

(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2004-266258

(P2004-266258A)

(43) 公開日 平成16年9月24日(2004.9.24)

(51) Int.Cl.⁷
H01L 33/00F I
H01L 33/00
H01L 33/00テーマコード (参考)
5F041

審査請求 有 請求項の数 8 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2003-430220 (P2003-430220)
(22) 出願日 平成15年12月25日 (2003.12.25)
(31) 優先権主張番号 特願2003-34366 (P2003-34366)
(32) 優先日 平成15年2月12日 (2003.2.12)
(33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(71) 出願人 000116024
ローム株式会社
京都府京都市右京区西院溝崎町2-1番地
(74) 代理人 100119677
弁理士 岡田 賢治
(74) 代理人 100115794
弁理士 今下 勝博
(72) 発明者 中原 健
京都府京都市右京区西院溝崎町2-1番地ロ
ーム株式会社内
Fターム(参考) 5F041 AA21 CA05 CA40 CA46 CA65
CA74 CA82 CA88

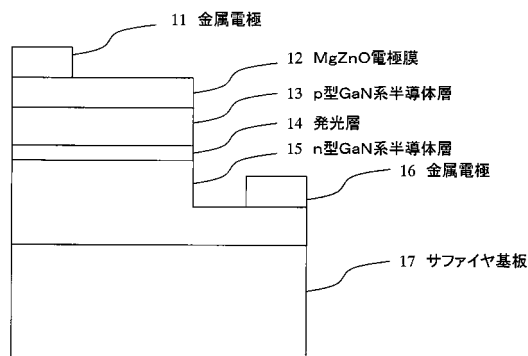
(54) 【発明の名称】 半導体発光素子

(57) 【要約】

【課題】 従来用いられているITO電極膜は発光した光の透過率が高いものの、ITO電極膜とp型GaN系半導体層との間でショットキー型コンタクトとなり、電流が均一に流れなくなる。本発明は、GaN系半導体発光素子の出射側においてITO電極膜に替わる透明電極を形成し、GaN系半導体発光素子の発光効率、出射効率を向上させることを目的とする。

【解決手段】 上記目的を達成するために、本発明は、n型GaN系半導体層とp型GaN系半導体層とで挟まれたGaN系半導体からなる発光層を含む半導体発光素子であって、Ga又はBがドーピングされた $Mg_z Zn_{1-z}O$ ($0 \leq z < 1$) 電極膜を備える半導体発光素子である。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

n 型 GaN 系半導体層と p 型 GaN 系半導体層とで挟まれた GaN 系半導体からなる発光層を含む半導体発光素子であって、Ga がドーピングされた $Mg_z Zn_{1-z}O$ ($0 \leq z < 1$) 電極膜を備える半導体発光素子。

【請求項 2】

前記 n 型 GaN 系半導体層又は前記 p 型 GaN 系半導体層に電流を供給する金属電極を備え、前記 Ga がドーピングされた $Mg_z Zn_{1-z}O$ ($0 \leq z < 1$) 電極膜は前記 n 型 GaN 系半導体層又は前記 p 型 GaN 系半導体層と該金属電極との間に形成されてい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 n 型 GaN 系半導体層又は前記 p 型 GaN 系半導体層に電流を供給する金属電極を備え、該金属電極と前記 Ga がドーピングされた $Mg_z Zn_{1-z}O$ ($0 \leq z < 1$) 電極膜とは隣接し、かつ該金属電極及び前記 Ga がドーピングされた $Mg_z Zn_{1-z}O$ ($0 \leq z < 1$) 電極膜は前記 n 型 GaN 系半導体層又は前記 p 型 GaN 系半導体層の面に接するように形成されてい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 $Mg_z Zn_{1-z}O$ ($0 \leq z < 1$) 電極膜への Ga のドーピング量がキャリア濃度 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以上、 $5 \times 10^{21} \text{ cm}^{-3}$ 以下であることを特徴とする請求項 1、2 又は 3 に記載の半導体発光素子。

20

【請求項 5】

n 型 GaN 系半導体層と p 型 GaN 系半導体層とで挟まれた GaN 系半導体からなる発光層を含む半導体発光素子であって、B がドーピングされた $Mg_z Zn_{1-z}O$ ($0 \leq z < 1$) 電極膜を備える半導体発光素子。

【請求項 6】

前記 n 型 GaN 系半導体層又は前記 p 型 GaN 系半導体層に電流を供給する金属電極を備え、前記 B がドーピングされた $Mg_z Zn_{1-z}O$ ($0 \leq z < 1$) 電極膜は前記 n 型 GaN 系半導体層又は前記 p 型 GaN 系半導体層と該金属電極との間に形成されていることを特徴とする請求項 5 に記載の半導体発光素子。

【請求項 7】

前記 n 型 GaN 系半導体層又は前記 p 型 GaN 系半導体層に電流を供給する金属電極を備え、該金属電極と前記 B がドーピングされた $Mg_z Zn_{1-z}O$ ($0 \leq z < 1$) 電極膜とは隣接し、かつ該金属電極及び前記 B がドーピングされた $Mg_z Zn_{1-z}O$ ($0 \leq z < 1$) 電極膜は前記 n 型 GaN 系半導体層又は前記 p 型 GaN 系半導体層の面に接するように形成されていることを特徴とする請求項 5 に記載の半導体発光素子。

30

【請求項 8】

前記 $Mg_z Zn_{1-z}O$ ($0 \leq z < 1$) 電極膜への B のドーピング量がキャリア濃度 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以上、 $5 \times 10^{21} \text{ cm}^{-3}$ 以下であることを特徴とする請求項 5、6 又は 7 に記載の半導体発光素子。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、GaN 系半導体層で構成される GaN 系半導体発光素子に関する。特に、発光効率、出射効率に優れた GaN 系半導体発光素子に関する。

【背景技術】

【0002】

GaN 系半導体層で構成される GaN 系半導体発光素子は、白色 LED を実現することができることから、バックライトに適用する照明用の電子素子として検討されている。GaN 系半導体発光素子は、発光層を n 型 GaN 系半導体層と p 型 GaN 系半導体層とで挟

50

んだ p n 接合ダイオードを基本構成とする。発光層に対して、n 型 GaN 系半導体層から電子が、p 型 GaN 系半導体層からホールが注入され、発光層で再結合して発光する。しかし、特に、p 型 GaN 系半導体層は比抵抗が大きい（数 $\Omega \cdot \text{cm}$ ）ために、電流を供給するボンディングパッド用の金属電極を n 型 GaN 系半導体層、又は p 型 GaN 系半導体層に直接付けただけでは、金属電極周辺にしか電流が流れないという不都合を生じる。その結果、金属電極周辺から離れた発光層では発光が弱くなることになる。その一方、金属電極周辺で発光した光は金属電極で半導体発光素子からの出射を妨げられることになる。

【0003】

従来、電流の均一分布を図るために、電流拡散用に金属薄膜を成膜することが考えられていた。Ni / Au 積層電極や Pt 等の金属薄膜材料を酸素雰囲気中でアニールして透明化するものである。しかし、Ni / Au や Pt の比抵抗は小さいものの、透明度が十分でなく、発光した光の取り出し効率を悪化させることになる。発光した光の透過率を向上させるために、金属薄膜を薄くすると、膜厚が他より薄い部分が電流で破壊されやすくなり、さらに、横方向の抵抗の増大によって、電流の均一分布を図るという本来の目的が達成できなくなる。

【0004】

また、電流拡散用に ITO (Indium Tin Oxide) 電極膜を成膜する方法も提案されていた（例えば、特許文献 1 参照。）。GaN 系半導体発光素子に ITO 電極膜を成膜した例を図 6 に示す。図 6 において、51 は金属電極、52 は ITO 電極膜、53 は p 型 GaN 系半導体層、54 は発光層、55 は n 型 GaN 系半導体層、56 は金属電極、57 はサファイヤ基板である。図 6 では、サファイヤ基板 57 上の n 型 GaN 系半導体層 55 と p 型 GaN 系半導体層 53 とで挟まれた発光層 54 で発光する。n 型 GaN 系半導体層 55 への電流供給は金属電極 56 を介して行う。p 型 GaN 系半導体層 53 への電流供給は金属電極 51 と ITO 電極膜 52 とを介して行う。

【0005】

しかし、ITO 電極膜は発光した光の透過率の高いものの、ITO 電極膜と p 型 GaN 系半導体層との間でショットキー型コンタクトとなり、電流が均一に流れなくなる。一般に、ITO 電極膜と n 型 GaN 系半導体層、又は p 型 GaN 系半導体層とを接触させると、オーミックコンタクトが難しく、ショットキー型コンタクトとなる。ショットキー型コンタクトでは半導体層と ITO 電極膜との間にポテンシャルバリアを生じ、駆動電圧が高くなり、消費電力の上昇や発生する熱の増大という結果を生む。

【0006】

また、電極として ZnO からなる透明電極でオーミック特性を得ようとする試みもなされている（例えば、特許文献 2 参照。）。これは、ZnO と n 型 GaN 系半導体層、又は p 型 GaN 系半導体層との接触でオーミック接触が得られることを利用するものである。

【0007】

本願において、材料は元素記号を用いて表す。例えば、Ga は gallium を、B は boron を表す。

【特許文献 1】特開 2001-210867 号

【特許文献 2】特開 2002-164570 号

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

本発明は、上記従来技術の有する問題を解決するために、GaN 系半導体発光素子の出射側において ITO 電極膜に替えてオーミック特性の得やすい透明電極を形成し、GaN 系半導体発光素子の発光効率、出射効率を向上させることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

前述した目的を達成するために、本願第一の発明は、n 型 GaN 系半導体層と p 型 GaN 系半導体層とで挟まれた GaN 系半導体からなる発光層を含む半導体発光素子であって

10

20

30

40

50

、Gaがドーピングされた $Mg_z Zn_{1-z}O$ ($0 \leq z < 1$) 電極膜を備える半導体発光素子である。

本願第一の発明により、 $Mg_z Zn_{1-z}O$ 電極膜の面方向に電流を拡散し、併せて $Mg_z Zn_{1-z}O$ 電極膜とn型GaN系半導体層、又はp型GaN系半導体層とのポテンシャルバリアを減少させることができる。

本願では、GaN系半導体層とは、 $In_p Ga_q Al_r N$ ($p + q + r = 1$ 、 $p \geq 0$ 、 $q \geq 0$ 、 $r \geq 0$) を少なくとも1層を含む半導体層をいう。

【0010】

本願第二の発明は、本願第一の発明において、前記n型GaN系半導体層又は該p型GaN系半導体層に電流を供給する金属電極を備え、前記Gaがドーピングされた $Mg_z Zn_{1-z}O$ ($0 \leq z < 1$) 電極膜は前記n型GaN系半導体層又は前記p型GaN系半導体層と該金属電極との間に形成されていることを特徴とする半導体発光素子である。 10

本願第二の発明により、 $Mg_z Zn_{1-z}O$ 電極膜への電流供給を容易にすることができる。

【0011】

本願第三の発明は、本願第一の発明において、前記n型GaN系半導体層又は前記p型GaN系半導体層に電流を供給する金属電極を備え、該金属電極と前記Gaがドーピングされた $Mg_z Zn_{1-z}O$ ($0 \leq z < 1$) 電極膜とは隣接し、かつ該金属電極及び前記Gaがドーピングされた $Mg_z Zn_{1-z}O$ ($0 \leq z < 1$) 電極膜は前記n型GaN系半導体層又は前記p型GaN系半導体層の面に接するように形成されていることを特徴とする半導体発光素子である。 20

本願第三の発明により、 $Mg_z Zn_{1-z}O$ 電極膜への電流供給を容易にすることができる。

【0012】

本願第四の発明は、本願第一、第二又は第三の発明において、前記 $Mg_z Zn_{1-z}O$ ($0 \leq z < 1$) 電極膜へのGaのドーピング量がキャリア濃度 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以上、 $5 \times 10^{21} \text{ cm}^{-3}$ 以下であることを特徴とする半導体発光素子である。

本願第四の発明により、 $Mg_z Zn_{1-z}O$ 電極膜の抵抗率を減少させることができる。

【0013】

本願第五の発明は、n型GaN系半導体層とp型GaN系半導体層とで挟まれたGaN系半導体からなる発光層を含む半導体発光素子であって、Bがドーピングされた $Mg_z Zn_{1-z}O$ ($0 \leq z < 1$) 電極膜を備える半導体発光素子である。 30

本願第五の発明では、Gaに替えてGaと同じIIIB族元素であるBをドーピングすることにより、 $Mg_z Zn_{1-z}O$ 電極膜の面方向に電流を拡散し、併せて $Mg_z Zn_{1-z}O$ 電極膜とn型GaN系半導体層、又はp型GaN系半導体層とのポテンシャルバリアを減少させることができる。

【0014】

本願第六の発明は、本願第五の発明において、前記n型GaN系半導体層又は該p型GaN系半導体層に電流を供給する金属電極を備え、前記Bがドーピングされた $Mg_z Zn_{1-z}O$ ($0 \leq z < 1$) 電極膜は前記n型GaN系半導体層又は前記p型GaN系半導体層と該金属電極との間に形成されていることを特徴とする半導体発光素子である。 40

本願第六の発明により、 $Mg_z Zn_{1-z}O$ 電極膜への電流供給を容易にすることができる。

【0015】

本願第七の発明は、本願第五の発明において、前記n型GaN系半導体層又は前記p型GaN系半導体層に電流を供給する金属電極を備え、該金属電極と前記Bがドーピングされた $Mg_z Zn_{1-z}O$ ($0 \leq z < 1$) 電極膜とは隣接し、かつ該金属電極及び前記Bがドーピングされた $Mg_z Zn_{1-z}O$ ($0 \leq z < 1$) 電極膜は前記n型GaN系半導体層又は前記p型GaN系半導体層の面に接するように形成されていることを特徴とする半導体発光素子である。

本願第七の発明により、 $Mg_z Zn_{1-z}O$ 電極膜への電流供給を容易にすることができる。

【0016】

本願第八の発明は、本願第五、第六又は第七の発明において、前記 $Mg_z Zn_{1-z}O$ ($0 \leq z < 1$)電極膜へのBのドーピング量がキャリア濃度 $1 \times 10^{19} cm^{-3}$ 以上、 $5 \times 10^{21} cm^{-3}$ 以下であることを特徴とする半導体発光素子である。

本願第八の発明により、 $Mg_z Zn_{1-z}O$ 電極膜の抵抗率を減少させることができる。

なお、これらの各構成は、可能な限り組み合わせることができる。

【発明の効果】

【0017】

10

以上説明したように、本発明によれば本実施の形態で説明したGaN系半導体発光素子は、Ga又はBがドーピングされた $Mg_z Zn_{1-z}O$ ($0 \leq z < 1$)を透明電極として使用することにより、抵抗率を下げることができ、さらに、発光した光の透過率を高めることが可能となり、発光効率、出射効率に優れた半導体発光素子とすることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0018】

以下、本願の実施の形態について、添付の図面を参照して説明する。本発明の第一の実施の形態を図1に示す。図1において、11は金属電極、12は $MgZnO$ 電極膜、13はp型GaN系半導体層、14は発光層、15はn型GaN系半導体層、16は金属電極、17はサファイヤ基板である。

20

【0019】

このようなGaN系半導体発光素子は、まず、サファイヤ基板17の上面にMOCVD法などによりn型GaN系半導体層15を形成する。n型GaN系半導体層15はn型GaNとGaNバッファ層で構成することが好適である。n型GaN系半導体層15はELO (Epitaxial Lateral Overgrowth) で形成してもよい。n型GaN系半導体層15の上面に発光層14を形成する。発光層14は、 $In_x Ga_{1-x}N$ ($0 \leq x < 1$) 又は/及び $Al_y Ga_{1-y}N$ ($0 \leq y < 1$) からなる。また、発光層14は、InとGaとの比率を調整した $In_x Ga_{1-x}N/GaN$ ($0 \leq x < 1$) の多重量子井戸構造、又はAlとGaとの比率を調整した $Al_y Ga_{1-y}N/GaN$ ($0 \leq y < 1$) の多重量子井戸構造としてもよい。さらに、Inと、Gaと、Alとの比率を調整した $In_p Ga_q Al_r N/GaN$ ($p+q+r=1$ 、 $p \geq 0$ 、 $q \geq 0$ 、 $r \geq 0$) で多重量子井戸構造としてもよい。また、発光層14のn型GaN系半導体層15の側にn型 $Al_y Ga_{1-y}N$ ($0 \leq y < 1$) からなる層を設けてもよいし、発光層14のp型GaN系半導体層13の側にp型 $Al_y Ga_{1-y}N$ ($0 \leq y < 1$) からなる層を設けてもよい。

30

【0020】

次に、発光層14の上面にp型GaN系半導体層13を形成する。p型GaN系半導体層13の上面に、Gaがドーピングされた $Mg_z Zn_{1-z}O$ ($0 \leq z < 1$) からなる $MgZnO$ 電極膜12を形成した後に、 $MgZnO$ 電極膜12、p型GaN系半導体層13、発光層14及びn型GaN系半導体層15の一部をエッチングにより除去する。n型GaN系半導体層15は層の途中までエッチングして、露出したn型GaN系半導体層15の上面に金属電極16を、 $MgZnO$ 電極膜12の上面に金属電極11を蒸着法やスパッタ法で形成する。Gaがドーピングされた $Mg_z Zn_{1-z}O$ ($0 \leq z < 1$) に替えて、Bがドーピングされた $Mg_z Zn_{1-z}O$ ($0 \leq z < 1$) としてもよい。

40

【0021】

又は、発光層14の上面にp型GaN系半導体層13を形成した後、p型GaN系半導体層13、発光層14、及びn型GaN系半導体層15の一部をエッチングにより除去する。n型GaN系半導体層15は層の途中までエッチングして、p型GaN系半導体層13の上面に、Gaがドーピングされた $Mg_z Zn_{1-z}O$ ($0 \leq z < 1$) からなる $MgZnO$ 電極膜12を形成する。露出したn型GaN系半導体層15の上面に金属電極16を、 $MgZnO$ 電極膜12の上面には、金属電極11を蒸着法やスパッタ法で形成する。Gaがド

50

ープされた $\text{Mg}_z \text{Zn}_{1-z} \text{O}$ ($0 \leq z < 1$) に替えて、B がドーピングされた $\text{Mg}_z \text{Zn}_{1-z} \text{O}$ ($0 \leq z < 1$) としてもよい。

【0022】

前述の MgZnO 電極膜 12 は、 Ga_2O_3 と MgO と ZnO の粉末を混合したものを焼成したターゲットを用いてスパッタ法、イオンプレーティング法などで形成する。また、金属 Ga、金属 Mg、金属 Zn をヒータで加熱して分子線として供給し、酸素は RF ラジカルセルで供給する分子線エピタキシー法に似た蒸着法でも形成することができる。

【0023】

透明電極膜の材料としての ZnO は、p 型 GaN 系半導体との接合ではオーミックコンタクトを形成する。図 2 は、 ZnO 膜と p 型 GaN 層との接合状態を示す電流－電圧特性であって、横軸を印加電圧、縦軸を電流としたものである。図 2 により、印加電圧に対して電流がほぼ比例していることから、 ZnO 膜は分子線エピタキシー法で形成した後、アニールすることなくオーミックコンタクトが得られていることがわかる。 MgZnO は透明電極膜の材料として使用することができ、さらに ZnO 同様に p 型 GaN 系半導体との接合ではオーミックコンタクトが得られる。

【0024】

ここで、発明者は、 $\text{Mg}_z \text{Zn}_{1-z} \text{O}$ に IIIB 族元素である Ga 又は B をドーピングすることにより、大幅に抵抗が減少することを見出した。図 3 に、 $\text{Mg}_z \text{Zn}_{1-z} \text{O}$ に対する Ga のキャリア濃度と抵抗率の関係を示す。図 3 において、横軸をキャリア濃度、縦軸を抵抗率としたものである。図 3 より、キャリア濃度を高くすると抵抗率が下がり、キャリア濃度が 1×10^{21} を越えると抵抗率は急激に上昇することがわかる。電流を拡散するための電極として、Ga がドーピングされた $\text{Mg}_z \text{Zn}_{1-z} \text{O}$ ($0 \leq z < 1$) からなる電極膜を使用する場合の抵抗率は、 $1 \times 10^{-2} \Omega \text{cm}$ 以下であることが望ましい。この条件に合わせると、図 3 よりキャリア濃度は $1 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ 以上、 $5 \times 10^{21} \text{cm}^{-3}$ 以下であることが好適である。Ga に替えて B をドーピングする場合でも同様である。このような条件で形成された MgZnO 電極膜の比抵抗は、p 型 GaN 系半導体層の比抵抗に比べて小さいため、図 1 に示す GaN 系半導体発光素子では、金属電極 11 から注入された電流は MgZnO 電極膜 12 で横方向に容易に拡散できる。横方向に拡散した電流は p 型 GaN 系半導体層 13 から発光層 14 に広く供給される。電流広がりが十分なため、ホールは発光層 14 に広く供給され、効率的な発光が可能になる。

【0025】

一方、金属電極 16 から注入された電子は n 型 GaN 系半導体層 15 を通過して、発光層 14 でホールと再結合する。再結合により発光した光のうち、p 型 GaN 系半導体層 13 の方向に向かった光は MgZnO 電極膜 12 を透過して外部に出射する。ここで、 ZnO 膜は Mg を添加することによって 400 nm 程度の短波長でも透過率を高く維持することができる。発光層 14 で発光した光は MgZnO 電極膜 12 を透過するため、発光した光を効率的に出射させることが可能になる。

【0026】

従って、本実施の形態で説明した GaN 系半導体発光素子では、Ga 又は B がドーピングされた $\text{Mg}_z \text{Zn}_{1-z} \text{O}$ ($0 \leq z < 1$) を透明電極膜として使用することにより、発光効率、出射効率に優れた半導体発光素子とすることができた。

【0027】

本発明の第二の実施の形態を図 4 に示す。図 4 において、12 は MgZnO 電極膜、13 は p 型 GaN 系半導体層、14 は発光層、15 は n 型 GaN 系半導体層、16 は金属電極、17 はサファイヤ基板、18 は金属電極である。

【0028】

第一の実施の形態との差は、金属電極 18 が MgZnO 電極膜 12 の上面に形成されず、p 型 GaN 系半導体層 13 の上面であって、 MgZnO 電極膜 12 に隣接するように形成されている点である。 MgZnO 電極膜 12 が厚い場合には、金属電極 18 と MgZnO 電極膜 12 との接触面積が広くなり、金属電極 18 から供給されたホールが MgZnO

電極膜 12 へ横方向に拡散する。

【0029】

図 4 に示す GaN 系半導体発光素子は、発光層 14 の上面に p 型 GaN 系半導体層 13 を形成するまでは、図 1 に示す GaN 系半導体発光素子と同様の工程で製造される。P 型 GaN 系半導体層 13 を形成後、p 型 GaN 系半導体層 13 の上面に、Ga がドーピングされた $Mg_z Zn_{1-z}O$ ($0 \leq z < 1$) からなる MgZnO 電極膜 12 を形成した後に、MgZnO 電極膜 12、p 型 GaN 系半導体層 13、発光層 14、及び n 型 GaN 系半導体層 15 の一部をエッチングにより除去する。n 型 GaN 系半導体層 15 は層の途中までエッチングする。金属電極 18 を形成する部分は、MgZnO 電極膜 12 をエッチングにより除去する。露出した n 型 GaN 系半導体層 15 の上面に金属電極 16 を、p 型 GaN 系半導体層 13 の上面に金属電極 18 を蒸着法やスパッタ法で形成する。Ga がドーピングされた $Mg_z Zn_{1-z}O$ ($0 \leq z < 1$) に替えて、B がドーピングされた $Mg_z Zn_{1-z}O$ ($0 \leq z < 1$) としてもよい。

【0030】

又は、発光層 14 の上面に p 型 GaN 系半導体層 13 を形成した後、p 型 GaN 系半導体層 13、発光層 14、及び n 型 GaN 系半導体層 15 の一部をエッチングにより除去する。n 型 GaN 系半導体層 15 は層の途中までエッチングして、露出した n 型 GaN 系半導体層 15 の上面に金属電極 16 を蒸着法やスパッタ法で形成する。p 型 GaN 系半導体層 13 の上面には、金属電極 18 を蒸着法やスパッタ法で形成する。Ga がドーピングされた $Mg_z Zn_{1-z}O$ ($0 \leq z < 1$) からなる MgZnO 電極膜 12 はスパッタ法、イオンプレーティング法、蒸着法で形成する。若しくは、n 型 GaN 系半導体層 15 は層の途中までエッチングして、Ga がドーピングされた $Mg_z Zn_{1-z}O$ ($0 \leq z < 1$) からなる MgZnO 電極膜 12 をスパッタ法、イオンプレーティング法、蒸着法で形成した後に、露出した n 型 GaN 系半導体層 15 の上面に金属電極 16 を、p 型 GaN 系半導体層 13 の上面には、MgZnO 電極膜 12 に隣接して金属電極 18 をそれぞれ蒸着法やスパッタ法で形成する。Ga がドーピングされた $Mg_z Zn_{1-z}O$ ($0 \leq z < 1$) に替えて、B がドーピングされた $Mg_z Zn_{1-z}O$ ($0 \leq z < 1$) としてもよい。

【0031】

図 4 において、MgZnO 電極膜 12 の比抵抗は、p 型 GaN 系半導体層 13 の比抵抗に比べて小さいため、図 4 に示す GaN 系半導体発光素子では、金属電極 18 から注入された電流は MgZnO 電極膜 12 で横方向に容易に拡散できる。横方向に拡散した電流は p 型 GaN 系半導体層 13 から発光層 14 に広く供給される。電流広がり十分のため、ホールは発光層 14 に広く供給され、効率的な発光が可能になる。発光層 14 で発光した光は MgZnO 電極膜 12 を透過するため、発光した光を効率的に出射させることが可能になる。

【0032】

従って、第二の実施の形態で説明した GaN 系半導体発光素子では、Ga 又は B がドーピングされた $Mg_z Zn_{1-z}O$ ($0 \leq z < 1$) を透明電極膜として使用することにより、発光効率、出射効率に優れた半導体発光素子とすることができた。

【0033】

本発明の第三の実施の形態を図 5 に示す。図 5 において、11 は金属電極、12 は MgZnO 電極膜、13 は p 型 GaN 系半導体層、14 は発光層、15 は n 型 GaN 系半導体層、16 は金属電極、19 は導電性基板である。

【0034】

第一の実施の形態又は第二の実施の形態との差は、導電性基板 19 上に n 型 GaN 系半導体層 15、発光層 14、p 型 GaN 系半導体層 13 等が積層されている点である。導電性基板 19 としては、SiC や ZnO が適用できる。導電性基板 19 に SiC を適用した場合の金属電極 16 には、Ni や NiSi アロイを適用できる。導電性基板 19 に ZnO を適用した場合の金属電極 16 には、Ti/Au 積層電極が適用できる。

【0035】

10

20

30

40

50

図5に示すGaN系半導体発光素子は、図1に示すGaN系半導体発光素子と同様の工程で、導電性基板19上にn型GaN系半導体層15、発光層14、p型GaN系半導体層13等が積層される。但し、導電性基板19上にn型GaN系半導体層15等を積層することにより、第一又は第二の実施の形態のように、GaN系半導体発光素子の上部からエッチングして、n型GaN系半導体層15に接続する金属電極を形成する工程は不要である。このため、製造工程の簡易化と信頼性の向上を図ることができる。

【0036】

図5に示すGaN系半導体発光素子においても、MgZnO電極膜12の比抵抗は、p型GaN系半導体層13の比抵抗に比べて小さいため、図5に示すGaN系半導体発光素子では、金属電極11から注入された電流はMgZnO電極膜12で横方向に容易に拡散できる。横方向に拡散した電流はp型GaN系半導体層13から発光層14に広く供給される。電流広がり十分のため、ホールは発光層14に広く供給され、効率的な発光が可能になる。発光層14で発光した光はMgZnO電極膜12を透過するため、発光した光を効率的に出射させることが可能になる。

10

【0037】

従って、第三の実施の形態で説明したGaN系半導体発光素子では、Ga又はBがドーピングされた $Mg_z Zn_{1-z}O$ ($0 \leq z < 1$)を透明電極膜として使用することにより、発光効率、出射効率に優れた半導体発光素子とすることができた。

【0038】

実施の形態1及び2では、サファイヤ基板17の上面にGaN系半導体層が形成され、サファイヤ基板17がそのまま実装基板として利用されているが、このような構造のGaN系半導体層からサファイヤ基板17を剥がして、発光層で発光した光をn型GaN系半導体層から取り出す構造にすることもできる。また、当初から基板の上に、少なくともp型GaN系半導体層と、発光層と、n型GaN系半導体層とを順次積層した構造の半導体発光素子とすることもできる。

20

【0039】

このような構造の半導体発光素子では、n型GaN系半導体層の上面に金属電極を形成することになる。n型GaN系半導体層の上面に金属電極を形成する構造のGaN系半導体発光素子では、n型GaN系半導体層の上面にGaがドーピングされたMgZnO電極膜を備える。実施の形態1のように、GaがドーピングされたMgZnO電極膜の上面に金属電極を備えてもよいし、実施の形態2のように、n型GaN系半導体層に接して、かつGaがドーピングされたMgZnO電極膜に隣接するように備えてもよい。また、実施の形態3のように、導電性基板の上面にGaN系半導体を形成してもよい。GaがドーピングされたMgZnO電極膜に替えて、BがドーピングされたMgZnO電極膜としてもよい。

30

【0040】

n型GaN系半導体層の上面にGa又はBがドーピングされたMgZnO電極膜を備えるGaN系半導体発光素子でも、Ga又はBがドーピングされた $Mg_z Zn_{1-z}O$ ($0 \leq z < 1$)を透明電極膜として使用することにより、発光効率、出射効率に優れた半導体発光素子とすることができる。

【産業上の利用可能性】

40

【0041】

本発明の半導体発光素子は、LEDやLDとして適用することができる。

【図面の簡単な説明】

【0042】

【図1】本願発明の実施形態を示すGaN系半導体発光素子の構造を説明する図である。

【図2】ZnO膜とp型GaN層との接合状態を示す電流－電圧特性の実験結果を説明する図である。

【図3】 $Mg_z Zn_{1-z}O$ に対するGaキャリア濃度と抵抗率の実験結果を説明する図である。

【図4】本願他の発明の実施形態を示すGaN系半導体発光素子の構造を説明する図であ

50

る。

【図 5】本願他の発明の実施形態を示す GaN 系半導体発光素子の構造を説明する図である。

【図 6】従来の GaN 系半導体発光素子の構造を説明する図である。

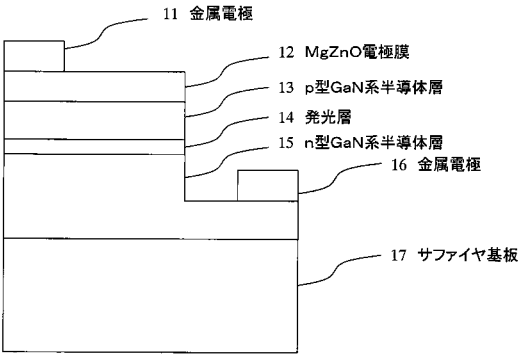
【符号の説明】

【0043】

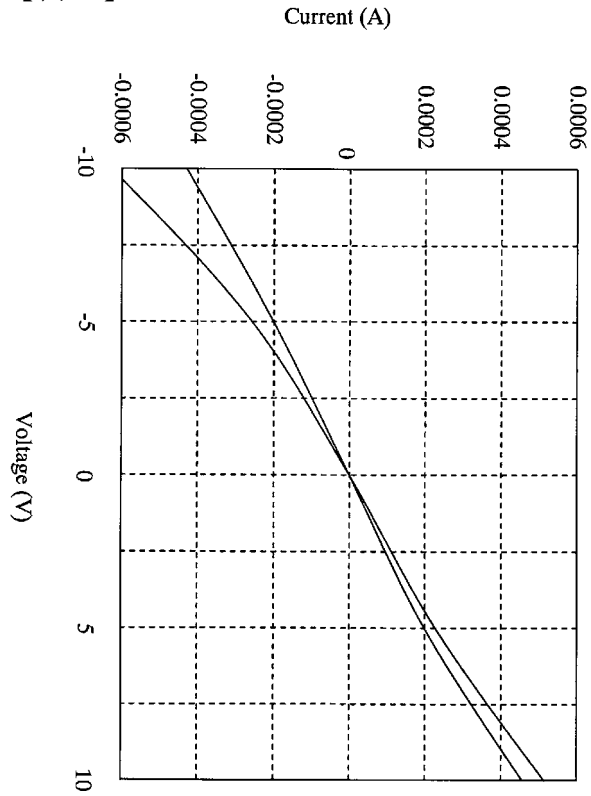
- 11 金属電極
- 12 MgZnO 電極膜
- 13 p 型 GaN 系半導体層
- 14 発光層
- 15 n 型 GaN 系半導体層
- 16 金属電極
- 17 サファイヤ基板
- 18 金属電極
- 19 導電性基板

10

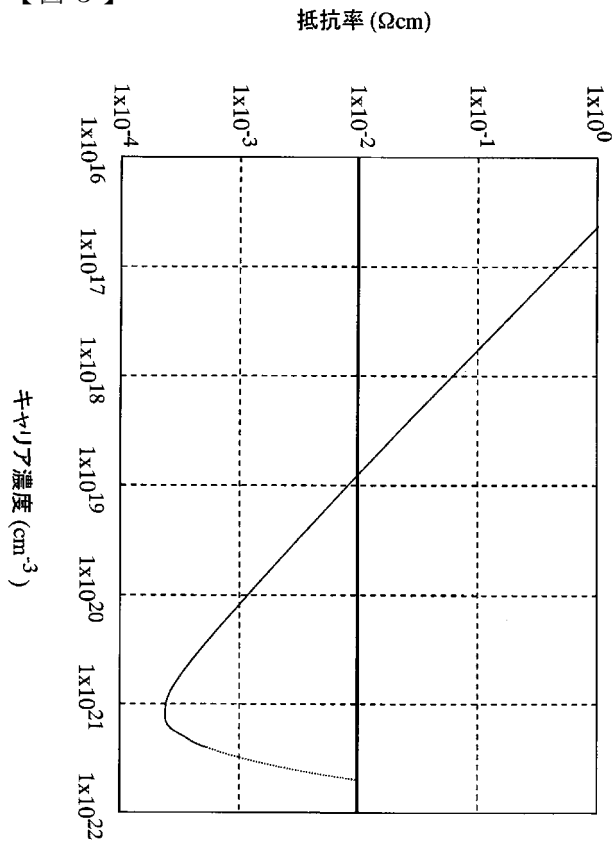
【図 1】



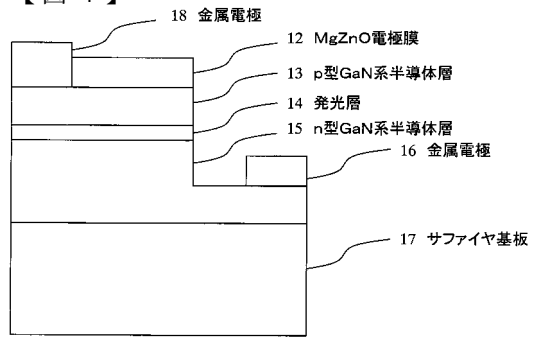
【図 2】



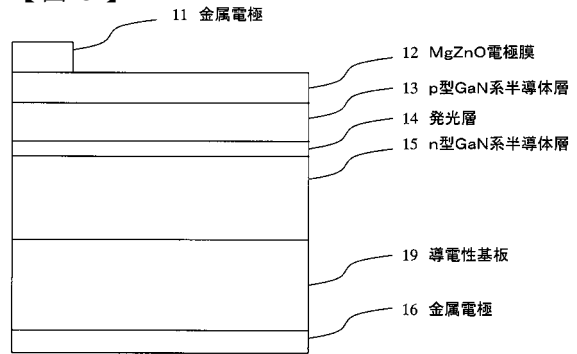
【図 3】



【図 4】



【図 5】



【図 6】

