(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2008-91962
(P2008-91962A)
(43)公開日　平成20年4月17日(2008.4.17)

(51)Int.Cl.		F I		テーマコード（参考）
H01L 33/00	(2006.01)	H01L 33/00	C	5F041

審査請求 有　請求項の数 6　ＯＬ　（全 8 頁）

(21)出願番号　特願2007-339293 (P2007-339293)
(22)出願日　平成19年12月28日 (2007.12.28)
(62)分割の表示　特願平8-326335の分割
原出願日　平成8年12月6日 (1996.12.6)

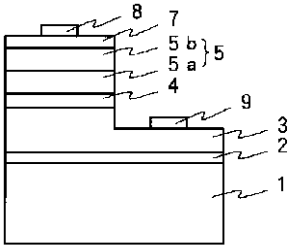
(71)出願人　000116024
ローム株式会社
京都府京都市右京区西院溝崎町２１番地
(72)発明者　尺田　幸男
京都市右京区西院溝崎町２１番地　ローム株式会社内
(72)発明者　中田　俊次
京都市右京区西院溝崎町２１番地　ローム株式会社内
(72)発明者　園部　雅之
京都市右京区西院溝崎町２１番地　ローム株式会社内
(72)発明者　筒井　毅
京都市右京区西院溝崎町２１番地　ローム株式会社内

最終頁に続く

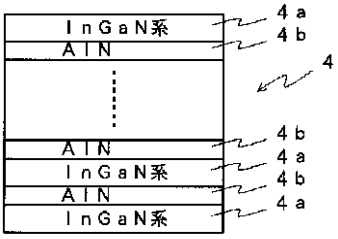
(54)【発明の名称】半導体発光素子

(57)【要約】
【課題】 ダブルヘテロ接合構造の半導体発光素子において、発光層の結晶構造を損なわない構造とすることにより、電子の移動度を向上させて発光効率の優れた半導体発光素子を提供する。
【解決手段】 基板１上にｎ形層３とｐ形層５とにより挟持される発光層４を有する半導体発光素子であって、前記発光層が、発光波長を定める第１の半導体層４ａと、該第１の半導体層のバンドギャップエネルギーより大きいバンドギャップエネルギーを有する第２の半導体層４ｂとの積層体からなっている。
【選択図】　図１

（ａ）



（ｂ）



1　基板　　4a　第１の半導体層
3　ｎ形層　　4b　第２の半導体層
4　発光層　　5　ｐ形層

【特許請求の範囲】
【請求項１】
基板上にｎ形層とｐ形層とにより挟持される発光層を有する半導体発光素子であって、前記発光層が、発光波長を定める第１の半導体層と、該第１の半導体層のバンドギャップエネルギーより大きいバンドギャップエネルギーを有する第２の半導体層との積層体からなる半導体発光素子。
【請求項２】
前記ｎ形層およびｐ形層がチッ化ガリウム系化合物半導体からなり、前記発光層の第１の半導体層が$In_xGa_{1-x}N$（０＜ｘ≦０．５）からなり、第２の半導体層がＡｌＮからなる請求項１記載の半導体発光素子。
【請求項３】
前記ｎ形層およびｐ形層がチッ化ガリウム系化合物半導体からなり、前記発光層の第１の半導体層が$In_xGa_{1-x}N$（０＜ｘ≦０．５）からなり、第２の半導体層がＡｌＧａＮ系化合物半導体からなる請求項１記載の半導体発光素子。
【請求項４】
前記ｎ形層およびｐ形層がチッ化ガリウム系化合物半導体からなり、前記発光層の第１の半導体層が$In_xGa_{1-x}N$（０＜ｘ≦０．５）からなり、第２の半導体層が$In_zGa_{1-z}N$（０≦ｚ＜ｘ）からなる請求項１記載の半導体発光素子。
【請求項５】
前記ｎ形層およびｐ形層がチッ化ガリウム系化合物半導体からなり、前記発光層の第１の半導体層が$Al_sGa_{1-s}N$（０≦ｓ≦０．２）からなり、第２の半導体層が$Al_tGa_{1-t}N$（ｓ＜ｔ≦０．５）からなる請求項１記載の半導体発光素子。
【請求項６】
請求項４記載の半導体発光素子の製法であって、各半導体層をＭＯＣＶＤ法により積層し、前記第１の半導体層と第２の半導体層との積層を、導入する反応ガスのトリメチルインジウムの流量の制御および／または成長温度の制御により連続的に行う半導体発光素子の製法。

【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明はダブルヘテロ接合構造の半導体発光素子に関する。さらに詳しくは、格子定数の異なる半導体層により発光層が挟持されても発光層に歪みが生じない構造の半導体発光素子に関する。
【背景技術】
【０００２】
従来、たとえば青色系の光を発光する半導体発光素子は、図２に示されるような構造になっている。すなわち、サファイア基板２１上にたとえばＧａＮからなる低温バッファ層２２と、高温でｎ形のＧａＮがエピタキシャル成長されたｎ形層（クラッド層）２３と、バンドギャップエネルギーがクラッド層のそれよりも小さくなる材料、たとえば$In_xGa_{1-x}N$（０＜ｘ≦０．５）からなる発光層（活性層）２４と、ｐ形のＧａＮからなるｐ形層（クラッド層）２５とからなり、その表面にｐ側（上部）電極２８が設けられ、積層された半導体層の一部がエッチングされて露出したｎ形層２３の表面にｎ側（下部）電極２９が設けられることにより形成されている。なお、ｎ形層２３およびｐ形層２５はキャリアの閉じ込め効果を向上させるため、発光層２３側にＡｌＧａＮ系（ＡｌとＧａの比率が種々変わり得ることを意味する、以下同じ）化合物半導体層が用いられることが多い。
【０００３】
この構造で、発光層２４に用いられる材料のバンドギャップエネルギーにより、その発光波長が定まる。すなわち発光層２４として、$In_xGa_{1-x}N$を用いれば、Ｉｎの混晶比率ｘが大きくなれば（バンドギャップエネルギーが小さくなる）発光波長が長くなり、ｘ

が小さくなる（バンドギャップエネルギーが大きくなる）と発光波長が短くなる。したがって、発光波長が４５０ｎｍ程度の青色（Ｉｎの混晶比率ｘが０．４程度で青色になるが、０．２程度でＺｎをドープしてもよい）から緑色程度（ｘが０．５程度）までを発光させる場合にＩｎＧａＮ系の化合物半導体が用いられる。またそれより波長の短い光を発光させる場合には、発光層としてＧａＮや、ＡｌＧａＮ系化合物半導体なども使用される。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【０００４】

前述のように、ダブルヘテロ接合構造では、発光層が格子定数の異なる半導体層により挟持される。とくにＩｎＧａＮ系化合物半導体層は、層厚が大きくなるほど結晶構造が不安定となりやすく、格子定数の異なる半導体層により挟持されていると、結晶格子のズレが生じやすく、クラックが入ったり、電流が流れにくくなったりする。そのため、発光効率が低下するという問題がある。

【０００５】

本発明はこのような問題を解決するためになされたもので、ダブルヘテロ接合構造の半導体発光素子において、発光層の結晶構造を損なわない構造とすることにより、電子の移動度を向上させて発光効率の優れた半導体発光素子を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【０００６】

本発明による半導体発光素子は、基板上にｎ形層とｐ形層とにより挟持される発光層を有し、前記発光層が、発光波長を定める第１の半導体層と、該第１の半導体層のバンドギャップエネルギーより大きいバンドギャップエネルギーを有する第２の半導体層との積層体からなっている。この構造にすることにより、たとえば第１および第２の半導体層の積層をそれぞれ１０層程度にすれば１層当たり５～１０ｎｍ以下とすることができ、歪みの蓄積が生じない。すなわち、歪みの蓄積が生じないうちに別の組成の半導体層になるため、全体的に歪みの少ない発光層となる。この積層される半導体層のそれぞれの厚さは、１０ｎｍ以下程度の厚さであれば歪みの蓄積が生じ難く、第１の半導体層が２層でも効果が生じる。一方、発光層の発光波長を支配するのは、発光層のバンドギャップエネルギーの一番小さい半導体層であるため、第１の半導体層により発光波長が定まり、それよりバンドギャップの大きい第２の半導体層は、発光波長に何等の影響を及ぼさない。

【０００７】

たとえば前記ｎ形層およびｐ形層がチッ化ガリウム系化合物半導体からなり、前記発光層の第１の半導体層が$In_xGa_{1-x}N$（$0<x\leqq0.5$）で、第２の半導体層がＡｌＮ、ＡｌＧａＮ系化合物半導体、もしくは$In_zGa_{1-z}N$（$0\leqq z<x$）であったり、または前記発光層の第１の半導体層が$Al_sGa_{1-s}N$（$0\leqq s\leqq0.2$）で、第２の半導体層が$Al_tGa_{1-t}N$（$s<t\leqq0.5$）で構成されることができる。

【０００８】

ここにチッ化ガリウム系化合物半導体とは、III 族元素のＧａとＶ族元素のＮとの化合物またはIII 族元素のＧａの一部がＡｌ、Ｉｎなどの他のIII 族元素と置換したものおよび／またはＶ族元素のＮの一部がＰ、Ａｓなどの他のＶ族元素と置換した化合物からなる半導体をいう。

前述の$In_xGa_{1-x}N$と$In_zGa_{1-z}N$とで積層する場合、各半導体層をＭＯＣＶＤ法により積層し、前記第１の半導体層と第２の半導体層との積層を、導入する反応ガスのトリメチルインジウムの流量の制御および／または成長温度の制御により連続的に行えば、簡単に異なる組成の積層体を形成することができる。

【発明の効果】

【０００９】

本発明によれば、発光層が、異なる格子定数の半導体層により挟持されるダブルヘテロ接合構造の半導体発光素子においても、発光層に格子歪みが生じなくて、電子移動度を向上させることができる。その結果、発光効率が向上し高特性の半導体発光素子が得られる。

【発明を実施するための最良の形態】
【００１０】
つぎに、図面を参照しながら本発明の半導体発光素子について説明をする。図１の（ａ）には、たとえば青色系の発光に適したチッ化ガリウム系化合物半導体層がサファイア基板上に積層される本発明の半導体発光素子の一実施形態の断面説明図が示され、その発光層４の部分拡大図が（ｂ）に示されている。
【００１１】
本発明の半導体発光素子は、図１に示されるように、たとえばサファイア（Al_2O_3 単結晶）などからなる基板１の表面に発光領域を形成する半導体層２～５が積層されて、その表面に拡散メタル層７を介して上部電極（ｐ側電極）８が形成されている。また、積層された半導体層３～５の一部が除去されて露出したｎ形層３に下部電極（ｎ側電極）９が形成されている。この積層される半導体層の発光層４は、図１（ｂ）に示されるように、第１の半導体層４ａと第２の半導体層４ｂの薄膜が交互に積層される積層体により形成されている。
【００１２】
基板１上に積層される半導体層は、たとえばＧａＮからなる低温バッファ層２が０.０１～０.２μｍ程度堆積され、ついでｎ形のＧａＮからなるｎ形層（クラッド層）３が１～５μｍ程度堆積されている。さらに、バンドギャップエネルギーがクラッド層のそれよりも小さくなる材料、たとえば$In_xGa_{1-x}N$（０＜ｘ≦０.５、たとえばｘ＝０.０５）からなる第１の半導体層４ａが５～１０ｎｍ程度と、ＡｌＮからなる第２の半導体層４ｂが０.５～５ｎｍ程度、それぞれ１０層づつ繰り返して積層された薄膜積層体からなる発光層４が全体で５５～１５０ｎｍ程度形成され、さらにｐ形のＡｌＧａＮ系化合物半導体層５ａおよびＧａＮ層５ｂからなるｐ形層（クラッド層）５が全体で０.５～１μｍ程度それぞれ順次積層されている。なお、ｐ形層５はＡｌＧａＮ系化合物半導体層５ａとＧａＮ層５ｂとの複層になっているが、キャリアの閉じ込め効果の点からＡｌを含む層が設けられることが好ましいためで、ＧａＮ層だけでもよい。また、ｎ形層３にもＡｌＧａＮ系化合物半導体層を設けて複層にしてもよく、またこれらを他のチッ化ガリウム系化合物半導体層で形成することもできる。
【００１３】
本発明の半導体発光素子では、前述のように、発光層４がクラッド層よりバンドギャップエネルギーが小さく、発光波長を定める第１の半導体層４ａと、それよりバンドギャップエネルギーの大きい第２の半導体層４ｂとが交互に積層される積層体からなっていることに特徴がある。この第１の半導体層４ａは、キャリアの再結合により光を発生させる層で、この半導体層のバンドギャップエネルギーにより定まる発光波長の光を発生する。したがって、所望の発光波長に応じて半導体材料が定まり、たとえば青色（波長が４５０ｎｍ）の光を発光させるためには、Ｚｎをドープした$In_{0.2}Ga_{0.8}N$（またはノンドープの$In_{0.4}Ga_{0.6}N$）が用いられる。
【００１４】
第２の半導体層４ｂは、第１の半導体層４ａが余り厚くならないように挿入されるもので、発光波長に影響を及ぼさないように、第１の半導体層４ａよりバンドギャップエネルギーが大きい半導体材料が選ばれる。たとえばＡｌＮや、ＡｌＧａＮ系化合物半導体や、ＩｎＧａＮ系化合物半導体でＩｎの混晶比率が第１の半導体層のバンドギャップエネルギーより小さくなる半導体材料を使用することができる。この第１の半導体層４ａは、薄い程歪みが蓄積されなくて好ましく、５～１０ｎｍ程度の厚さに成膜される。第２の半導体層４ｂは同一層の膜厚化を阻止するもので、第１の半導体層と組成の変化が生じる程度の厚さに形成されればよい。したがって、０.５～５ｎｍ程度に形成される。
【００１５】
つぎに、本発明の半導体発光素子の発光層の作用について説明をする。発光層として用いられるたとえば$In_{0.2}Ga_{0.8}N$と、クラッド層として用いられるたとえば$Al_{0.1}Ga_{0.9}N$とでは、格子定数がそれぞれ３.４７Åと３.１２Åで大きく異なり、$In_{0.2}G$

$a_{0.8}$ Nのみを５０ｎｍ以上堆積すると、歪みが蓄積されて電流が流れ難くなったり、活性層などの半導体層にクラックが入ったりする。しかし、本発明ではこの$In_x Ga_{1-x}$層を５～１０ｎｍ堆積した後に、ＡｌＮ層に変えられるため、歪みが大きく蓄積されないうちに結晶構造が全く変わり、歪みの蓄積は進まなくなる。

【００１６】

ＡｌＮ層もＩｎＧａＮ系化合物半導体やＡｌＧａＮ系化合物半導体とは格子定数が異なり、厚くなると歪みが蓄積されるが、この層も０.５～５ｎｍ程度であるため、歪みは蓄積されず、再度$In_x Ga_{1-x}$ Nが堆積される。これが繰り返されるため、各薄膜には歪みの蓄積は生ぜず、発光層４が全体として歪みのない層として５５～１５０ｎｍ程度の厚さに形成される。一方、キャリアの再結合による光の発生は、前述のようにバンドギャップエネルギーの小さい第１の半導体層４ａで行われ、バンドギャップエネルギーの大きい第２の半導体層４ｂは何等の作用をしない。すなわち、第１の半導体層４ａの厚さの合計が発光層として寄与し、第２の半導体層４ｂは、歪みの蓄積を止める緩衝層としてのみ機能している。

【００１７】

第２の半導体層４ｂとして前述のＡｌＮを使用すれば、発光層として用いられるＩｎＧａＮ系化合物半導体と、積層されるｎ形層およびｐ形層の大部分を占めるＧａＮとの間の格子定数は、ＡｌＮ＜ＧａＮ＜ＩｎＧａＮの関係にあり、格子定数の小さいＡｌＮと格子定数の大きいＩｎＧａＮとが積層されることになり、平均的に一番多く用いられているＧａＮの格子定数に平均化されるため好ましい。なお、発光層４として格子定数の離れた半導体材料が積層されることになるが、薄膜積層体では前述のように、歪みの蓄積が行われないため、歪みの問題は生じない。さらに、ＡｌＮの薄層が設けられることにより、量子効果が生じて発光効率が向上するという利点もある。

【００１８】

つぎに、図１に示される半導体発光素子の製法について説明をする。

【００１９】

まず、たとえばサファイアからなる絶縁基板１上に、有機金属化学気相成長法（ＭＯＣＶＤ法）により、キャリアガスのH_2と共にトリメチリガリウム（ＴＭＧ）、アンモニア（以下、NH_3という）などの反応ガスおよびｎ形にする場合のドーパントガスとしてのSiH_4などを供給して、ＧａＮ層からなる低温バッファ層２を、たとえば４００～６００℃程度の低温で０.０１～０.２μｍ程度、同じ組成のｎ形層（クラッド層）３を６００～１２００℃程度の高温で１～５μｍ程度成膜する。

【００２０】

ついで、反応ガスとしてトリメチルインジウム（以下、ＴＭＩｎという）を追加して、たとえば$In_{0.05}Ga_{0.95}N$からなる発光層４の第１の半導体層４ａを５～１０ｎｍ程度成膜し、たとえば反応ガスをNH_3とトリメチルアルミニウム（以下、ＴＭＡという）に変更し、ＡｌＮからなる第２の半導体層４ｂを０.５～５ｎｍ程度成膜する。この反応ガスの変更をそれぞれ９回程度行うことにより、両層が交互に積層される積層体からなる発光層４が形成される。

【００２１】

ここで、第２の半導体層４ｂとしてＡｌＧａＮ系化合物半導体を積層する場合は、前述のNH_3とＴＭＡにさらにＴＭＧを追加することにより形成することができ、$In_z Ga_{1-z}$ Nを積層する場合は、第１の半導体層４ａの成膜に続いてＴＭＩｎのガス量を少なくするか、または反応温度を通常の８００℃程度から高くすることによりＩｎの組成の小さい膜を積層することができ、ＴＭＩｎの流量または反応温度を制御するだけで積層体を形成することができる。さらに、第１の半導体層４ａとしてＧａＮを用い、第２の半導体層４ｂとしてＡｌＧａＮ系化合物半導体を用いるときも、それぞれ前述の反応ガスに変更すればよく、また、ＡｌＧａＮ系化合物半導体のＡｌの比率を変えて両層を積層する場合は、前述のように、反応ガスＴＭＡの流量を変化させることにより、組成の異なる薄膜の積層体を形成することができる。

【００２２】
ついで、反応ガスをNH_3とＴＭＧとＴＭＡに変更し、ｐ形のドーパントガスとしてシクロペンタジエニルマグネシウム（Cp_2Mg）またはジメチル亜鉛（ＤＭＺｎ）を導入して、ｐ形のＡｌＧａＮ系化合物半導体層５ａを０．１～０．５μｍ程度、さらに反応ガスのＴＭＡを止めてｐ形のＧａＮ層５ｂを０．１～０．５μｍ程度それぞれ積層し、ｐ形層５を形成する。その後、たとえばＮｉおよびＡｕを蒸着してシンターすることにより拡散メタル層７を２～１００ｎｍ程度形成する。ついで、下部電極を形成するためｎ形層３が露出するように、積層された半導体層の一部を塩素ガスなどによる反応性イオンエッチングによりエッチングをし、電極金属を蒸着することにより、上部電極８および下部電極９を形成する。その結果、図１に示される半導体発光素子が得られる。

【００２３】
前述の各例では、チッ化ガリウム系化合物半導体を用いた青色の半導体発光素子であったが、青色発光素子の場合に限らず、格子定数の差が大きい半導体からなるダブルヘテロ接合構造で、結晶構造に歪みが入りやすい発光層を有する半導体発光素子に本発明を適用することができる。

【図面の簡単な説明】

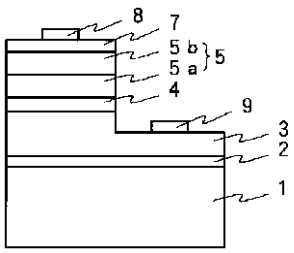
【００２４】
【図１】本発明の半導体発光素子の一実施形態の断面説明図である。
【図２】従来の半導体発光素子の一例の斜視説明図である。

【符号の説明】

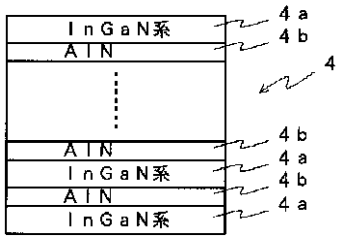
【００２５】
１　基板
３　ｎ形層
４　発光層
４ａ　第１の半導体層
４ｂ　第２の半導体層
５　ｐ形層

【図１】

（ａ）

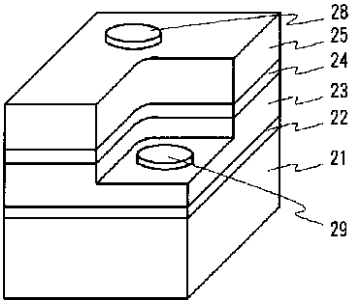


（ｂ）



1　基板　　4a　第1の半導体層
3　n形層　　4b　第2の半導体層
4　発光層　　5　p形層

【図２】



フロントページの続き

(72)発明者　伊藤　範和
京都市右京区西院溝崎町２１番地　　ローム株式会社内

Ｆターム(参考) 5F041 AA03　CA05　CA40　CA46　CA65