

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-200325

(P2004-200325A)

(43) 公開日 平成16年7月15日(2004.7.15)

(51) Int.Cl.⁷

H01L 33/00

H01S 5/042

F I

H01L 33/00

H01L 33/00

H01S 5/042 612

テーマコード (参考)

5F041

5F073

審査請求 未請求 請求項の数 17 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2002-365792 (P2002-365792)

(22) 出願日 平成14年12月17日 (2002.12.17)

(71) 出願人 000005120

日立電線株式会社

東京都千代田区大手町一丁目6番1号

(74) 代理人 100071526

弁理士 平田 忠雄

(72) 発明者 今野 泰一郎

東京都千代田区大手町一丁目6番1号 日

立電線株式会社内

(72) 発明者 海野 恒弘

東京都千代田区大手町一丁目6番1号 日

立電線株式会社内

Fターム(参考) 5F041 AA24 AA43 CA34 CA83 CA85

CA88 CA92 CA93

5F073 CA07 CA17 CB22 EA29

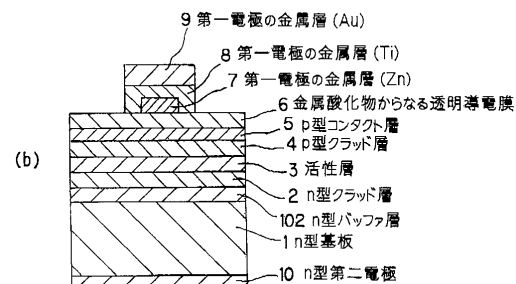
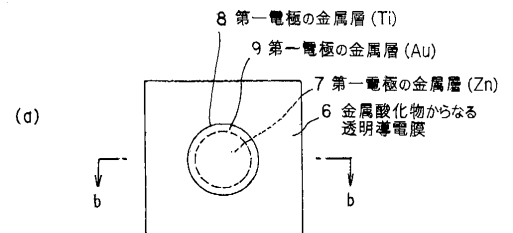
(54) 【発明の名称】 半導体発光素子

(57) 【要約】

【課題】金属酸化膜からなる透明導電膜を用いた構造の半導体発光素子であって、金属酸化膜上に形成したパッド電極が剥がれにくく、かつ順方向動作電圧を低くできる高輝度の半導体発光素子を提供する。

【解決手段】基板1上に発光層3を有しており、前記発光層3の上側に電流分散層として金属酸化物からなる透明導電膜6を形成し、前記透明導電膜6の上側に通电のための第一電極を形成した半導体発光素子において、前記第一電極が複数層の金属からなり、その最上層がボンディングされる金属層9であり、かつ前記透明導電膜に2種以上の金属層7, 8が接するように構成する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板上に発光層を有しており、前記発光層の上側に電流分散層として金属酸化物からなる透明導電膜を形成し、前記透明導電膜の上側に通電のための第一電極を形成した半導体発光素子において、

前記第一電極が複数層の金属からなり、その最上層がボンディングされる金属層であり、かつ前記透明導電膜に 2 種以上の金属層が接していることを特徴とする半導体発光素子。

【請求項 2】

前記透明導電膜に接する 2 種以上の金属層が、透明導電膜からの電極の剥がれを防止する 1 種以上の金属層及び順方向動作電圧低下を促す 1 種以上の金属層であることを特徴とする請求項 1 に記載の半導体発光素子。

10

【請求項 3】

前記透明導電膜に接する 2 種以上の金属層が、1 種がチタン (Ti)、白金 (Pt)、モリブデン (Mo)、タングステン (W)、パラジウム (Pd)、又はニッケル (Ni) から選ばれる 1 種以上の金属であり、残りの 1 種以上が亜鉛 (Zn)、ベリリウム (Be)、ゲルマニウム (Ge)、これらの Au 化合物、又はマグネシウム (Mg) から選ばれる 1 種以上の金属であることを特徴とする請求項 1 に記載の半導体発光素子。

【請求項 4】

前記透明導電膜からの電極の剥がれを防止する 1 種以上の金属層が、チタン (Ti)、白金 (Pt)、モリブデン (Mo)、タングステン (W)、パラジウム (Pd)、又はニッケル (Ni) から選ばれる 1 種以上の金属であることを特徴とする請求項 2 に記載の半導体発光素子。

20

【請求項 5】

前記順方向動作電圧低下を促す 1 種以上の金属層が、亜鉛 (Zn)、ベリリウム (Be)、ゲルマニウム (Ge)、これらの Au 化合物、又はマグネシウム (Mg) から選ばれる 1 種以上の金属であることを特徴とする請求項 2 に記載の半導体発光素子。

【請求項 6】

前記透明導電膜からの電極の剥がれを防止する金属層と前記順方向動作電圧低下を促す金属層が円形であり、各々の中心を略合致させる様にしたことを特徴とする請求項 2 に記載の半導体発光素子。

30

【請求項 7】

前記透明導電膜からの電極の剥がれを防止する金属層と前記順方向動作電圧低下を促す金属層が円形であり、各々の中心が略合致されており、前記順方向動作電圧低下を促す金属層の円面積が、その上に設けられる前記透明導電膜からの電極の剥がれを防止する金属層の円面積の 0.1 ~ 0.9 倍であることを特徴とする請求項 2 に記載の半導体発光素子。

【請求項 8】

前記順方向動作電圧低下を促す金属層の前記透明導電膜に接する面積と前記透明導電膜からの電極の剥がれを防止する金属層の前記透明導電膜に接する面積との比が、 $1/9 \sim 9/1$ であることを特徴とする請求項 2 に記載の半導体発光素子。

【請求項 9】

前記基板が、半導体基板であり、もう 1 つの通電のための第二電極が前記半導体基板の下側に形成されていることを特徴とする請求項 1 乃至 8 に記載の半導体発光素子。

40

【請求項 10】

前記半導体基板が、GaAsであることを特徴とする請求項 9 に記載の半導体発光素子。

【請求項 11】

前記発光層は、シングルヘテロ構造、ダブルヘテロ構造、pn 接合構造、およびクラッド層に挟まれた多重量子井戸構造より選択されるいずれかの構造を有することを特徴とする請求項 1 乃至 10 に記載の半導体発光素子。

【請求項 12】

前記発光層は、pn 接合又はダブルヘテロ構造を有していることを特徴とする請求項 1 乃至 11 に記載の半導体発光素子。

50

至 11 に記載の半導体発光素子。

【請求項 13】

前記発光層が、 AlGaInP 又は GaInP であることを特徴とする請求項 1 乃至 12 に記載の半導体発光素子。

【請求項 14】

前記金属酸化物からなる透明導電膜が、 $\text{ITO}(\text{Sn}^{4+}-\text{ドーピング} \text{In}_2\text{O}_3)$ 、 In_2O_3 、 $\text{IFO}(\text{F}^{4+}-\text{ドーピング} \text{In}_2\text{O}_3)$ 、 SnO_2 、 $\text{ATO}(\text{Sb}^{5+}-\text{ドーピング} \text{SnO}_2)$ 、 $\text{FTO}(\text{F}^{4+}-\text{ドーピング} \text{SnO}_2)$ 、 $\text{CTO}(\text{Cd}^{2+}-\text{ドーピング} \text{SnO}_2)$ 、 $\text{AZO}(\text{Al}^{3+}-\text{ドーピング} \text{ZnO})$ 、 $\text{IZO}(\text{In}^{3+}-\text{ドーピング} \text{ZnO})$ 、又は $\text{GZO}(\text{Ga}^{3+}-\text{ドーピング} \text{ZnO})$ のいずれかであることを特徴とする請求項 1 乃至 13 に記載の半導体発光素子。

10

【請求項 15】

前記金属酸化物からなる透明導電膜が、 $\text{ITO}(\text{Sn}^{4+}-\text{ドーピング} \text{In}_2\text{O}_3)$ であることを特徴とする請求項 1 乃至 14 に記載の半導体発光素子。

【請求項 16】

前記第一電極の最上層であるボンディングされる金属層が、金 (Au) であることを特徴とする請求項 1 乃至 14 に記載の半導体発光素子。

【請求項 17】

前記金 (Au) が、アロイ処理した下層とアロイ処理しない上層の二層構造からなることを特徴とする請求項 16 に記載の半導体発光素子。

【発明の詳細な説明】

20

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体発光素子に関し、特に、電流分散層として金属酸化物からなる透明導電膜を用いた半導体発光素子であって、所定の電極を用いることにより得られる高輝度の半導体発光素子に関する。

【0002】

【従来の技術】

図 6 は、従来の AlGaInP 系発光ダイオード (LED) の断面構造の概略を示したもので、21 は基板、22 は n 型クラッド層、23 は活性層、24 は p 型クラッド層、25 は電流分散層、26 は電流分散層 25 上に形成された一方の電極、27 は基板 21 の裏面に形成された他方の電極、 I は電極 26 より注入される電流を示す。電流 I は、電流分散層 25 において p 型クラッド層 24 の全領域に分散しており、従って、この場合には発光層の全域より発光し、良好な輝度を示すことになる。

30

【0003】

最近では、 GaN 系や AlGaInP 系の結晶層を MOVPE 法 (有機金属気相成長法) で成長できるようになったことから、高輝度を示す発光ダイオードを製作することが可能となったが、図 6 から分かる通り、高輝度の発光ダイオードを得るためには、電流分散層の膜厚を厚く成長させる必要がある。このため、 LED 用エピウエハの製造コストが高くなるという問題が生じることから、電流分散層の膜厚を薄くするために、電流分散層としてできるだけ抵抗の低い値が得られる材料を用いる方法 (例えば、 AlGaInP の 4 元系の場合には、電流分散層として GaP や AlGaAs が用いられている) やキャリア濃度を高くするべく電流分散層の抵抗率を低くする方法が用いられている。

40

【0004】

しかし、抵抗率の低い材料を用いてもやはり電流分散を良くするためには、膜厚を一定以上 (例えば、 $8 \mu\text{m}$ 以上) まで厚くする必要がある。また、現段階では電流分散層を薄くできるほどキャリア濃度を高くすることはできない。

【0005】

そこで、金属酸化物などを用いた透明導電膜のキャリア濃度が非常に高く、薄い膜厚で十分な電流分散を得ることができることから、電流分散層の変わりに、透明導電膜を用いる方法が提案されている。

50

【0006】

図7は、従来の透明導電膜を用いたAlGaInP系LEDの断面構造の概略を示したもので、1は第一導電型基板であり、102は、第一導電型バッファ層、2は第一導電型クラッド層、3は活性層（発光層）、4は第二導電型クラッド層、5は第二導電型コンタクト層、6'は透明導電膜、11は透明導電膜6'上に形成された第二導電型第一電極、および10は第一導電型第二電極である。この透明導電膜6'は、半導体エピウエ八層の表面に形成され、その上にワイヤボンディング用の金属電極11が形成される。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

図7の透明導電膜を用いた従来のLEDにおいて、透明導電膜が金属酸化膜である場合、その上に形成した電極が、プロセス加工中やワイヤボンディング中に剥がれるという大きな問題があった。

また、電極の剥がれを防止できたとしても、高輝度LEDを得るための障害となる順方向動作電圧が高いという問題もあった。

【0008】

電極の剥がれや順方向動作電圧が高くなるといった問題を解消するものとして、例えば、特許文献1に示されるものがある。

【0009】

【特許文献1】

特開2001-44503号公報

【0010】

特許文献1においては、「n型酸化亜鉛を含む窓層」と「該窓層の上に複数層から構成される電極を有し、該電極の最下層がチタン、ニッケル、クロム、コバルトから選ばれる遷移金属の酸化物を含む層」という組み合わせの構造が、電極の剥がれ及び順方向動作電圧が高くなるという問題を解決することができるものとして開示されている。

【0011】

しかし、電流分散層のかわりに金属酸化物からなる透明導電膜（透明導電膜は電極を形成）を用いたLEDにおける上記の問題を解決できるものは存在しなかった。

【0012】

従って、本発明の目的は、エピウエ八の表面に電流分散の機能を果たす金属酸化物からなる透明導電膜を用いた構造の半導体発光素子（LED、半導体レーザー等）であって、金属酸化物からなる透明導電膜上に形成したパッド電極の剥がれの問題を解決し、かつ順方向動作電圧を低くできる高輝度の半導体発光素子（LED、半導体レーザー等）を提供することにある。

【0013】

【課題を解決するための手段】

本発明は、上記の目的を達成するためになされたものであり、基板上に発光層を有しており、前記発光層の上側に電流分散層として金属酸化物からなる透明導電膜を形成し、前記透明導電膜の上側に通電のための第一電極を形成した半導体発光素子において、前記第一電極が複数層の金属からなり、その最上層がボンディングされる金属層であり、かつ前記透明導電膜に2種以上の金属層が接していることを特徴とする半導体発光素子を提供する。

【0014】

この構成によれば、電極に所定の複数の金属を用いていることから、金属酸化膜からなる透明導電膜に対し電極が剥がれにくく、かつ順方向動作電圧を低く保つことができるようになるため、電流分散層にかえて金属酸化膜からなる透明導電膜を用いることが可能となる。

【0015】

このため、エピウエ八層の中で最も厚さの厚かった従来の電流分散層を用いることなく高輝度LED等を実現でき、LED等に用いるエピウエ八層の膜厚を薄くすることができる

10

20

30

40

50

ようになるため、エピウエハの価格を低く抑えることができる。

【0016】

また、金属酸化膜の電流分散膜を用いることができるようになったことにより、従来の電流分散層を用いたLEDよりも、より高輝度なLEDを得ることも可能となる。

【0017】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照して説明する。

【0018】

(実施の形態1)

本発明の半導体発光素子の実施の形態1について、図1(a)および(b)を参照して説明する。図1(a)は本発明の実施の形態1にかかるLEDチップの上面図である。図1(b)は本発明の実施の形態1にかかるLEDの全体構成を示す断面図である。

【0019】

図1(a)および(b)において、1は第一導電型(n型)基板であり、102は第一導電型(n型)バッファ層、2は第一導電型(n型)クラッド層、3は活性層(発光層)、4は第二導電型(p型)クラッド層、5は第二導電型(p型)コンタクト層、6は金属酸化物からなる透明導電膜、7は透明導電膜6と接するチップ上面第一電極の金属層、8は透明導電膜6と接するチップ上面第一電極の金属層、9はチップ上面第一電極のボンディングされる金属層、および10は第一導電型(n型)第二電極である。なお、第一導電型をp型とし、第二導電型をn型としてもよい。

【0020】

上記目的を達するために、順方向動作電圧が高くないための電極材料である第一電極の金属層7を金属酸化物からなる透明導電膜6の上に形成し、さらにその上に透明導電膜6から剥がれにくい電極材料である第一電極の金属層8を第一電極の金属層7と透明導電膜6との両方に接するように形成し、さらにその上にワイヤボンディング用の金属層9を形成している。

【0021】

本発明において、特徴をなすのは、特に、透明導電膜6とその上の第一電極の金属層7~9の部分である。

本発明において、第一電極の金属層7及び8は、共に透明導電膜6と接しており、これら2種の金属層が透明導電膜に接している点に特徴がある。

【0022】

ここで、第一電極の金属層7は、順方向動作電圧低下を促す金属であればよく、特に、効果の面(順方向動作電圧低下)から、亜鉛(Zn)、ベリリウム(Be)、ゲルマニウム(Ge)、これらのAu化合物、又はマグネシウム(Mg)から選ばれる1種以上の金属であることが好ましく、亜鉛(Zn)、金-亜鉛化合物(AuZn)、又はベリリウム(Be)、金-ベリリウム(AuBe)から選ばれる1種以上の金属であることがより好ましく、亜鉛(Zn)又はベリリウム(Be)であることが最も好ましい。

より具体的には、LEDに20mAの電流を流したときの順方向動作電圧が、2.8V以下、好ましくは2.5V以下、さらに好ましくは、2.3V以下となる金属を用いることが望ましい。

第一電極の金属層7は、2種以上用いることができるが、コスト面等を考慮して1種であること、特に亜鉛(Zn)又はベリリウム(Be)であることが好ましい。

【0023】

また、本発明において、第一電極の金属層8は、透明導電膜6からの電極の剥がれを防止する金属であればよく、特に、効果の面(電極剥がれ防止)から、チタン(Ti)、白金(Pt)、モリブデン(Mo)、タングステン(W)、パラジウム(Pd)、又はニッケル(Ni)から選ばれる1種以上の金属であることが好ましく、チタン(Ti)、白金(Pt)、又はモリブデン(Mo)から選ばれる1種以上の金属であることがより好ましく、チタン(Ti)であることがさらに好ましい。

10

20

30

40

50

ここで、透明導電膜からの電極の剥がれを防止する金属とは、具体的には、プロセス加工中及びワイヤボンディング工程での電極パッドの剥がれる割合が、10%以下、好ましくは5%以下、より好ましくは3%以下、最も好ましくは1%以下となる金属をいう。第一電極の金属層8は、2種以上用いることができるが、コスト面等を考慮して1種であること、特にチタン(Ti)であることが好ましい。

【0024】

第一電極の金属層7及び第一電極の金属層8は円形の電極を形成し、第一電極の金属層7の直径は第一電極の金属層8の直径よりも小さく、各々の中心を略合致させる様にしており、図1に示されるように、第一電極の金属層7は第一電極の金属層8に覆われている。

【0025】

このとき、第一電極の金属層7の円面積が、その上に設けられる第一電極の金属層8の円面積よりも必ず小さくしなければならない。大きくなると、第一電極の金属層8が透明導電膜6に接することができず、電極が剥がれるからである。また、逆にあまり小さくなると順方向動作電圧が高くなって行くため、第一電極の金属層7の円面積は、第一電極の金属層8の円面積の0.1~0.9倍であることが望ましく、さらには0.5~0.8倍であることが最も望ましい。

【0026】

また、第一電極の最上層であるボンディングされる金属層9は、ワイヤボンダピリティのよい金属であればよく、金(Au)であることが望ましい。このとき、金(Au)が、アロイ処理した下層とアロイ処理しない上層の二層構造からなることが最も望ましい。電極は、より柔らかい方が良いため、このような二層構造からなる電極を用いた方がワイヤボンダピリティが良くなるためである。

【0027】

本発明において、透明導電膜6は、従来の電流分散層に変わって、電流を分散する機能を果たす。ここで、金属酸化物からなる透明導電膜は、ITO(Sn⁺ーフ⁺ In₂O₃)、In₂O₃、IFO(F⁺ーフ⁺ In₂O₃)、SnO₂、ATO(Sb⁺ーフ⁺ SnO₂)、FTO(F⁺ーフ⁺ SnO₂)、CTO(Cd⁺ーフ⁺ SnO₂)、AZO(Al⁺ーフ⁺ ZnO)、IZO(In⁺ーフ⁺ ZnO)、又はGZO(Ga⁺ーフ⁺ ZnO)のいずれかであることが好ましく、ITOであることが特に好ましい。

透明導電膜6の形状は、必ずしもエピタキシャルウエハと同一形状である必要はないが、電流を分散する機能上、出来る限り、広面積とすることが好ましい。

【0028】

(実施の形態2)

本発明の半導体発光素子の実施の形態2について、図2(a)および(b)を参照して説明する。図2(a)は本発明の実施の形態2にかかるLEDチップの上面図である。図2(b)は本発明の実施の形態2にかかるLEDの全体構成を示す断面図である。

【0029】

第一電極の金属層7及び8の形状が異なる以外は、実施の形態1と同様である。第一電極の金属層7の形態は、図2に示すようにドットの形的に存在する。ドットの数2~7つ程度が好ましい。

この場合にも、第一電極の金属層7の円面積の合計は、第一電極の金属層8の円面積の0.1~0.9倍であることが望ましく、さらには0.5~0.8倍であることが最も望ましい。

【0030】

(実施の形態3)

本発明の半導体発光素子の実施の形態3について、図3(a)および(b)を参照して説明する。図3(a)は本発明の実施の形態3にかかるLEDチップの上面図である。図3(b)は本発明の実施の形態3にかかるLEDの全体構成を示す断面図である。

【0031】

第一電極の金属層7及び8の形状が異なる以外は、実施の形態1と同様である。第一電極

10

20

30

40

50

の金属層 7 の形態は、図 3 に示すようにリング状に存在する。リングの数は 1 ~ 4 つが好ましく、1 ~ 2 つがより好ましい。

この場合にも、第一電極の金属層 7 の底面積の合計は、第一電極の金属層 8 の円面積の 0 . 1 ~ 0 . 9 倍であることが望ましく、さらには 0 . 5 ~ 0 . 8 倍であることが最も望ましい

【 0 0 3 2 】

(実施の形態 4 ~ 6)

本発明の半導体発光素子の実施の形状 4 ~ 6 について、図 4 (a) ~ (c) を参照して説明する。図 4 (a) ~ (c) は本発明の実施の形態 4 ~ 6 にかかる L E D の全体構成を示す断面図である。

10

【 0 0 3 3 】

第一電極の金属層 7 ~ 9 の形態が異なる以外は、実施の形態 1 と同様である。実施の形態 1 ~ 3 における第一電極の金属層 7 の形状は、図 4 (a) ~ (c) に示されるように、第一電極の金属層 8 にすべて覆われることなく、その上部が第一電極の最上層であるボンディングされる金属層 9 に接触していてもよい。

【 0 0 3 4 】

(実施の形態 7)

本発明の半導体発光素子の実施の形態 7 について、図 5 (a) および (b) を参照して説明する。図 5 (a) は本発明の実施の形態 7 にかかる L E D チップの上面図である。図 5 (b) は本発明の実施の形態 7 にかかる L E D の全体構成を示す断面図である。

20

【 0 0 3 5 】

第一電極の金属層 7 ~ 9 の形状が異なる以外は、実施の形態 1 と同様である。実施の形態 2 における第一電極の金属層 7 の形状は、ドットの外周が第一電極の金属層 8 によってすべて覆われることなく一部が外側に露出されていてもよい。

この形態においても、実施の形態 4 ~ 6 のように、第一電極の金属層 7 は、第一電極の金属層 8 にすべて覆われることなく、その上部が第一電極の最上層であるボンディングされる金属層 9 に接触していてもよい。

【 0 0 3 6 】

この場合にも、透明導電膜 6 に接する面積比が、第一電極の金属層 7 / 第一電極の金属層 8 = 1 / 9 ~ 9 / 1 であることが望ましく、さらには、第一電極の金属層 7 / 第一電極の金属層 8 = 5 / 5 ~ 8 / 2 であることが最も望ましい。

30

【 0 0 3 7 】

(その他の実施の形態)

第一電極の金属層 7 ~ 9 のいずれの形状も、必ずしも円形である必要はなく、四角形や、四角形及び円形に突起が付いている様な形状でも良い。

【 0 0 3 8 】

また、上記の実施の形態において、第一電極の金属層 7 と第一電極の金属層 8 の位置を逆転させてもよい。

ただし、第一電極の金属層 7 の外周を実施の形態 1 ~ 6 のように第一電極の金属層 8 で覆うようにした形態であることが電極剥がれ防止効果の点ではより好ましい。

40

【 0 0 3 9 】

これらのその他の実施の形態の場合においても、透明導電膜 6 に接する面積比が、第一電極の金属層 7 / 第一電極の金属層 8 = 1 / 9 ~ 9 / 1 であることが望ましく、さらには、第一電極の金属層 7 / 第一電極の金属層 8 = 5 / 5 ~ 8 / 2 であることが最も望ましい。

【 0 0 4 0 】

上記の実施の形態においては、基板は第一導電型基板 1、すなわち半導体基板であり、第二電極 10 が第一導電型基板 1 の下側に形成されている。第一導電型基板 1 は、n 型 G a A s であることが望ましい。

【 0 0 4 1 】

もっとも、本発明の他の形態として、基板を第一導電型基板 1 ではなく、サファイア基板

50

等の基板を用いることもできる。この場合、第二電極 10 は、基板の下側でなく、基板の上側にある半導体層上に設けられる。

【0042】

また、上記の実施の形態においては、発光層 3 は、シングルヘテロ構造、ダブルヘテロ構造、pn 接合構造、およびクラッド層に挟まれた多重量子井戸構造より選択されるいずれかの構造を有し、pn 接合又はダブルヘテロ構造 (pn 接合型) を有していることが好ましく、AlGaInP 又は GaInP であることがより好ましい。

【0043】

このような構成にすることにより、金属酸化物からなる透明導電膜を用いた場合の半導体発光素子において、順方向動作電圧を高くすることなく、電極剥がれの問題を解決した高輝度の発光素子を提供することができる。 10

【0044】

【実施例】

(実施例 1)

図 1 のような構造の発光波長 630 nm 付近の赤色発光ダイオード用エピウエハを作製した。n 型 GaAs 基板上に、MOVPE 法で、n 型 (Se ドープ) GaAs バッファ層、n 型 (Se ドープ) (Al_{0.7}Ga_{0.3})_{0.5}In_{0.5}P クラッド層、アンドープ (Al_{0.15}Ga_{0.85})_{0.5}In_{0.5}P 活性層、p 型 (亜鉛ドープ) (Al_{0.7}Ga_{0.3})_{0.5}In_{0.5}P クラッド層、p 型 GaP コンタクト層を MOVPE 法で成長させた。このエピタキシャルウエハに ITO 膜を熱分解スプレー法にて形成した。 20

【0045】

ITO 膜付きエピタキシャルウエハをフォトリソにより、レジストマスクをマトリックス状に形成した。レジストマスクが無い部分の大きさは、直径 100 μm の円形である。このレジストマスク付エピウエハの表面に Zn を 20 nm 蒸着してからレジストを除去し、ITO 膜が形成された面に直径 100 μm の Zn 電極を形成した。その後更にレジストマスクをマトリックス状に形成し、Zn 電極の中心と略一致したレジスト膜の無い部分を形成した。この時のレジストマスクの無い部分の大きさは、直径 120 μm である。次に Ti を 20 nm、Au を 1000 nm 蒸着し、レジストマスクを除去した。この時点で ITO 膜の上には直径 100 μm の Zn 電極が形成され、さらにその上には Zn 電極と中心が略一致した直径 120 μm の Au/Ti 電極がマトリックス状に形成された状態である。 30
このエピウエハの底面には、金・ゲルマニウム、ニッケル、金をそれぞれ 60 nm、10 nm、500 nm の順に蒸着し、その後、電極の合金化であるアロイを、窒素ガス雰囲気中 425 °C で 5 分行った。前記 ITO 膜及び電極付きエピタキシャルウエハを、ダイシング等で加工して、チップサイズ 300 μm 角の発光ダイオードチップを作製し、更にダイボンディング、ワイヤボンディングを行って発光ダイオードを製作した。
この結果、プロセス加工中及びワイヤボンディング工程での電極パッドの剥がれは、1% 以下と良好であった。

【0046】

また、ITO 膜上の Zn 電極部を AuZn、Be、AuBe、Ge、AuGe、又は Mg に変えた場合にも、電極パッドの剥がれは、1% 以下と良好であった。 40
さらに発光ダイオードの発光特性を調べた結果は、ITO 膜上の電極部が Zn である場合の順方向動作電圧 (20 mA 通電時) が、2.01 V、発光出力が、3.2 mW であった。

【0047】

また、ITO 膜上の Zn 電極部を AuZn、Be、AuBe、Ge、AuGe、又は Mg に変えた場合のいずれも、順方向動作電圧 (20 mA 通電時) が、2.3 V 以下であり、発光出力が、3.0 mW 以上であった。

【0048】

(比較例 1)

比較例として、図 7 に示した従来の構造の発光波長 630 nm 付近の赤色発光ダイオード用エピウエハを作製した。エピ成長方法、エピ構造等は、基本的に前記の実施例 1 と同じ 50

とし、またITO膜形成方法、プロセス加工及びワイヤボンディング工程も基本的に前記の実施例1と同じとした。

【0049】

次に、このITO膜を形成したエピタキシャルウエハ下面全体にn型第二電極を形成し、チップ上面に直径120 μ mの円形の第一電極を形成して、LEDチップとした。

【0050】

第二電極は三層からなり、Au(上層：外側)/Ni(中間層)/AuGe(下層：基板側)をそれぞれ500nm、10nm、60nm蒸着した。チップ上面第一電極も3層からなり、Au(上層：外側)/Ni(中間層)/Zn(下層：透明導電膜側)、またはAu/Ni/AuZn、またはAu/Ni/BeまたはAu/Ni/AuBe、またはAu/Ni/Ge、またはAu/Ni/AuGe、またはAu/Ni/Mgを、それぞれ1000nm、10nm、60nm蒸着した。また、Au(上層：外側)/Ti(下層：透明導電膜側)を、1000nm、20nm蒸着した。前記ITO膜及び電極付きエピタキシャルウエハを、チップサイズ300 μ m角の発光ダイオードにするため、エッチングやダイシング等のプロセス加工及びワイヤボンディングを行なった。

【0051】

この結果、Au/Tiを除く前記第一電極を用いたLEDは、プロセス加工中にパッド電極の約50%以上剥がれた。更にワイヤボンディング工程まで行なうと、電極パッドは98%以上剥がれた。

【0052】

一方、電極としてAu/Tiを用いたものは、プロセス加工中及びワイヤボンディング工程での電極パッドの剥がれは、1%以下と良好であったが、順方向動作電圧が8~9Vと非常に高くなった。

【0053】

なお、本発明は、上記の実施の形態(実施例)の構造、材料等に限定されるものではなく、半導体発光素子において広く適用することが可能である。

【0054】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明の半導体発光素子によると、以下のような効果を得ることができる。

【0055】

金属酸化膜からなる透明導電膜を用いた構造の半導体発光素子であって、金属酸化膜上に形成したパッド電極が剥がれにくく、かつ順方向動作電圧を低くできる高輝度の半導体発光素子を提供できる。

【0056】

また、本発明の電極構造を用いることにより、金属酸化物の透明導電膜を用いたLEDを製作することが可能となり、LEDを構成するエピ層の中でもっとも厚さの厚かった電流分散膜を用いずにすむため、LED用のエピ層の膜厚は五分の一から数十分の一まで薄くすることができるようになる。これにより、エピウエハの価格を大幅に低くすることができる。

【0057】

また、これまで厚いエピ層を用いていたがそれでも十分な電流分散特性を得ることができなかったが、金属酸化膜の電流分散膜を用いることができるようになったため、輝度を約10~50%程度高くすることも可能となる。

【0058】

さらに、本発明で用いる電極材料の一部は低融点材料であることから、一般的かつ安価な装置である真空蒸着法で電極形成ができる。また、本発明で用いる電極材料は、比較的安価であるため、LED用の電極形成を従来よりも高価にすることなくできる。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1(a)は本発明の実施の形態1にかかるLEDチップの上面図である。図1 50

(b) は本発明の実施の形態 1 にかかる L E D の全体構成を示す断面図である。

【図 2】図 2 (a) は本発明の実施の形態 2 にかかる L E D チップの上面図である。図 2

(b) は本発明の実施の形態 2 にかかる L E D の全体構成を示す断面図である。

【図 3】図 3 (a) は本発明の実施の形態 3 にかかる L E D チップの上面図である。図 3

(b) は本発明の実施の形態 3 にかかる L E D の全体構成を示す断面図である。

【図 4】図 4 (a) ~ (c) は本発明の実施の形態 4 ~ 6 にかかる L E D の全体構成を示す断面図である。

【図 5】図 5 (a) は本発明の実施の形態 7 にかかる L E D チップの上面図である。図 5

(b) は本発明の実施の形態 7 にかかる L E D の全体構成を示す断面図である。

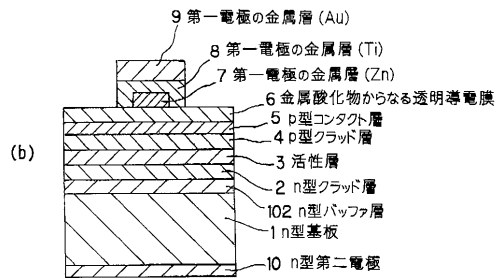
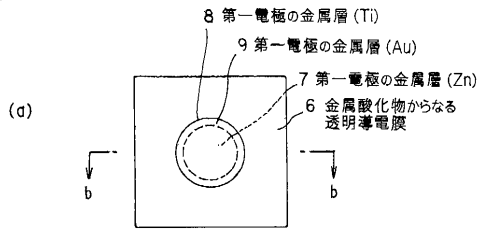
【図 6】従来の電流分散層を用いた A l G a I n P 系 L E D の断面構造の概略図である。 10

【図 7】従来の透明導電膜を用いた A l G a I n P 系 L E D の断面構造の概略図である。

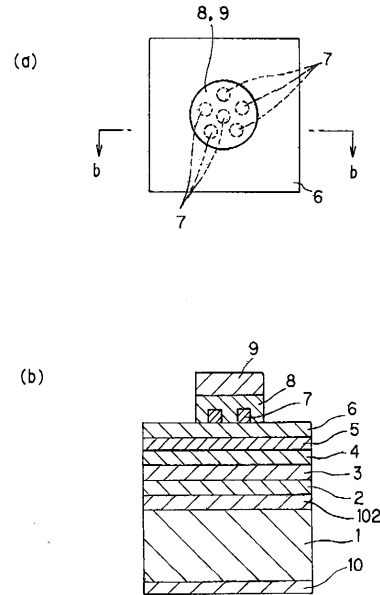
【符号の説明】

1	n 型基板	
1 0 2	n 型バッファ層	
2	n 型クラッド層	
3	活性層	
4	p 型クラッド層	
5	p 型コンタクト層	
6	金属酸化物からなる透明導電膜	
6 '	透明導電膜	20
7	第一電極の金属層 (Z n)	
8	第一電極の金属層 (T i)	
9	第一電極の金属層 (A u)	
1 0	n 型第二電極	
1 1	p 型第一電極	
2 1	基板	
2 2	n 型クラッド層	
2 3	活性層	
2 4	p 型クラッド層	
2 5	電流分散層	30
2 6	電流分散層上の電極	
2 7	基板裏面の電極	

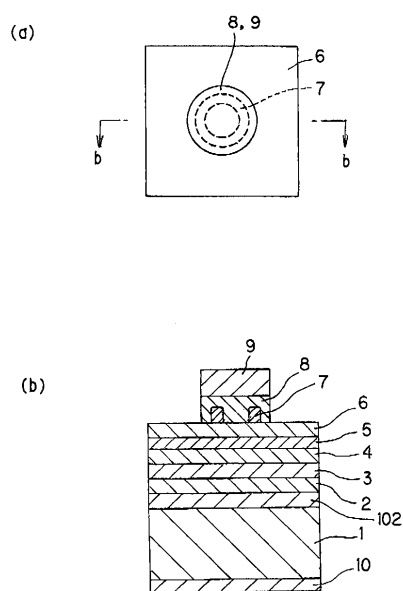
【図 1】



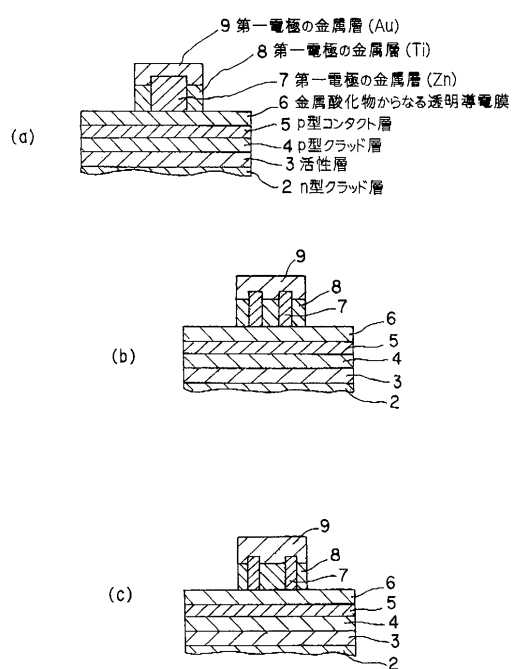
【図 2】



【図 3】

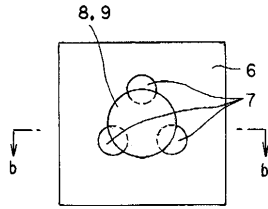


【図 4】

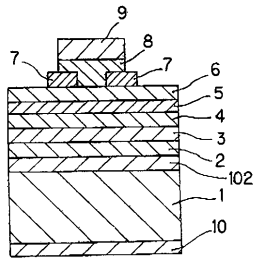


【図 5】

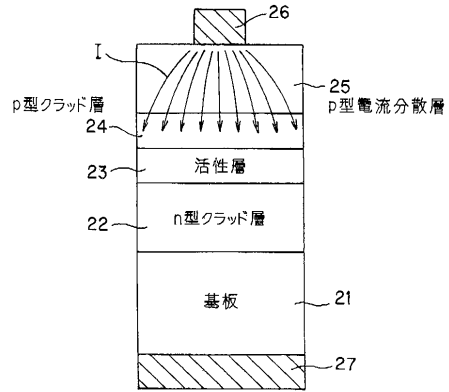
(a)



(b)



【図 6】



【図 7】

