2 の主面とを有し且つ前記第 1 の主面と前記第 2 の主面との間に光を発生するための複数の半導体層を含んで主半導体領域 (2) と、

前記主半導体領域 (2) の前記第 1 の主面の一部を覆っているボンディングパッド電極 (20) から成る第 1 の電極 (3) と、

10

20

30

40

50

前記主半導体領域(2)の前記第2の主面に電氣的に接続された第2の電極(4)と、

前記主半導体領域(2)の前記第1の主面の前記ボンディングパッド電極(20)で覆われている部分及び前記ボンディングパッド電極(20)で覆われていない部分に形成された光透過性導電膜(19)と、

前記ボンディングパッド電極(20)と前記光透過性導電膜(19)との間に配置された第1の部分と前記ボンディング電極(20)と前記光透過性導電膜(19)との間から外れており且つ前記第1の部分に連続しており且つ前記光透過性導電膜(19)の少なくとも一部を覆っている第2の部分とを有し、且つ前記第2の部分に前記光透過性導電膜(19)を露出させるための孔(17b又は17b'又は17b'')が設けられている光透過性絶縁膜(17)と、

10

前記光透過性絶縁膜(17)の表面の一部を帯状に覆っており且つ前記ボンディングパッド電極(20)に接続されている被覆部分(24)と前記光透過性絶縁膜(17)の前記孔の中に充填されており且つ前記被覆部分(24)に連続しており且つ前記光透過性導電膜(19)に接続されている充填部分(25)とを有し、且つ前記光透過性導電膜(19)よりも小さい抵抗率の導電性材料で形成され且つ前記光透過性導電膜(19)よりも低いシート抵抗率を有している接続導体層(22)と

を備え、

前記接続導体層(22)の前記被覆部分(24)は、前記光透過性絶縁膜(17)の平坦な主面上に配置され、

帯状の前記接続導体層(22)の端部は、前記光透過性絶縁膜(17)と前記ボンディングパッド電極(20)との間に配置され且つ前記ボンディングパッド電極(20)に電氣的に接続され、

20

前記光透過性導電膜(19)は、500～5000オングストロームの厚さを有し且つITO、Ni、Pt、Pd、Rh、Ru、Os、Ir、Au、及びAgから選択された材料で形成されていることを特徴とする半導体発光装置に係わるものである。

【0017】

なお、請求項2に示すように、前記接続導体層は、平面的に見て前記ボンディングパッド電極から離れる方向に延びている複数の帯状導体層から成ることが望ましい。

また、請求項3に示すように、前記光透過性絶縁膜の孔は平面的に見て前記接続導体層の前記被覆部分の中に帯状に形成されていることが望ましい。

30

また、請求項4に示すように、前記光透過性絶縁膜は、前記光透過性導電膜よりも高い光透過性を有する材料で形成されていることが望ましい。

また、請求項5に示すように、前記光透過性絶縁膜(17)の前記孔は、帯状の前記接続導体層(22)が延びる方向に配列された複数の孔(17b')から成ることが望ましい。

また、請求項6に示すように、前記接続導体層(22)が延びる方向に配列された複数の孔(17b')の面積は、前記ボンディングパッド電極(20)に近づくに従って小さくなっていることが望ましい。

また、請求項7に示すように、前記光透過性絶縁膜は、帯状の前記接続導体層(22)に対応した帯状パターンを有していることが望ましい。

40

【発明の効果】

【0018】

本発明は次の効果を有する。

(1) 光透過性導電膜の上に孔を有する光透過性絶縁膜が設けられ、接続導体層が平坦な光透過性絶縁膜の表面の一部を覆うと共に光透過性絶縁膜の孔を介して光透過性導電膜に接続されているので、接続導体層が切断し難い。従って、半導体発光装置の製造歩留を向上させることができる。

(2) 接続導体層は光透過性絶縁膜よりも抵抗率の小さい材料で形成されているので、光透過性絶縁膜のみの場合に比べて主半導体領域の外周部分に電流を良好に分散させることができ、主半導体領域における電流の均一性が高くなり、発光効率が向上する。

50

(3) ボンディングパッド電極と主半導体領域との間に応力緩和機能を有する絶縁膜が介在しているので、ボンディングパッド電極に基づいて主半導体領域に発生する応力の発生を抑制することができ、主半導体領域の発光特性の低下を防ぐことができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0019】

次に、図2～図19を参照して本発明の実施形態を説明する。

【実施例1】

【0020】

図2～図4に示す本発明の実施例1に従う過電圧保護素子を伴った半導体発光装置発光装置、即ち発光ダイオードと過電圧保護素子としてのショットキーバリアダイオードとの複
合半導体装置は、図1の半導体発光装置における内周側絶縁膜17'と外周側絶縁膜23
とを変形したものに相当する絶縁膜17を設け、且つ帯状接続導体層22'を変形したも
のに相当する帯状接続導体層22を設け、この他は図1と同様に構成したものである。従
って、図2～図4に示す本発明の実施例1に従う過電圧保護素子を伴った半導体発光装置
は、図1の半導体発光装置と同様に、半導体基板1と、発光素子を構成するための主半
導体領域2と、第1の電極3と、第2の電極(基板電極)4と、ショットキー接触金属層1
8とを備えている。以下、各部を詳しく説明する。

【0021】

半導体基板1は導電型決定用不純物としてボロン等の3族元素を含むp型単結晶シリコン
基板から成り、一方の主面5と他方の主面6とを有し且つほぼ中央に保護素子形成領域7
を有している。半導体基板1のp型不純物濃度は、例えば $5 \times 10^{18} \sim 5 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 程度あり
、抵抗率は $0.0001 \sim 0.01 \text{ } \Omega \cdot \text{cm}$ 程度である。従って、半導体基板1は導電性基
板であり、発光素子及び保護素子の電流通路として機能する。即ち、半導体基板1の中央
の保護素子形成領域7はショットキーバリアダイオードの本体部としても機能すると共に
この電流通路として機能し、また半導体基板1の保護素子形成領域7を囲む外側領域8は
発光素子の電流通路として機能する。更に、半導体基板1は、主半導体領域2のエピタキ
シャル成長のための基板としての機能、及び発光素子を構成するための主半導体領域2と
第1の電極3との支持体としての機能を有する。半導体基板1の好ましい厚みは比較的厚
い $100 \sim 500 \mu\text{m}$ である。なお、図2及び図3から明らかなように半導体基板1の一方の主面
5の外周部分に段差が形成され且つ中央に凹部9が形成されているが、半導体基板1の
一方の主面5の全部を平坦にすることができる。また、半導体基板1の導電型をn型にす
ることができる。また、半導体基板1の外側領域8の不純物濃度を保護素子形成領域7より
も高くし、これにより、外側領域8の抵抗率を保護素子形成領域7よりも低くし、発光素
子の動作時の外側領域8における電圧降下を低減することができる。

【0022】

発光素子の主要部を構成するための主半導体領域2は、シリコン半導体基板1と異種の3
-5族化合物半導体から成る複数の層を有し、シリコン半導体基板1の上に周知の気相成
長法によって形成されている。更に詳細には、主半導体領域2は、ダブルヘテロ接合発光
ダイオードを構成するためにn型バッファ層10とn型半導体層11と活性層12とp型
半導体層13とを順次に有している。なお、n型半導体層11をn型クラッド層と呼び、
p型半導体層13をp型クラッド層と呼ぶことがある。発光ダイオードは原理的にn型半
導体層11とp型半導体層13のみで構成できる。従って、主半導体領域2からn型バッ
ファ層10と活性層12とのいずれか一方又は両方を省くことができる。また、必要に応
じて周知の電流分散層又はオーミックコンタクト層等を主半導体領域2に付加すること
ができる。主半導体領域2の第1の主面14及び第2の主面15は半導体基板1に平行に延
びている。主半導体領域2の第1の主面14は活性層12で発生した光を外部に取り出す
面としての機能を有する。主半導体領域2の第2の主面15は半導体基板1に電氣的及び
機械的に結合されている。

【0023】

図1では図示を簡単にするためにn型バッファ層10が1つの層で示されているが、実際

10

20

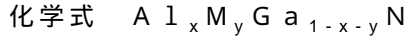
30

40

50

には複数の第1の層と複数の第2の層とから成り、第1の層と第2の層とが交互に配置されている。なお、n型バッファ層10の最下に第1の層が配置される。

n型バッファ層10の第1の層は、Al（アルミニウム）を含む窒化物半導体であることが望ましく、例えば、



ここで、前記Mは、In（インジウム）とB（ボロン）とから選択された少なくとも1種の元素、

$$\begin{aligned} \text{前記 } x \text{ 及び } y \text{ は、} & 0 < x < 1、 \\ & 0 < y < 1、 \\ & x + y < 1 \end{aligned}$$

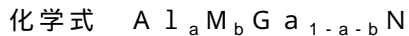
10

を満足する数値、

で示される材料に不純物を添加したものから成る。本実施例では、第1の層がAlN（窒化アルミニウム）で形成されている。アルミニウムを含む第1の層の格子定数及び熱膨張係数は第2の層よりもシリコン半導体基板1に近い。第1の層の好ましい厚みは、0.5 nm ~ 5 nmである。第1の層の厚みが0.5 nm未満の場合には上面に形成される主半導体領域2の平坦性が良好に保てなくなる。第1の層の厚みが5 nmを超えると、量子力学的トンネル効果が得られなくなる。

第2の層は、バッファ層10の緩衝機能を更に高めるためのものであって、Alを含まないか又はAlの割合が第1の層のAlの割合よりも小さいn型窒化物半導体から成る。この条件を満足させることができる第2の層は、例えば、

20



ここで、前記MはIn（インジウム）とB（ボロン）とから選択された少なくとも1種の元素、

$$\begin{aligned} \text{前記 } a \text{ 及び } b \text{ は、} & 0 < a < 1、 \\ & 0 < b < 1、 \\ & a + b < 1、 \\ & a < x \end{aligned}$$

を満足させる数値、

で示される材料にn型不純物を添加したものである。本実施例では、第2の層がGaN（窒化ガリウム）で形成されている。第2の層の好ましい厚みは、0.5 nm ~ 200 nmである。第2の層の厚みが0.5 nm未満の場合には上面に形成されるn型半導体層11と活性層12とp型半導体層13の平坦性が良好に保てなくなる。第2の層の厚みが200 nmを超えると、バッファ層10にクラックが発生する恐れがある。

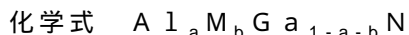
30

この実施例ではp型のシリコン半導体基板1に対してn型のバッファ層10が接触しているが、シリコン半導体基板1とバッファ層10とはヘテロ接合であり且つ両者間に合金化領域（図示せず）が生じているので、順方向バイアス電圧が両者に印加された時のシリコン半導体基板1とバッファ層10との接合部における電圧降下は小さい。なお、p型シリコン半導体基板1の代わりn型シリコン半導体基板を使用し、n型シリコン半導体基板の上にn型のバッファ層10を形成することも勿論可能である。また、バッファ層10を多層構造にしないで、1つの層で形成することも勿論可能である。

40

【0024】

バッファ層10の上に配置されたn型半導体層11は、



ここで、前記MはIn（インジウム）とB（ボロン）とから選択された少なくとも1種の元素、

$$\begin{aligned} \text{前記 } a \text{ 及び } b \text{ は、} & 0 < a < 1、 \\ & 0 < b < 1、 \\ & a + b < 1 \\ & a < x \end{aligned}$$

を満足させる数値、

50

で示される窒化物半導体から成ることが望ましく、GaN等のn型窒化ガリウム系化合物半導体から成ることが更に望ましい。

【0025】

n型半導体層11の上に配置された活性層12は、

化学式 $Al_xIn_yGa_{1-x-y}N$ 、

ここでx及びyは $0 < x < 1$ 、

$0 < y < 1$ 、を満足する数値、

で示される窒化物半導体から成ることが望ましい。なお、図1では活性層12が1つの層で概略的に示されているが、実際には周知の多重量子井戸構造を有している。勿論、活性層12を1つの層で構成することもできる。また、この実施例では活性層12に導電型決定不純物がドーピングされていないが、p型又はn型不純物をドーピングすることができる。

10

【0026】

活性層12の上に配置されたp型半導体層13は、

化学式 $Al_xIn_yGa_{1-x-y}N$ 、

ここでx及びyは $0 < x < 1$ 、

$0 < y < 1$ 、を満足する数値、

で示される窒化物半導体にp型不純物をドーピングしたものから成ることが望ましい。この実施例では、p型半導体層13が厚さ500nmのp型GaNで形成されている。

20

【0027】

主半導体領域2は、第1の主面14から第2の主面15に貫通する孔16をそのほぼ中央に有している。この孔16はシリコン半導体基板1の凹部9に連続している。孔16及び凹部9は、凹部9を形成する前のシリコン半導体基板1の上に主半導体領域2をエピタキシャル成長させた後にエッチングによって形成される。このため、シリコン半導体基板1と主半導体領域2との間に生じた合金化層は除去され、シリコン半導体基板1の凹部9の表面にシリコンが露出する。また、図7から明らかなように孔16及び凹部9の壁面は主半導体領域2の第1の主面14から第2の主面15に向って先細になるように傾斜している。なお、シリコン半導体基板1の凹部9は保護素子形成領域7に設けられている。

【0028】

第1の電極(上側電極)3は、光透過性導電膜19と、ボンディングパッド電極20と、帯状接続導体層22とから成る。ボンディングパッド電極20は帯状接続導体層22を介して光透過性導電膜19に接続されていると共にショットキー接触金属層18にも接続されている。従って、ボンディングパッド電極20は発光ダイオードのアノード機能の他にショットキーバリアダイオードのカソード機能を有する。

30

【0029】

光透過性導電膜19は主半導体領域2の第1の主面14即ちp型半導体層13の表面のほぼ全部に配置され、ここにオーミック接触している。従って、既に説明したように光透過性導電膜19は主半導体領域2に電流を均一に流すために寄与し、且つ主半導体領域2から放射された光の取り出しを可能にする。この実施例の光透過性導電膜19は厚さ1800オングストローム程度のITO(インジウム・錫・オキサイド)から成る。なお、光透過性導電膜19をITO以外のNi、Pt、Pd、Rh、Ru、Os、Ir、Au、Ag等から選択された材料で形成することもできる。しかし、いずれの材料で形成する場合であっても光透過性導電膜19の光透過性を高めることが必要であり、光透過性導電膜19をあまり厚く形成することができず、例えば500~5000オングストローム、好ましくは1800オングストローム程度に形成される。光透過性導電膜19が薄く形成されると、光透過性導電膜19のシート抵抗が必然的に高くなり、主半導体領域2のボンディングパッド電極20から離れた部分に電流を十分に流すことができない。この問題を解決するために図2~図3の実施例においては、図1の帯状接続導体層22'を変形した帯状接続導体層22が設けられている。図2~図4の実施例1の帯状接続導体層22は、図1の帯状接続導体層22'と同様に光透過性導電膜19とボンディングパッド電極20とを電

40

50

氣的に接続し、主半導体領域 2 における電流の均一性の向上に寄与する。しかし、図 2 ~ 図 4 の実施例 1 の帯状接続導体層 2 2 は、図 1 の帯状接続導体層 2 2 ' と異なる構成を有する。図 2 ~ 図 4 の実施例 1 の帯状接続導体層 2 2 の構成は後述する絶縁膜 1 7 と密接な関係を有する。

【 0 0 3 0 】

図 2 ~ 図 4 の実施例 1 の絶縁膜 1 7 は、光透過性導電膜 1 9 の大部分、主半導体領域 2 の光透過性導電膜 1 9 で覆われていない第 1 の主面 1 4 及び側面、及び凹部 9 の壁面及び底面の一部を覆っており、

(1) ボンディングパッド電極 2 0 と主半導体領域 2 の側面との間を電氣的に分離する機能、

(2) ボンディングパッド電極 2 0 と半導体基板 1 との間を電氣的に分離する機能、

(3) 主半導体領域 2 及び半導体基板 1 の表面を保護する機能、

(4) 帯状接続導体層 2 2 を所定パターンに形成するためのエッチング処理時にエッチング液から光透過性導電膜 1 9 を保護する機能、

(5) ボンディングパッド電極 2 0 に基づいて主半導体領域 2 に応力が発生することを抑制する機能即ち応力緩和機能、及び

(6) 帯状接続導体層 2 2 の光透過性導電膜 1 9 に対する接続箇所を特定する機能を有する。

【 0 0 3 1 】

絶縁膜 1 7 は上記機能を得るために光透過性導電膜 1 9 よりも光透過性が良い材料、例えばシリコン酸化物 (SiO_2) 、によって光透過性導電膜 1 9 、主半導体領域 2 、及び半導体基板 1 の表面を覆うように形成されている。絶縁膜 1 7 は光透過性導電膜 1 9 よりも光透過性が良い材料 (SiO_2) から成るので、この厚みを光透過性導電膜 1 9 よりも厚い例えば 1 5 0 0 ~ 1 0 0 0 0 オングストロームとすることができる。絶縁膜 1 7 は図 2 及び図 3 から明らかなようにショットキー接触金属層 1 8 が充填された第 1 の孔 1 7 a をその中央に有する他に、図 5 から明らかなようにボンディングパッド電極 2 0 から光透過性導電膜 1 9 の外周方向に帯状に伸びる複数 (4 個) の第 2 の孔 1 7 b を有する。図 5 では光透過性導電膜 1 9 の平面形状が長方形であるので、帯状の第 2 の孔 1 7 b が屈曲しているが、ボンディングパッド電極 2 0 から放射状に延びる形状にすることもできる。帯状の第 2 の孔 1 7 b の一端はボンディングパッド電極 2 0 にできるだけ近いことが望ましく、帯状の第 2 の孔 1 7 b の他端は光透過性導電膜 1 9 の外周縁にできるだけ近いことが望ましい。帯状の第 2 の孔 1 7 b の幅は、帯状接続導体層 2 2 よりも狭く且つ帯状接続導体層 2 2 によるボンディングパッド電極 2 0 と光透過性導電膜 1 9 との電氣的接続を確保できる範囲においてできるだけ狭いことが望ましく、例えば 2 μm ~ 1 0 μm 程度に決定される。なお、ボンディングパッド電極 2 0 と光透過性導電膜 1 9 との電氣的接続のための第 2 の孔 1 7 b はボンディングパッド電極 2 0 の下を除いたこれよりも外側に設けられ、絶縁膜 1 7 の第 2 の孔 1 7 b を有さない部分がボンディングパッド電極 2 0 と主半導体領域 2 との間に配置されているので、ボンディングパッド電極 2 0 に基づいて主半導体領域 2 に発生する応力が絶縁膜 1 7 によって良好に抑制されている。

【 0 0 3 2 】

帯状接続導体層 2 2 は、図 2 から明らかなように絶縁膜 1 7 の 4 個の第 2 の孔 1 7 b に対応して 4 個設けられている。各帯状接続導体層 2 2 は絶縁膜 1 7 の上に配置された帯状の被覆部分 2 4 と第 2 の孔 1 7 b の中に配置された充填部分 2 5 とを有する。帯状接続導体層 2 2 の幅は絶縁膜 1 7 の第 2 の孔 1 7 b の幅よりも僅かに広く決定されている。帯状接続導体層 2 2 の被覆部分 2 4 の一端はボンディングパッド電極 2 0 の下に配置され、ボンディングパッド電極 2 0 に電氣的に接続されている。帯状接続導体層 2 2 の被覆部分 2 4 の他端は第 2 の孔 1 7 b の外側端部よりも少し外側まで延在している。帯状接続導体層 2 2 の充填部分 2 5 は光透過性導電膜 1 9 に電氣的に接続されている。帯状接続導体層 2 2 は、光透過性導電膜 1 9 よりも抵抗率の低い材料で形成され、且つ光透過性導電膜 1 9 よりも低いシート抵抗率を有する。この実施例では絶縁膜 1 7 の上全体及び第 2 の孔 1 7 b

10

20

30

40

50

の中にAu(金)を2500~100000オングストローム程度に蒸着し、その後エッチングによって不用部分を除去することによって帯状接続導体層22が形成されている。なお、帯状接続導体層22をAuGe層とAu層との複合層で形成すること、又はAu、AuGeと異なる別の金属又は合金で形成することもできる。帯状接続導体層22は絶縁膜17の第2の孔17bよりも広い幅に形成されているので、帯状接続導体層22の被覆部分24と充填部分25との境界は絶縁膜17に形成されている帯状の第2の孔17bの縁の全周に沿って存在し、この境界の長さは帯状接続導体層22の幅よりも大幅に長くなる。従って、帯状接続導体層22の被覆部分24と充填部分25との間の接続の信頼性が向上し、両者間が切断する虞がなくなる。

帯状接続導体層22の充填部分25は図1の帯状接続導体層22'と同様にボンディングパッド電極20から光透過性導電膜19の外周端近くまで延びているので、光透過性導電膜19を介して活性層12を含む主半導体領域2に電流を良好に分散して流すために寄与する。

【0033】

ショットキー電極として機能するショットキー接触金属層18は例えばTi、Pt、Cr、Al、Sm、PtSi、Pd₂Si等から選択された1つ又は複数から成り、絶縁膜17の第1の孔17aを介してシリコン半導体基板1の凹部9の表面にショットキー接触している。保護素子としてのショットキーダイオードは半導体基板1の保護素子形成領域7とショットキー接触金属層18とによって形成されている。ショットキー接触金属層18は平面的に見てボンディングパッド電極20の内側に配置されている。従って、保護素子としてのショットキーダイオードを設けることによって半導体基板1及び主半導体領域2の面積の増大が抑制されている。

【0034】

ボンディングパッド電極20は光透過性導電膜19よりも抵抗率の低い材料(例えば、Au、Ni)からなり、ショットキー接触金属層18及び帯状接続導体層22に接続されている。ボンディングパッド電極20には図2及び図3で破線で示すAl又はAu等から成る外部接続用ワイヤ21が結合される。ボンディングパッド電極20は外部接続用ワイヤ21のボンディングに耐えることができる厚み(例えば100nm~100μm)を有する。従って、ボンディングパッド部分20を光が透過することはできない。この実施例では図2から明らかなようにボンディングパッド電極20の平面形状は円形であるが、これを楕円形又は四角形又は多角形等の別の形状にすることができる。また、半導体基板1の平面形状を正方形又は円形等に変形することができる。

【0035】

ボンディングパッド電極20は平面的に見て、即ち主半導体領域2の第1の主面14又はシリコン半導体基板1の一方の主面5に対して垂直な方向から見て、保護素子形成領域7の全部を覆うように形成することが望ましい。しかし、平面的に見て保護素子形成領域7の一部がボンディングパッド電極20からはみ出しても差し支えない。

【0036】

第2の電極(基板電極)4は金属層からなり、半導体基板1の他方の主面6の全面に形成されている。即ち、第2の電極4は半導体基板1の保護素子形成領域7及び外周側領域8の両方の下面にオーミック接触している。なお、第2の電極4を図2、図3で点線で示すように半導体基板1の一方の主面5の外周側に配置することもできる。

【0037】

図2~図4に示す過電圧保護機能を有する半導体発光装置は、図8に示す発光素子としての発光ダイオード31と過電圧保護素子としてのショットキーバリアダイオード32との逆並列接続回路として機能する。ショットキーバリアダイオード32は、主半導体領域2からなる発光ダイオード31に所定値以上の逆方向の過電圧(例えばサージ電圧)が印加された時に導通する。これにより、発光ダイオード31の電圧はショットキーバリアダイオード32の順方向電圧に制限され、発光ダイオード31が静電気等に基づく逆方向の過

10

20

30

40

50

電圧から保護される。ショットキーバリアダイオード 32 の順方向の導通開始電圧は発光ダイオード 31 の許容最大逆方向電圧以下に設定される。

【0038】

本実施例 1 は次の効果を有する。

(1) 光透過性導電膜 19 の上に第 2 の孔 17b を有する絶縁膜 17 が設けられ、带状接続導体層 22 が絶縁膜 17 の第 2 の孔 17b を介して光透過性導電膜 19 に接続されているので、带状接続導体層 22 の被覆部分 24 と充填部分 25 との境界長が長くなり、带状接続導体層 22 が切断し難くなる。従って、信頼性の高い半導体発光装置を提供することができ、且つ製造歩留を向上させることができる。

(2) 带状接続導体層 22 は光透過性絶縁膜 19 よりも抵抗率の小さい材料で形成されているので、光透過性絶縁膜 19 のみの場合に比べて主半導体領域 2 の外周部分に電流を良好に分散させることができ、主半導体領域 2 の活性層 12 における電流の均一性が高くなり、発光効率が向上する。

(3) ボンディングパッド電極 20 と主半導体領域 2 との間に応力緩和機能を有する絶縁膜 17 が介在しているので、ボンディングパッド電極 20 に基づく主半導体領域 2 の応力の発生を抑制することができ、主半導体領域 2 の発光特性の低下を防ぐことができる。

(4) 絶縁膜 17 が光透過性絶縁膜 19 よりも光透過性が良い SiO₂ からなり、且つ光透過性絶縁膜 19 よりも厚く形成されているので、主半導体領域 2 の带状接続導体層 21 の下の部分に発生した光を図 6 で破線 26 で示すように絶縁膜 17 を介して外に導出することができ、発光効率を向上させることができる。もし、带状接続導体層 21 の幅方向の全部が光透過性絶縁膜 19 に接触していれば、図 6 で破線 26 で示すような光の導出は生じない。

(5) 光透過性絶縁膜 19 が絶縁膜 17 で被覆されているので、带状接続導体層 22 を所定パターンに形成するためのエッチング処理時にエッチング液から光透過性導電膜 19 を保護することができる。

(6) 保護素子形成領域 7 が平面的に見てボンディングパッド電極 20 の下に配置されている。従って、発光素子の光取り出し面積の低減を抑制して保護素子を形成することができ、保護素子内蔵の半導体発光装置の小型化を図ることができる。

(7) 保護素子形成領域 7 が半導体基板 1 内に設けられているので、保護素子としてのショットキーバリアダイオード 32 を容易かつ低コストに得ることができる。

【実施例 2】

【0039】

次に、図 9 に示す実施例 2 に係わる過電圧保護機能を有する半導体発光装置を説明する。但し、図 9 及び後述する図 10 ~ 図 19 において、図 2 ~ 図 4 と実質的に同一の部分、及び図 9 ~ 図 19 において相互に同一の部分には同一の符号を付してその説明を省略する。

【0040】

図 9 に示す実施例 2 に係わる過電圧保護機能を有する半導体発光装置は、シリコン半導体基板 1 の保護素子形成領域 7 に p n 接合ダイオードを構成するための n 型半導体領域 40 を形成し且つ図 3 の金属層 18 を省き、この他は図 3 と実質的に同一に形成したものである。

即ち、図 9 の半導体発光装置の保護素子は半導体基板 1 に形成された 1 つの p n 接合を含む保護ダイオードから成る。この保護ダイオードは、第 1 導電型半導体領域としての p 型半導体基板 1 と、この p 型半導体基板 1 の保護素子形成領域 7 の中に島状に形成され且つ半導体基板 1 の一方の主面 5 に露出する表面を有している第 2 導電型半導体領域としての n 型半導体領域 40 とから成る。n 型半導体領域 40 は p 型シリコン半導体基板 1 に n 型不純物を拡散することによって形成されており、p 型シリコン半導体基板 1 との間に p n 接合を形成している。ボンディングパッド電極 20 の先端部分 18a は保護素子形成領域 7 の表面の凹部 9 に露出している n 型半導体領域 40 にオーミック接触している。なお、ボンディングパッド電極 20 の先端部分 18a と n 型半導体領域 40 との間に n 型半導体領域 4

0 に対して良好にオーミック接触する金属層を追加して配置することができる。n 型半導体領域40は、平面的に見て、即ち主半導体領域2の一方の主面14又はシリコン半導体基板1の一方の主面5に対して垂直な方向から見て、ボンディングパッド電極20の内側に配置されている。

【0041】

第1の電極3は発光素子及びpn接合ダイオードの一方の電極として機能し、第2の電極4は発光素子及びpn接合ダイオードの他方の電極として機能する。従って、図9に示す過電圧保護機能を有する半導体発光装置の等価回路は、発光ダイオードとpn接合ダイオードとの逆並列接続回路となる。即ち、図9に示す過電圧保護機能を有する半導体発光装置の等価回路は、図8のショットキーバリアダイオード32をpn接合ダイオードに置き換えたものになる。pn接合ダイオードは発光ダイオードに所定値以上の逆方向の過電圧が印加された時に導通し、発光ダイオードを静電気等に基づくサージ電圧等の逆方向の過電圧から保護する。

図9の実施例2においても図2～図4と同様な絶縁膜17及び帯状接続導体層22が設けられているので、図2～図4の実施例1と同様な効果を得ることができる。

【実施例3】

【0042】

図10に示す実施例3に係わる過電圧保護機能を有する半導体発光装置は、図3のp型シリコン半導体基板1の代わりにn型シリコン半導体基板1aを使用し、このn型シリコン半導体基板1aの保護素子形成領域7にnpn3層ダイオード、即ち一般にダイアック(DIAC)と呼ばれている双方向性ダイオードを形成するためのn型半導体領域40とp型半導体領域41とを形成し且つ図3の金属層18を省き、この他は図3と実質的に同一に形成したものである。即ち、図10に示す実施例3に係わる過電圧保護機能を有する半導体発光装置における保護素子は半導体基板1aの保護素子形成領域7に形成されたnpn3層ダイオードから成る。この3層ダイオードは、n型シリコン半導体基板1aと、n型シリコン半導体基板1aの中に島状に形成され且つ半導体基板1aの一方の主面5に露出する表面を有しているp型半導体領域41と、p型半導体領域41の中に島状に形成され且つ半導体基板1aの一方の主面5に露出する表面を有しているn型半導体領域40とから成る。

【0043】

図10のn型半導体領域40は図9のn型半導体領域40よりも少し小さく形成されている。p型半導体領域41はn型半導体領域40をこの表面を除いて囲むように配置されている。p型半導体領域41はn型シリコン半導体基板1aにp型不純物を拡散することによって形成されており、n型シリコン半導体基板1aとの間にpn接合を形成している。n型半導体領域40はp型半導体領域41にn型不純物を拡散することによって形成されており、p型半導体領域41との間にpn接合を形成している。n型半導体領域40は保護素子形成領域7の表面の凹部9に露出するように配置されている。ボンディングパッド電極20の先端部分18aはn型半導体領域40にオーミック接触している。なお、オーミック接触を良くするための金属層をボンディングパッド電極20とn型半導体領域40との間に追加して配置することができる。

【0044】

図10に示す過電圧保護機能を有する半導体発光装置の等価回路は、発光ダイオードとnpn3層ダイオードとの逆並列接続回路となる。即ち、図10に示す過電圧保護機能を有する半導体発光装置の等価回路は、図8のショットキーバリアダイオード32をnpn3層ダイオードに置き換えたものになる。npn3層ダイオードは発光ダイオードに所定値以上の逆方向電圧が印加された時、及び所定値以上の順方向電圧が印加された時に導通し、発光ダイオードを逆方向及び順方向の過電圧から保護する。

図10の実施例3においても図2～図4と同様な絶縁膜17及び帯状接続導体層21が設けられているので、図2～図4の実施例1と同様な効果を得ることができる。

【実施例4】

【 0 0 4 5 】

図 1 1 に示す実施例 4 の過電圧保護機能を有する半導体発光装置は、図 3 の保護素子としてのショットキーバリアダイオードの代わりにコンデンサを設け、この他は図 3 と同一に形成したものである。

【 0 0 4 6 】

図 1 1 の主半導体領域 2 の孔 1 6 の中に厚膜コンデンサを形成するための誘電体層 5 0 が配置されている。誘電体層 5 0 は絶縁膜 1 7 を形成する SiO_2 の比誘電率よりも大きい比誘電率、例えば 1 2 0 0 ~ 2 0 0 0、を有する誘電体磁器材料からなる。この誘電体磁器材料は 2 族の金属と 4 族の金属の酸化物である例えば BaTiO_3 (チタン酸バリウム) 又は SrTiO_3 (チタン酸ストロンチウム) 等の主成分と、3 族又は 5 族又はこれらの両方から成る副成分 (添加成分) とから成る。3 族の金属酸化物は、例えば Nd_2O_3 , La_2O_3 , D_2O_3 , Sm_2O_3 , Pr_2O_3 , Gd_2O_3 , Ho_2O_3 から選択された 1 つ又は複数であり、5 族の金属酸化物、例えば Nb_2O_5 , Ta_2O_5 から選択された 1 つ又は複数である。誘電体層 5 0 は有機バインダを伴った誘電体磁器材料のペーストを選択的に塗布して焼成する方法、又は誘電体磁器材料の生シート (グリーンシート) を張り付けて焼成する方法等で形成される。誘電体層 5 0 の一方の主面はシリコン基板 1 に接触し、他方の主面はボンディングパッド電極 2 0 に接触している。従って、シリコン基板 1 と誘電体層 5 0 とボンディングパッド電極 2 0 とによってコンデンサが形成されている。

【 0 0 4 7 】

図 1 1 に示す過電圧保護機能を有する半導体発光装置の等価回路は、発光ダイオードとコンデンサとの並列接続回路となる。即ち、図 1 1 に示す過電圧保護機能を有する半導体発光装置の等価回路は、図 8 のショットキーバリアダイオード 3 2 をコンデンサに置き換えたものになる。コンデンサはサージ電圧等の過電圧から発光素子を保護する。

図 1 1 の実施例 4 においても図 2 ~ 図 4 と同様な絶縁膜 1 7 及び帯状接続導体層 2 2 が設けられているので、図 2 ~ 図 4 の実施例 1 と同様な効果を得ることができる。

【 0 0 4 8 】

なお、図 1 1 において、鎖線 5 1 で示すように誘電体層 5 0 の一方の主面にコンデンサ電極を設けることができる。また、誘電体層 5 0 の他方に主面に鎖線 5 2 で示すように、コンデンサ電極を設けることができる。また、誘電体層 5 0 の代りに、チップ状コンデンサ素子を第 1 の電極 3 のボンディングパッド電極 2 0 とシリコン基板 1 の一方の主面 5 との間に配置することができる。

【 実施例 5 】

【 0 0 4 9 】

図 1 2 に示す実施例 5 の過電圧保護機能を有する半導体発光装置は、図 3 のショットキー接合用金属層 1 8、又は図 1 1 の誘電体層 5 0 の代わりに保護素子としてチップ状のバリスタ素子 6 0 を配置し、この他は図 3 又は図 1 1 と同一に形成したものである。バリスタ素子 6 0 は半導体磁器層 6 1 とこの一方の主面に配置された一方の電極 6 2 とこの他方の主面に配置された他方の電極 6 3 とから成る。半導体磁器層 6 1 は、 BaTiO_3 、 SrTiO_3 、 ZnO 等から成る主成分に Nb_2O_5 , Pr_6O_{11} 等の周知の副成分を添加した半導体磁器材料から成る。図 1 2 ではボンディングパッド電極 2 0 とバリスタ素子 6 0 の一方の電極 6 2 との間の絶縁を確保するために、これらの間に絶縁物 6 4 が配置されている。バリスタ素子 6 0 の一方の電極 6 2 はシリコン基板 1 の一方の主面 5 に形成されたオーミック電極 6 5 に対して図示が省略された周知の導電性接合材で結合され、他方の電極 6 3 はボンディングパッド電極 2 0 に接続されている。このバリスタ素子 6 0 は例えば 1 0 V 程度のバリスタ電圧を有する。

【 0 0 5 0 】

図 1 2 に示す過電圧保護機能を有する半導体発光装置の等価回路は、発光ダイオードとバリスタ素子との並列接続回路となる。即ち、図 1 2 に示す過電圧保護機能を有する半導体発光装置の等価回路は、図 8 のショットキーバリアダイオード 3 2 をバリスタ素子に置き換えたものになる。バリスタ素子はサージ電圧等の過電圧から発光ダイオードを保護する

。

図 1 2 の実施例 5 においても図 2 ~ 図 4 と同様な絶縁膜 1 7 及び帯状接続導体層 2 2 が設けられているので、図 2 ~ 図 4 の実施例 1 と同様な効果を得ることができる。

【実施例 6】**【0051】**

図 1 3 に示す実施例 6 の過電圧保護機能を有する半導体発光装置は、図 3 の金属層 1 8 の代わりに薄膜半導体即ち n 型半導体薄膜 4 0 a を設け、この他は図 3 と同一に形成したものである。

n 型半導体薄膜 4 0 a は、p 型半導体基板 1 とボンディングパッド電極 2 0 との間に配置されている。この n 型半導体薄膜 4 0 a は、蒸着、又は CVD (Chemical Vapor Deposition)、又はスパッタ、又は印刷 (塗布) 等の周知の方法で形成され、例えば 1 nm ~ 1 μm 程度の厚みを有する。

【0052】

n 型半導体薄膜 4 0 a の材料として、例えば、アモルファス (非晶質) シリコン、ITO、ZnO、SnO₂、In₂O₃、ZnS、ZnSe、ZnSb₂O₆、CdO、CdIn₂O₄、MgIn₂O₄、ZnGa₂O₄、CdGa₂O₄、Ga₂O₃、GaInO₃、CdSnO₄、InGaMgO₄、InGaZnO₄、Zn₂In₂O₅、AgSbO₃、Cd₂Sb₂O₇、Cd₂GeO₄、AgInO₂、CdS 及び CdSe から選択されたものを使用することができる。

【0053】

図 1 3 の n 型半導体薄膜 4 0 a は図 9 の n 型半導体領域 4 0 と同様に機能し、p 型半導体基板 1 との間に p n 接合を形成する。従って、図 1 3 に示す過電圧保護機能を有する半導体発光装置の等価回路は、発光ダイオードと p n 接合ダイオードとの逆並列接続回路となる。即ち、図 1 3 に示す過電圧保護機能を有する半導体発光装置の等価回路は、図 8 のショットキーバリアダイオード 3 2 を p n 接合ダイオードに置き換えたものになる。p n 接合ダイオードはサージ電圧等の過電圧から発光ダイオードを保護する。

図 1 3 の実施例 6 においても図 2 ~ 図 4 と同様な絶縁膜 1 7 及び帯状接続導体層 2 2 が設けられているので、図 2 ~ 図 4 の実施例 1 と同様な効果を得ることができる。

【実施例 7】**【0054】**

図 1 4 の実施例 7 の過電圧保護機能を有する半導体発光装置は、図 3 の金属層 1 8 の代わりに、p 型半導体薄膜 4 1 a と n 型半導体薄膜 4 0 a とを設け、この他は図 3 と同一に構成したものである。別の観点から見ると、この図 1 4 の複合半導体装置は、図 1 3 の n 型半導体薄膜 4 0 a と p 型半導体基板 1 との間に p 型半導体薄膜 4 1 a を追加したものに対応する。

【0055】

p 型半導体薄膜 4 1 a は、周知の蒸着、又は CVD、又はスパッタ、又は印刷 (塗布) 法によって形成され、例えば 1 nm ~ 1 μm 程度の厚さを有する。この p 型半導体薄膜 4 1 a の材料として p 型アモルファスシリコン、NiO、Cu₂O、FeO、CuAlO₂、CuGaO₂、及び SrCu₂O₂ から選択されたものを使用することができる。

【0056】

n 型半導体薄膜 4 0 a と p 型半導体薄膜 4 1 a との間に p n 接合が形成され、且つ p 型半導体薄膜 4 1 a は p 型半導体基板 1 にオーミック接触し、n 型半導体薄膜 4 0 a はボンディングパッド電極 2 0 にオーミック接触している。従って、図 1 4 に示す過電圧保護機能を有する半導体発光装置の等価回路は、発光ダイオードと p n 接合ダイオードとの逆並列接続回路となる。即ち、図 1 4 に示す過電圧保護機能を有する半導体発光装置の等価回路は、図 8 のショットキーバリアダイオード 3 2 を p n 接合ダイオードに置き換えたものになる。薄膜構成の p n 接合ダイオードはサージ電圧等の過電圧から発光ダイオードを保護する。

。

図 1 4 の実施例 7 においても図 2 ~ 図 4 と同様な絶縁膜 1 7 及び帯状接続導体層 2 2 が設けられているので、図 2 ~ 図 4 の実施例 1 と同様な効果を得ることができる。

【実施例 8】

【 0 0 5 7 】

図 1 5 に示す実施例 8 の過電圧保護機能を有する半導体発光装置は、図 3 の p 型半導体基板 1 を図 1 0 と同様に n 型（第 1 導電型）半導体基板 1 a に置き換え、図 3 の金属層 1 8 の代わりに、n 型の第 1 の半導体薄膜 7 1 と p 型（第 1 導電型）の第 2 の半導体薄膜 7 2 と n 型の第 3 の半導体薄膜 7 3 とを設け、この他は、図 3 と同一に構成したものに相当する。

【 0 0 5 8 】

図 1 5 の n 型の第 1 の半導体薄膜 7 1 は n 型半導体基板 7 a にオーミック接触し、図 1 3 の n 型半導体薄膜 4 0 a と同様な材料を使用して同様な方法で形成されている。n 型の第 1 の半導体薄膜 7 1 の上に配置された p 型の第 2 の半導体薄膜 7 2 は図 1 4 の p 型半導体薄膜 4 1 a と同一の材料を使用して同一の方法で形成される。p 型の第 2 の半導体薄膜 7 2 の上に配置された n 型の第 3 の半導体薄膜 7 3 は図 1 3 の n 型半導体薄膜 4 0 a と同様な材料から成り、且つボンディングパッド電極 2 0 にオーミック接触している。

【 0 0 5 9 】

第 1 の半導体薄膜 7 1 と第 2 の半導体薄膜 7 2 と第 3 の半導体薄膜 7 3 とから成る薄膜 3 層ダイオードは、図 1 0 の npn 3 層ダイオードと同一の機能を有する。

図 1 5 の実施例 8 においても図 2 ～図 4 と同様な絶縁膜 1 7 及び帯状接続導体層 2 2 が設けられているので、図 2 ～図 4 の実施例 1 と同様な効果を得ることができる。

【 実施例 9 】

【 0 0 6 0 】

図 1 6 に示す実施例 9 の過電圧保護機能を有する半導体発光装置は、図 1 0 の n 型半導体領域 4 0 の代わりに、n 型半導体基板 1 a の上に n 型半導体薄膜 4 0 a を設け、この他は図 1 0 と同一に構成したものに相当する。図 1 6 の n 型半導体薄膜 4 0 a は、図 1 3 において同一符号で示すものと同一の材料を使用して同一方法で形成される。この n 型半導体薄膜 4 0 a は p 型半導体領域 4 1 との間に p n 接合を形成し、またボンディングパッド電極 2 0 にオーミック接触している。従って、n 型半導体基板 1 a と p 型半導体領域 4 1 と n 型半導体薄膜 4 0 a とによって図 1 0 の npn 3 層ダイオードと同一の機能を得ることができる。

図 1 6 の実施例 9 においても図 2 ～図 4 と同様な絶縁膜 1 7 及び帯状接続導体層 2 2 が設けられているので、図 2 ～図 4 の実施例 1 と同様な効果を得ることができる。

【 実施例 1 0 】

【 0 0 6 1 】

図 1 7 は実施例 1 0 に従う絶縁膜 1 7 の変形された第 2 の孔 1 7 b ' を示す。図 1 7 では 1 つの帯状接続導体層 2 2 に対して複数の第 2 の孔 1 7 b ' が設けられている。換言すれば、図 5 に示す 1 つの第 2 の孔 1 7 b が複数の第 2 の孔 1 7 b ' に分割されている。図 1 7 の第 2 の孔 1 7 b ' は図示が省かれているボンディングパッド電極 2 0 から離れるに従って大きくなっている。この結果、光透過性絶縁膜 1 9 の単位面積に対する第 2 の孔 1 7 b ' の面積の割合は、ボンディングパッド電極 2 0 から離れるに従って大きくなっている。これにより、主半導体領域 2 における電流の均一性を更に高めることができる。帯状接続導体層 2 2 は複数の第 2 の孔 1 7 b ' の中にそれぞれ充填されているので、図 2 ～図 4 の実施例 1 と同様に切断し難い。従って、図 1 7 の実施例 1 によっても図 2 ～図 4 の実施例 1 と同様な効果を得ることができる。

【 実施例 1 1 】

【 0 0 6 2 】

図 1 8 は実施例 1 1 に従う絶縁膜 1 7 の変形された第 2 の孔 1 7 b ' ' を示す。図 1 8 の第 2 の孔 1 7 b ' ' の幅は図示が省かれているボンディングパッド電極 2 0 から離れるに従って広がっている。この結果、光透過性絶縁膜 1 9 の単位面積に対する第 2 の孔 1 7 b ' の面積の割合は、ボンディングパッド電極 2 0 から離れるに従って大きくなっている。これにより、図 1 7 の実施例 1 0 と同様に主半導体領域 2 における電流の均一性を更に高めることができる。

従って、図 18 の実施例によっても図 2 ~ 図 4 の実施例 1 と同様な効果を得ることができる。

【実施例 12】

【0063】

図 19 は実施例 12 に従う変形された絶縁膜 17' を有する半導体発光装置の一部を示す。図 19 の絶縁膜 17' は、光透過性絶縁膜 19 の全面を覆うように形成されず、一部のみを覆っている。即ち、絶縁膜 17' は帯状接続導体層 22 と同様に帯状パターンを有している。ただし、図示が省かれているボンディングパッド電極 20 と主半導体領域 2 との間には実施例 1 と同様に絶縁膜 17' が介在している。図 19 は実施例 12 は、光透過性絶縁膜 19 の保護の点で実施例 1 よりも劣るが、光の取り出し効率の点で実施例 1 よりも優れている。

10

【0064】

本発明は上述の実施例に限定されるものではなく、例えば次の変形が可能なものである。

(1) 図 5 に示す実施例 1 に従う絶縁膜 17 の 4 つの第 2 の孔 17b を相互の連結する孔 (溝) を設け、この連結孔 (溝) の中及びここに隣接する絶縁膜 17 の上にも帯状接続導体層 22 を設けることができる。即ち、第 2 の孔 17b 及び帯状接続導体層 22 を格子状又はメッシュ状等に変形することができる。

(2) ボンディングパッド電極 20 の下に 4 つの帯状接続導体層 22 を相互に連結する連結導体層を設けることができる。

(3) シリコン半導体基板 1 又は 1a を単結晶シリコン以外の多結晶シリコン又は SiC 等のシリコン化合物、又は 3 - 5 族化合物半導体とすることができる。また、図 11、図 12、図 14、図 15 の実施例においては、シリコン半導体基板 1 を金属基板とすることができる。

20

(4) シリコン半導体基板 1 又は 1a 及び主半導体領域 2 の各層及び保護素子の各層又は各膜の導電型を実施例と逆にすることができる。

(5) 主半導体領域 2 に、周知の電流分散用半導体層及びコンタクト用半導体層を設けることができる。

(6) 図 12 の保護素子としての磁器バリスタ素子 60 の代わりにシリコンバリスタ素子、定電圧ダイオード、整流ダイオード、3 層ダイオード等のチップ状保護素子を配置することができる。

30

(7) ボンディングパッド電極 20 にワイヤ 21 以外の棒状又は板状等の別の導体部材を接続することができる。

(8) 半導体基板 1 又は 1a の上に主半導体領域 2 を気相成長させる代わりに、半導体基板 1 又は 1a 又は金属基板に主半導体領域 2 を熱圧着等で貼り合わせることができる。

(9) 主半導体領域 2 から基板 1 又は 1a 側に放射された光を主半導体領域 2 の第 1 の主面 14 側に反射させる光反射層を設けることができる。

(10) 図 3 においてショットキー接触金属層 18 を設ける代わりに、孔 16 の中に主半導体領域 2 を構成する層 10 ~ 13 と同一の複数の半導体層を、主半導体領域 2 から電氣的に分離して残存させ、この残存させた複数の半導体層の内の一部を使用してショットキーバリアダイオード等の過電圧保護素子を形成することができる。

40

【図面の簡単な説明】

【0065】

【図 1】従来の過電圧保護機能を有する半導体発光装置を概略的に示す中央縦断面図である。

【図 2】本発明の実施例 1 に従う過電圧保護機能を有する半導体発光装置を示す平面図である。

【図 3】図 2 の A - A 線断面図である。

【図 4】図 2 の B - B 線断面図である。

【図 5】図 2 の過電圧保護機能を有する半導体発光装置の絶縁膜よりも下の部分を示す平面図である。

50

【図 6】図 2 の C - C 線の一部を拡大して示す断面図である。

【図 7】図 3 の主半導体領域と半導体基板の一部とを示す断面図である。

【図 8】図 2 の過電圧保護機能を有する半導体発光装置の電気回路図である。

【図 9】実施例 2 の過電圧保護機能を有する半導体発光装置を図 3 と同様に概略的に示す中央縦断面図である。

【図 10】実施例 3 の過電圧保護機能を有する半導体発光装置を図 3 と同様に概略的に示す中央縦断面図である。

【図 11】実施例 4 の過電圧保護機能を有する半導体発光装置を図 3 と同様に概略的に示す中央縦断面図である。

【図 12】実施例 5 の過電圧保護機能を有する半導体発光装置を図 3 と同様に概略的に示す中央縦断面図である。

10

【図 13】実施例 6 の過電圧保護機能を有する半導体発光装置を図 3 と同様に概略的に示す中央縦断面図である。

【図 14】実施例 7 の過電圧保護機能を有する半導体発光装置を図 3 と同様に概略的に示す中央縦断面図である。

【図 15】実施例 8 の過電圧保護機能を有する半導体発光装置を図 3 と同様に概略的に示す中央縦断面図である。

【図 16】実施例 9 の過電圧保護機能を有する半導体発光装置を図 3 と同様に概略的に示す中央縦断面図である。

【図 17】実施例 10 の過電圧保護機能を有する半導体発光装置の絶縁膜の一部を概略的に示す断面図である。

20

【図 18】実施例 11 の過電圧保護機能を有する半導体発光装置の絶縁膜の一部を概略的に示す断面図である。

【図 19】実施例 12 の過電圧保護機能を有する半導体発光装置の一部を概略的に示す断面図である。

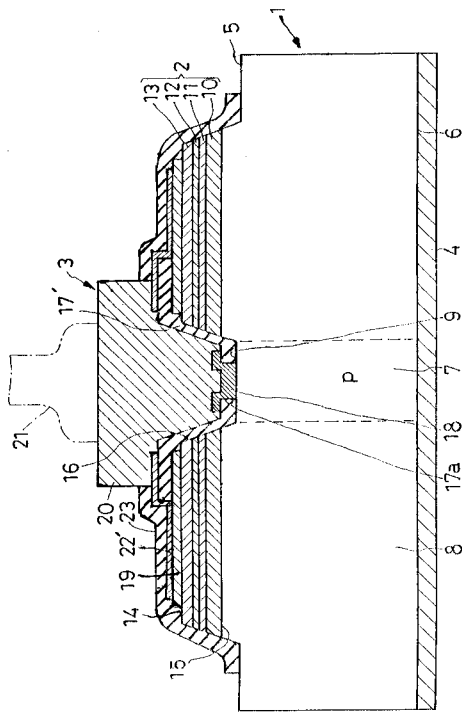
【符号の説明】

【 0 0 6 6 】

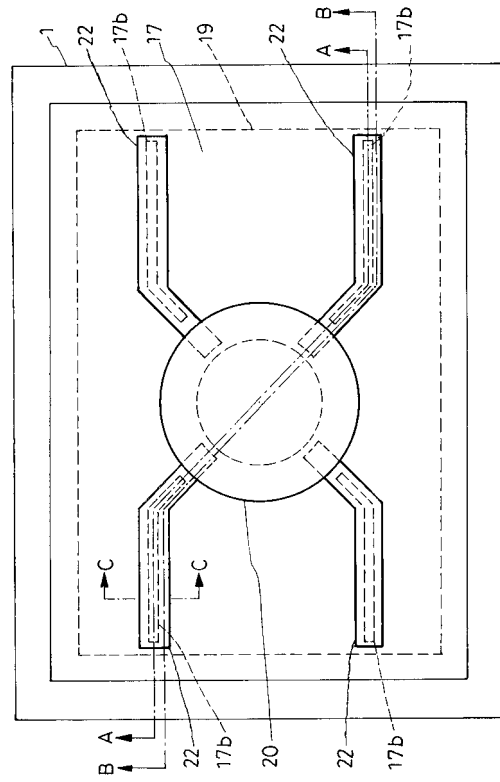
- 1、 1 a シリコン半導体基板
- 2 主半導体領域
- 3 第 1 の電極
- 4 第 2 の電極
- 7 保護素子形成領域
- 1 7 絶縁膜
- 1 7 b 第 2 の孔
- 1 9 光透過性絶縁膜
- 2 0 ボンディングパッド電極
- 2 2 帯状接続導体層

30

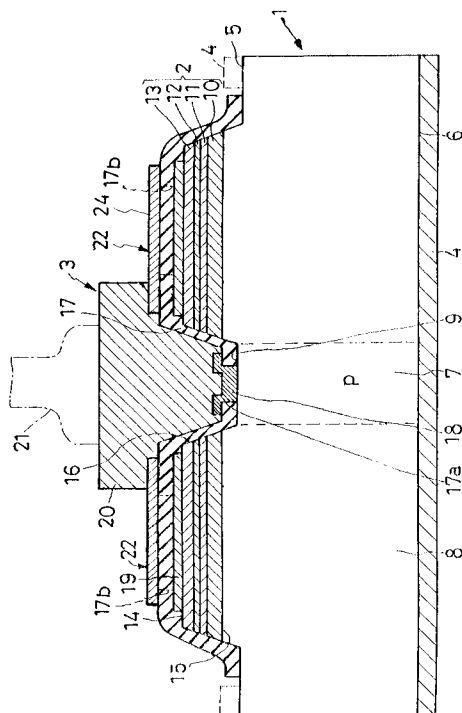
【 図 1 】



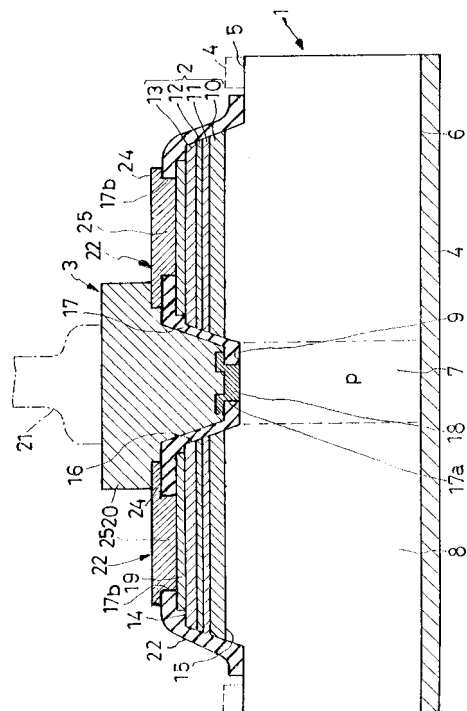
【圖 2】



【 図 3 】



【 図 4 】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2006-066863(JP,A)
特開平08-316525(JP,A)
特開平09-036431(JP,A)
特開2004-047504(JP,A)
特開平10-256602(JP,A)
国際公開第2001/041223(WO,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01L 33/00 - 33/64
H01S 5/00 - 5/50