(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3822318号
(P3822318)
(45)発行日　平成18年9月20日(2006.9.20)　(24)登録日　平成18年6月30日(2006.6.30)

(51)Int.Cl.　F I
H01S 5/323 (2006.01)　H01S 5/323 610
H01L 33/00 (2006.01)　H01L 33/00 C

請求項の数 4　(全 10 頁)

(21)出願番号　特願平9-192625
(22)出願日　平成9年7月17日(1997.7.17)
(65)公開番号　特開平11-40893
(43)公開日　平成11年2月12日(1999.2.12)
審査請求日　平成14年4月19日(2002.4.19)

(73)特許権者　000003078
株式会社東芝
東京都港区芝浦一丁目１番１号
(74)代理人　100058479
弁理士　鈴江　武彦
(74)代理人　100084618
弁理士　村松　貞男
(74)代理人　100068814
弁理士　坪井　淳
(74)代理人　100092196
弁理士　橋本　良郎
(74)代理人　100091351
弁理士　河野　哲
(74)代理人　100088683
弁理士　中村　誠

最終頁に続く

(54)【発明の名称】半導体発光素子及びその製造方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

単結晶基板上にＧａＮ系化合物半導体層を積層してなる半導体発光素子において、

前記単結晶基板上に、ＡｌＮ単結晶からなりバッファ層として機能する第１の半導体層と、この第１の半導体層よりも格子定数の大きいＧａＮ単結晶からなり格子歪み緩和層として機能する第２の半導体層と、第１の半導体層よりも格子定数が大きく第２の半導体層よりも格子定数が小さいＡｌＧａＮ単結晶からなる第３の半導体層とを順に積層した下地基板構造を有し、

前記下地基板構造上に発光素子として機能するダブルヘテロ構造部を有する素子形成層を形成し、かつ第２の半導体層の膜厚を０．０５μｍから０．１５μｍの間に設定してなることを特徴とする半導体発光素子。

【請求項２】

単結晶基板上にＧａＮ系化合物半導体層を積層してなる半導体発光素子において、

前記単結晶基板上に直接形成された、ＡｌＮ単結晶からなりバッファ層として機能する第１の半導体層と、この第１の半導体層上に形成された、該半導体層よりも格子定数の大きいＧａＮ単結晶からなり格子歪み緩和層として機能する第２の半導体層と、この第２の半導体層上に形成された、第１の半導体層よりも格子定数が大きく第２の半導体層よりも格子定数が小さいＡｌＧａＮ単結晶からなる第３の半導体層と、この第３の半導体層上の一部に形成された、発光素子として機能するダブルヘテロ構造部を有する素子形成層と、第３の半導体層上の露出表面に形成された電極とを具備してなり、

第１の半導体層の膜厚を０．２から３μｍの間に設定し、且つ第２の半導体層の膜厚を０．０５μｍから０．１５μｍの間に設定してなることを特徴とする半導体発光素子。
【請求項３】
前記単結晶基板は、サファイア又はＳｉＣであることを特徴とする請求項１又は２記載の半導体発光素子。
【請求項４】
単結晶基板上にＧａＮ系化合物半導体層を積層してなる半導体発光素子の製造方法において、
単結晶基板上に、ＡｌＮ単結晶からなりバッファ層として機能する第１の半導体層を形成する工程と、第１の半導体層上に、該層よりも格子定数の大きいＧａＮ単結晶からなり格子歪み緩和層として機能する第２の半導体層を０．０５μｍ～０．１５μｍの厚さに形成する工程と、第２の半導体層上に、第１の半導体層よりも格子定数が大きく第２の半導体層よりも格子定数が小さいＡｌＧａＮ単結晶からなる第３の半導体層を形成する工程と、第３の半導体層上に発光素子として機能するダブルヘテロ構造部を有する素子形成層を形成する工程とを含むことを特徴とする半導体発光素子の製造方法。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
本発明は、化合物半導体材料を用いた半導体発光素子に係わり、特にＧａＮ系化合物半導体材料を用いた短波長半導体発光素子及びその製造方法に関する。
【０００２】
【従来の技術】
窒素を含むIII-Ｖ族化合物半導体の一つであるＧａＮは、バンドギャップが３．４ｅＶと大きく、また直接遷移型であり、短波長発光素子用材料として期待されている。しかし、格子整合する良質な基板がないため、便宜上、サファイア基板上に成長することが多く、この場合、サファイアとＧａＮは格子不整合が１５％程度と大きいために島状に成長しやすい。さらに、良質なＧａＮ層を成長するために膜厚を厚くすると、サファイア基板とＧａＮ間の熱膨張差により冷却時に転位が増大したりひび割れが生するために、高品質の膜を成長するのは困難であった。
【０００３】
格子不整合の影響を緩和するために、サファイア基板上に極薄膜のアモルファス状又は多結晶のＡｌＮ又はＧａＮを低温成長によりバッファ層として形成した後、その上にＧａＮ層を形成する方法が用いられている。この方法では、アモルファス状又は多結晶の層が熱歪を緩和し、バッファ層内部に含まれている微結晶が１０００℃の高温時に方位の揃った種結晶となり結晶品質が向上すると考えられている。
【０００４】
しかし、この方法を用いた場合にも格子不整合による高密度の貫通転移が存在し、残留歪みのために、例えば半導体レーザのクラッド層に必要な１５％以上のＡｌ組成のＡｌＧａＮ層やＡｌＧａＩｎＮ層等を０．５μｍ以上の厚さに成長する場合にはひび割れの発生を避けられなかった。ＡｌＧａＮ層やＡｌＧａＩｎＮ層の厚さが０．２μｍ以下の場合には明確なひび割れは認められないが、原子間力表面顕微鏡などで観測される微細なひびが存在し、基板が絶縁物であり層と平行方向に電流を流す場合の抵抗となったり、寿命特性を劣化させる。
【０００５】
特に基板として、ＧａＮと格子定数が近いＳｉＣを用いた場合には、ヘテロ界面での歪みが小さいために転位の運動が遅くかえって残留歪みが大きい。また、ＳｉＣ基板はサファイア基板に比べて劈開しやすいために、基板そのものにひび割れが生じやすい。
【０００６】
【発明が解決しようとする課題】
このように従来、サファイアやＳｉＣ等の単結晶基板上にＧａＮ系化合物半導体を成長し

て短波長の半導体発光素子を作成しても、基板と半導体結晶層との格子不整合のために、半導体結晶に歪みが残り、高品質な結晶を成長することは困難であった。特に、Ａｌ組成の高いＡｌＧａＮやＡｌＧａＩｎＮ層を低歪みで形成することは困難であり、これが短波長半導体発光素子の特性を劣化させる要因となっていた。

【０００７】

本発明は、上記の事情を考慮して成されたもので、その目的とするところは、格子整合しない基板上にも高品質な高Ａｌ組成のＡｌＧａＮ層やＡｌＧａＩｎＮ層を低歪みで形成することができ、素子特性の向上をはかり得る半導体発光素子及びその製造方法を提供することにある。

【０００８】

【課題を解決するための手段】

（構成）

上記課題を解決するために本発明は、次のような構成を採用している。

即ち本発明は、単結晶基板上にＧａＮ系化合物半導体層を積層してなる半導体発光素子において、前記単結晶基板上に、ＡｌＮ，ＡｌＧａＮ，又はＳｉＣからなりバッファ層として機能する第１の半導体層と、この第１の半導体層よりも格子定数の大きいＧａＮ，ＧａＩｎＮ，又はＡｌＧａＮからなり格子歪み緩和層として機能する第２の半導体層とを順に積層し、第２の半導体層上に第１の半導体層よりも格子定数が大きく第２の半導体層よりも格子定数が小さいＡｌＧａＮ又はＡｌＧａＩｎＮからなり素子形成層として機能する第３の半導体層を積層した層構造を有し、かつ第２の半導体層の膜厚を０．０１μｍから０．５μｍの間に設定してなることを特徴とする。

【０００９】

ここで、本発明の望ましい実施態様としては次のものがあげられる。

(1) 第２の半導体層の膜厚は、第１及び第３の半導体層のいずれよりも薄いこと。

(2) 第２の半導体層はＧａＮからなり、その膜厚が０．０５～０．１５μｍであること。

【００１０】

(3) 第２の半導体層はＡｌＧａＮからなり、第３の半導体層の格子定数よりも０．０５～０．１５％大きな格子定数の組成であって、その膜厚が０．１～０．５μｍであること。

(4) 単結晶基板は、サファイア又はＳｉＣであること。

(5) 第３の半導体層は、該層のＡｌ組成が１０％から３０％の間にあり、その膜厚が０．２μｍ以上であること。

【００１１】

また本発明は、単結晶基板上にＧａＮ系化合物半導体層を積層してなる半導体発光素子の製造方法において、単結晶基板上に、ＡｌＮ，ＡｌＧａＮ，又はＳｉＣからなりバッファ層として機能する第１の半導体層を形成する工程と、第１の半導体層上に、第１の半導体層よりも格子定数の大きいＧａＮ，ＧａＩｎＮ，又はＡｌＧａＮからなり格子歪み緩和層として機能する第２の半導体層を０．０１μｍ～０．５μｍの厚さに形成する工程と、第２の半導体層上に、第１の半導体層よりも格子定数が大きく第２の半導体層よりも格子定数が小さいＡｌＧａＮからなり素子形成層として機能する第３の半導体層を形成する工程とを含むことを特徴とする。

【００１２】

（作用）

ひび割れの発生する原因は、基板上にバッファ層として成長するＡｌＮやＧａＮ等と素子構造を形成するためのＡｌＧａＮとの格子定数差にある。従来使用されてきたＧａＡｌＡｓ系材料やＩｎＧａＡｌＰ系の材料では、５００℃程度の成長温度より低温でも転位が十分に移動するために、Ｓｉ等の異種基板に成長した場合にもこのような問題は顕著ではなかった。しかし、ＡｌＧａＮではＡｌ組成が１０％以上では１０００℃を越える温度でも転位の移動が遅く、格子定数差による歪みの除去が不十分と考えられる。

【００１３】

本発明者らはＡｌＧａＮ系材料を異種基板上へ成長した場合の残留歪みと表面平坦性の関

係について調べた。一般的に、性質が大きく異なる基板に成長した場合には成長初期では島状の成長が生じ、表面はでこぼこしているが次第に平坦化する傾向にある。バッファ層としては平坦化しやすい必要がある。その結果、平坦な表面が得られたのはＧａＮとＡｌＮでありＡｌＧａＮではＡｌ組成が５％を越えると平坦な表面は得られなかった。

【００１４】

平坦な表面を得るための基板温度はＧａＮでは８００℃から１１００℃であり、ＡｌＧａＮでもほぼ同様であった。ＡｌＮではより高い１１５０℃から１４００℃が必要であった。また、十分に平坦な膜を得るには少なくとも０．１μｍ必要であり、０．２μｍ以上が望ましいことが判った。しかし、３μｍ以上では残留歪みの蓄積によりひび割れが発生した。

【００１５】

次に、ほぼ平坦なＡｌＮ層上にＧａＮ，ＡｌＧａＮを成長して歪み緩和について調べた。ＡｌＧａＮでは、Ａｌ組成が１０％を越える時には歪みの緩和は遅くひび割れが発生した。ＡｌＮでは、１３００℃から１４００℃では緩やかではあるが歪み緩和が認められ厚膜成長が可能であった。ＧａＮでは、ひび割れの発生は殆ど認められなかったが、薄膜ではかなり歪みは残留していると考えられる。即ち、ＧａＮ層の面内の格子定数がＡｌＮとＧａＮの中間の値をとると予想される。従って、ＡｌＮ層上に適切な厚さの歪み緩和しやすいＧａＮ，ＧａＩｎＮ、又はＡｌ組成が５％以下のＡｌＧａＮ，ＡｌＧａＩｎＮ層を積層することによって、ＡｌＮからＧａＮまでの任意の格子定数を有する混晶に格子整合できる。

【００１６】

つまり、単結晶基板上にＡｌＧａＮよりも格子定数の小さいＡｌＮ等のバッファ層を形成し、その上に、ＡｌＧａＮよりも格子定数が大きいＧａＮ等の格子歪み緩和層を形成し、その膜厚を最適に制御することにより、ＧａＮ上に素子形成のためのＡｌＧａＮを大きな格子ずれなく成長することが可能となる。

【００１７】

サファイア基板ｃ面上にＡｌＮを成長し、更にＧａＮを成長すると、ＧａＮには面内に圧縮歪みを生じ、成長に従い緩和する。この残留歪みと成長膜厚との関係は、図６に示すようになる。ここで、ＡｌＮの膜厚は０．５μｍ、ＧａＮの成長温度は１１００℃とした。

【００１８】

図６から判るように、ＧａＮの膜厚が０．０５μｍより薄い場合、島状成長のための表面の平坦性が悪い。圧縮歪みは、膜厚０．０５～０．１５μｍの範囲で急峻に低下し、膜厚０．１５～０．５μｍの間で緩やかに緩和し、それ以上では一定となる。従って、ＧａＮ中の残留歪みを制御するには、０．０５～０．５μｍの膜厚が必要であり、より望ましくは０．０５～０．１５μｍの範囲である。その理由は、０．０５μｍ以下になると、不安定な膜厚となり、表面が凹凸となってしまい、素子特性が悪くなるからである。また、０．１５μｍを越えると、ＧａＡｌＮとの格子整合に必要な残留歪が好ましい範囲外になるからである。

【００１９】

また、図６に示す関係はＡｌＧａＮの場合も同様である。残留歪みと膜厚の関係は、歪みが０．０５～０．１５％の範囲では傾きが緩やかになっており、この範囲では制御しやすい。また、残留歪みが小さいために結晶品質的にも有利である。従って、格子歪み緩和層の組成はＡｌＧａＮ等の素子形成層の格子定数よりも０．０５～０．１５％大きな格子定数の組成であるのが望ましく、その膜厚は０．１～０．５μｍが望ましい。その理由は、ＡｌＧａＮでは、組成により歪緩和速度が異なるため、制御が困難となるが、残留歪がほぼ一定となる０．１～０．５μｍの範囲であれば、この困難が避けられるからである。

【００２０】

本発明では、サファイアやＳｉＣ等の単結晶基板上にＡｌＮ，ＡｌＧａＮ，又はＳｉＣからなるバッファ層、格子歪み緩和用のＧａＮ，ＧａＩｎＮ，ＡｌＧａＮを積層し、この上にＧａＮとＡｌＮの中間の値の格子定数を有するＡｌＧａＮ又はＡｌＧａＩｎＮを積層し

た構造を有する素子において、格子歪み緩和層の膜厚をＡｌＧａＮ又はＡｌＧａＩｎＮの格子定数に応じて０．０１μｍから０．５μｍの間に設定している。

【００２１】

従って、成長中に格子歪み緩和層中で生じる緩和効果により表面付近の面内の格子定数をＧａＮとＡｌＮの中間の値に設定可能であり、ＡｌＧａＮ又はＡｌＧａＩｎＮの歪みを制御可能である。この効果は、高品質のＧａＮ，ＡｌＧａＮ結晶層成長が期待できるにも拘らずひび割れ発生のためにこれまで使用不可能であったＳｉＣを基板とした場合に特に有効である。

【００２２】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の詳細を図示の実施形態によって説明する。

（第１の実施形態）

図１は、本発明の第１の実施形態に係わる青色レーザダイオードを示す素子構造断面図である。

【００２３】

ＳｉＣ基板１０１のＳｉ面上に、厚さ５μｍのノンドープＡｌＮ単結晶バッファ層１０３、厚さ０．２μｍのＧａＮ格子歪み緩和層１０５、厚さ１μｍのｎ型$Al_{0.2}Ga_{0.8}N$コンタクト層１０７（Ｓｉ，Ｓｅ又はＳドープ：2×10^{18}～$3\times10^{19}cm^{-3}$）、厚さ０．５μｍのｎ型$Al_{0.2}Ga_{0.8}N$クラッド層１０９（Ｓｉ，Ｓｅ又はＳドープ：5×10^{17}～$3\times10^{18}cm^{-3}$）、厚さ０．１μｍの$Al_{0.1}Ga_{0.9}N$第１光ガイド層１１１、厚さ５ｎｍのＧａＮ活性層１１２、厚さ０．１μｍの$Al_{0.1}Ga_{0.9}N$第２光ガイド層１１３、厚さ０．５μｍのｐ型$Al_{0.2}Ga_{0.8}N$クラッド層１１４（Ｍｇドープ：5×10^{18}～$1\times10^{20}cm^{-3}$）、厚さ０．０７μｍのｐ型ＧａＮ中間コンタクト層１１５（Ｍｇドープ：5×10^{18}～$1\times10^{20}cm^{-3}$）、が順次積層されている。

【００２４】

ここで、ｐ型ＧａＮ中間コンタクト層１１５は、再成長時に表面を保護する役割を果たしており、ｐ型クラッド１１４層との界面は必要に応じて組成変化を緩やかにして通電抵抗の低減をはかっている。

【００２５】

中間コンタクト層１１５，ｐ型クラッド層１１４，第２光ガイド層１１３に対し、幅が２～５μｍのストライプ状の凸部を反応性イオンエッチングにて形成し、その周囲にｎ型$Ga_{0.9}In_{0.1}N$（Ｓｉドープ：$5\times10^{18}cm^{-3}$、厚さ０．５μｍ）からなる電流阻止層１１６が選択成長により埋込み形成されている。そして、中間コンタクト層１１５及び電流阻止層１１６上には、ｐ型ＧａＮコンタクト層１１７（Ｍｇドープ：$9\times10^{19}cm^{-3}$、厚さ０．５μｍ）が形成されている。

【００２６】

また、ｐ型コンタクト層１１７上には、ｐ側電極１２１としてＡｕ／Ｐｒが被着されている。さらに、ｐ型コンタクト層１１７からｎ型クラッド層１０９までを一部エッチングして露出させたｎ型コンタクト層１０７上に、ｎ側電極１２２としてＡｌ／Ｔｉが被着されている。

【００２７】

このように本実施形態によれば、格子定数の小さなＡｌＮバッファ層１０３上に格子定数の大きなＧａＮ格子歪み緩和層１０５を形成することにより、ＧａＮ格子歪み緩和層１０５の表面における格子定数を、その上に形成するＡｌＧａＮに近付けることができ、ｎ型ＡｌＧａＮコンタクト層１０７を高品質に形成することができ、それに続く各層も高品質に形成することができる。また本実施形態では、ＧａＮ格子歪み緩和層１０５の膜厚を０．２μｍとしているので、前記図６に示すように、ＧａＮ中の残留歪みを制御し易くなる。従って、半導体素子として機能する各層におけるひび割れの発生が抑制されると共に、低欠陥化をはかることができ、素子特性の向上をはかることが可能となる。

【００２８】

なお、各層の厚さは適宜変更可能である。例えば、バッファ層１０３の厚さは０．１～１０．０μｍ、格子歪み緩和層１０５の厚さは０．０５～０．５μｍ、コンタクト層１０７の厚さは０．５～３．０μｍ、クラッド層１０９，１１４の厚さは０．３～０．７μｍ、光ガイド層１１１，１１３の厚さは０．０５～０．２μｍ、活性層１１２の厚さは１～１０ｎｍ、中間コンタクト層１１５の厚さは０．０５～０．１μｍに設定すればよい。

【００２９】

また、本実施形態では単結晶基板１０１としてＳｉＣを用いたが、この代わりにサファイア基板を用いることもできる。また、バッファ層１０３としてはＡｌＮの代わりに、ＡｌＧａＮやＳｉＣを用いても良い。さらに、格子歪み緩和層１０５としてはＧａＮの代わりに、ＡｌＧａＮやＧａＩｎＮを用いても良い。但し格子定数の関係で、バッファ層１０３が小、格子歪み緩和層１０５が大、コンタクト層１０７が中の関係を満たす必要があり、例えばバッファ層にＡｌＧａＮを用いる場合は、コンタクト層１０７のＡｌＧａＮよりもＡｌ組成を多くする必要がある。格子歪み緩和層１０５にＡｌＧａＮを用いる場合は、コンタクト層１０７のＡｌＧａＮよりもＡｌ組成を少なくする必要がある。

【００３０】

また、光導波層１１１，１１３としてはＡｌＧａＮの代わりにＧａＮを用いることも可能であり、さらに活性層１１２としてはＧａＮの代わりにＡｌＧａＮ又はＧａＩｎＮを用いることも可能である。また、ｐ側電極１２１としてＡｕ／Ｐｒの代わりに、Ｐｄ／Ｐｔ／Ａｕ又はＮｉを用いることができ、さらにｎ側電極１２２としてＡｌ／Ｔｉの代わりに、Ｔｉ／Ｐｔ／Ａｕ又はＡｌを用いることができる。

【００３１】

（第２の実施形態）

図２は、本発明の第２の実施形態に係わる青色レーザダイオードを示す素子構造断面図である。なお、図２中の２０１～２２２は図１中の１０１～１２２に相当している。

【００３２】

本実施形態は、バッファ層２０３としてＳｉＣ又はＡｌ組成が８０％以上のＡｌＧａＮを用いたものであり、それ以外の構成は図１と同様である。この場合、バッファ層２０３の格子定数は、ＧａＮ緩和層２０５及びＡｌＧａＮコンタクト層２０７（Ａｌ組成２０％）よりも小さくなり、第１の実施形態と同様に、格子定数の小さなバッファ層２０３上に格子定数の大きな緩和層２０５を形成し、緩和層２０５の表面の格子定数をコンタクト層２０７のそれに近付けることができる。従って、先の第１の実施形態と同様の効果が得られる。

【００３３】

また、本実施形態においても第１の実施形態で説明した各種の変形が可能である。

（第３の実施形態）

図３は、本発明の第３の実施形態に係わる青色レーザダイオードを示す素子構造断面図である。なお、図３中の３０１～３２２は図１中の１０１～１２２に相当している。

【００３４】

本実施形態は、基板側の電極をｎ型ＡｌＮ層（又はＡｌ組成が８０％以上のＡｌＧａＮ層）上に形成した例である。即ち、ＡｌＮバッファ層３０３上にｎ型ＡｌＮコンタクト層３０４が形成され、その上にｎ型ＧａＮ格子歪み緩和層３０５が形成され、その上にｎ型ＡｌＧａＮクラッド層３０９が形成されている。これ以外の構成は図１と同様である。

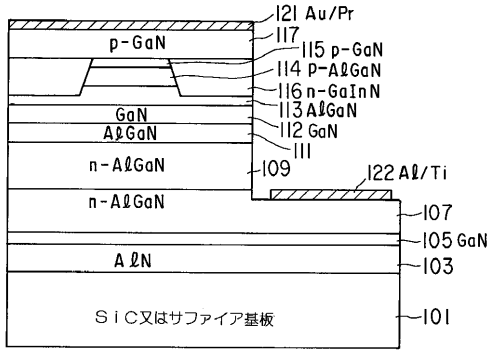
【００３５】

ここで、ＡｌＮバッファ層３０３及びｎ型ＡｌＮコンタクト層３０４の格子定数は小であり、ＧａＮ格子歪み緩和層３０５の格子定数は大であり、ｎ型ＡｌＧａＮクラッド層３０９の格子定数は中であり、第１の実施形態と同様の関係が成り立つ。コンタクト層３０４をＡｌＧａＮとした場合もそのＡｌ組成を８０％以上と高くすることにより、上記の関係が成り立つ。従って、ＧａＮ格子歪み緩和層３０５の表面における格子定数をＡｌＧａＮクラッド層１０９に近付けることができ、クラッド層１０９及びそれに続く各層の結晶品質の向上をはかることができる。

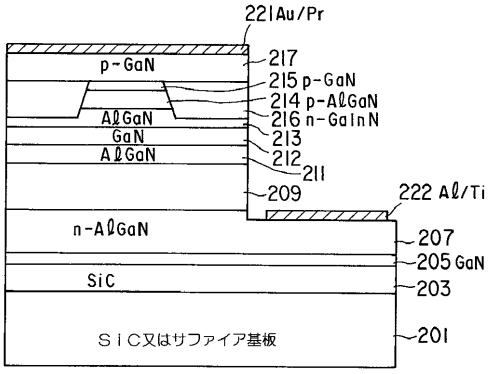
【００３６】
また、本実施形態においても第１の実施形態で説明した各種の変形が可能である。
（第４の実施形態）
図４は、本発明の第４の実施形態に係わる青色レーザダイオードを示す素子構造断面図である。なお、図４中の４０１～４２２は図１中の１０１～１２２に相当している。
【００３７】
本実施形態は、基板側のコンタクト層を省略し、基板側の電極を格子歪み緩和層に形成した例である。即ち、ＡｌＮバッファ層４０３上にｎ型ＧａＮ格子歪み緩和層４０５が形成され、その上にｎ型ＡｌＧａＮクラッド層４０９が形成されており、さらにｎ型格子歪み緩和層４０５上にｎ側電極４２２が形成されており、それ以外の構成は図１と同様である。
【００３８】
これは、第１の実施形態におけるコンタクト層を省略した構成であり、バッファ層４０３，格子歪み緩和層４０５，クラッド層４０９の間に前記した小，大，中の格子定数の関係があり、従って第１の実施形態と同様の効果が得られる。
【００３９】
また、本実施形態においても第１の実施形態で説明した各種の変形が可能である。
（第５の実施形態）
図５は、本発明の第５の実施形態に係わる青色レーザダイオードを示す素子構造断面図である。なお、図５中の５０１～５２２は図１中の１０１～１２２に相当している。
【００４０】
本実施形態は、導電性の基板を用いて基板裏面に電極を設け、ｐ型ＧａＮ側を放熱器に載置可能としたものである。即ち、ＳｉＣ基板５０１及びＳｉＣバッファ層５０３は不純物ドープによりｎ型に形成されており、ｎ型ＳｉＣ基板５０１の裏面にｎ側電極５２２が形成されている。これ以外の基本的な構成は図１と同様である。
【００４１】
このような構成であっても、先の第１の実施形態と同様の効果が得られるのは勿論のことである。また、本実施形態においても第１の実施形態で説明した各種の変形が可能である。
【００４２】
（第６の実施形態）
第１～第５の実施形態における製造方法について説明しておく。使用する成長装置は減圧ＭＯＣＶＤ装置である。まず、ＳｉＣ基板又はサファイア基板をヒータを兼ねたサセプタ上に載置する。ガス導入管から高純度水素を毎分２０ｌ導入し、反応管内の大気を置換する。次いで、ガス排気口をロータリーポンプに接続し、反応管内を減圧し、内部の圧力を１０～４０ torr の範囲に設定する。
【００４３】
サファイア基板上にＡｌＮ単結晶層を成長する場合には、基板を水素中で加熱し、表面を清浄化する。次いで、１０５０～１３００℃の基板温度でH2 ガスの一部をNH3 ガスに切り替えると共に、有機金属Ａｌ化合物、例えばＡｌ（CH_3）$_3$ 或いはＡｌ（C_2H_5）$_3$ を導入して結晶方位の揃った第１のＡｌＮ層を５ｎｍから５００ｎｍ成長する。次いで、基板温度を１３５０～１４５０℃に昇温しＡｌＮ層を０．１μｍから５μｍ成長し表面を平坦化する。場合によっては、成長を中断しアニールを行い残留歪みを緩和させる。
【００４４】
ここで、第１のＡｌＮ層の結晶方位を揃えるためにはＶ族原料と III族原料の供給比の制御が重要であり、穴のない高品質膜の成長には０．７～５．０の範囲が必要であり十分な品質を再現性良く得るには０．７～５．０の範囲に制御することが望ましい。ＳｉＣ基板上に成長する場合には第１のＡｌＮ層は必ずしも必要ではないが、より均一な成長が得られる。

【００４５】
基板上にＳｉＣ層を成長する場合には、Ｃ原料としてプロパンガスを毎分１０ｃｃ程度、Ｓｉ原料としてSiH_4ガスを毎分３ｃｃ程度導入してｎ型ＳｉＣバッファ層を形成する。次いで、基板温度を再び１１００℃から１２００℃に低下させた後、ＧａＮ歪み緩和層、ダブルヘテロ構造部を成長する。
【００４６】
III 族原料としては、有機金属Ｇａ化合物として例えば$Ga(CH_3)_3$或いは$Ga(C_2H_5)_3$、有機金属Ｉｎ化合物として例えば$In(CH_3)_3$或いは$In(C_2H_5)_3$を使用する。ドーピング用原料としては、ｎ型用にＳｉ水素化物として例えばSiH_4或いは有機金属Ｓｉ化合物として例えば$Si(CH_3)_4$、ｐ型用に有機金属Ｍｇ化合物として例えばCp_2Mg又はｍ－Cp_2Mgを使用する。ｐ型ドーパントの活性化率を上げるためには、降温中での結晶中への水素の混入とＮ原子の脱離を抑制することが重要である。
【００４７】
本発明者らの研究によれば、降温中での水素供給停止と共にアンモニア分圧を０．２～１．０ Torr に設定することにより良好な結果が得られることが判明している。
なお、本発明は上述した各実施形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で、種々変形して実施することができる。
【００４８】
【発明の効果】
以上詳述したように本発明によれば、サファイアやＳｉＣ等の単結晶基板上に格子定数の小さなＡｌＮ，ＡｌＧａＮ又はＳｉＣからなるバッファ層を形成し、この上に格子定数の大きなＧａＮ，ＧａＩｎＮ又はＡｌＧａＮからなる格子歪み緩和層を積層し、この上に中間の格子定数を有するＡｌＧａＮ又はＡｌＧａＩｎＮからなる素子形成層を積層した構造を有し、格子歪み緩和層の膜厚をバッファ層と素子形成層の格子定数に応じて０．０１μｍから０．５μｍの間に設定することにより、格子整合しない基板上にも高品質な高Ａｌ組成のＡｌＧａＮ層やＡｌＧａＩｎＮ層を低歪みで形成することができ、素子特性の向上をはかることができる。
【図面の簡単な説明】
【図１】第１の実施形態に係わる青色レーザダイオードを示す素子構造断面図。
【図２】第２の実施形態に係わる青色レーザダイオードを示す素子構造断面図。
【図３】第３の実施形態に係わる青色レーザダイオードを示す素子構造断面図。
【図４】　第４の実施形態に係わる青色レーザダイオードを示す素子構造断面図。
【図５】第５の実施形態に係わる青色レーザダイオードを示す素子構造断面図。
【図６】ＡｌＮ上に形成したＧａＮの残留歪みと成長膜厚との関係を示す図。
【符号の説明】
１０１…ＳｉＣ基板（単結晶基板）
１０３…ＡｌＮ単結晶バッファ層
１０５…ＧａＮ格子歪み緩和層
１０７…ｎ型ＡｌＧａＮコンタクト層
１０９…ｎ型ＡｌＧａＮクラッド層
１１１…ＡｌＧａＮ第１光ガイド層
１１２…ＧａＮ活性層
１１３…ＡｌＧａＮ第２光ガイド層
１１４…ｐ型ＡｌＧａＮクラッド層
１１５…ｐ型ＧａＮ中間コンタクト層
１１６…ｎ型ＧａＩｎＮ電流阻止層
１１７…ｐ型ＧａＮコンタクト層
１２１…ｐ側電極
１２２…ｎ側電極

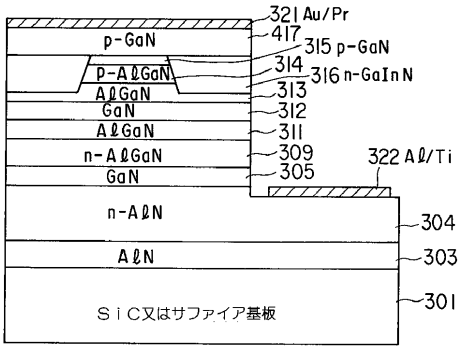
【図１】



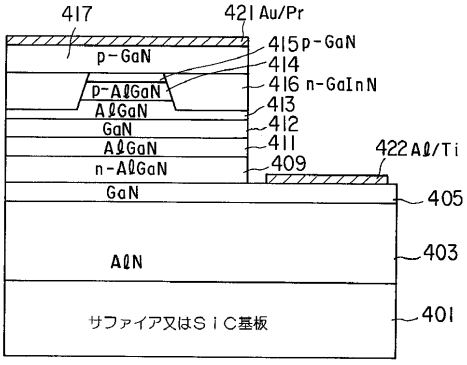
【図２】



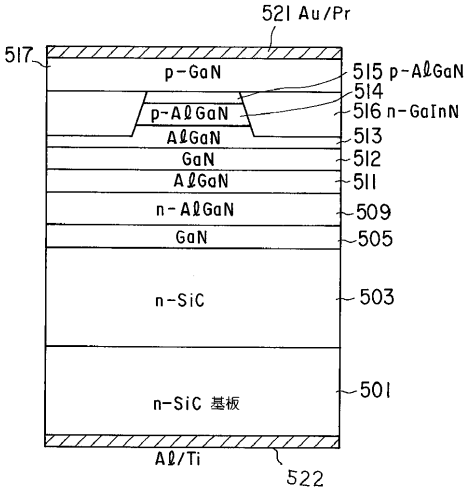
【図３】



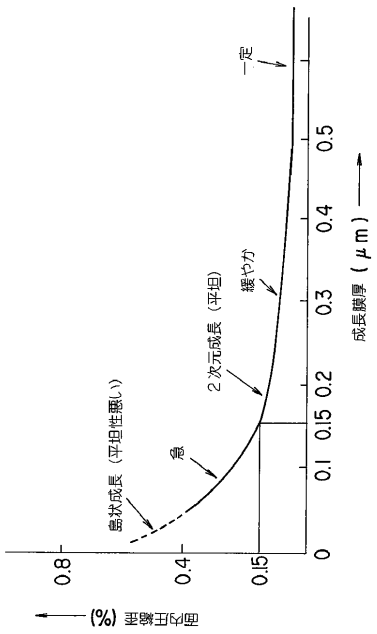
【図４】



【図５】



【図６】



フロントページの続き

(74)代理人 100070437
弁理士 河井 将次
(72)発明者 大場 康夫
神奈川県川崎市幸区小向東芝町１番地 株式会社東芝研究開発センター内
(72)発明者 吉田 博昭
神奈川県川崎市幸区小向東芝町１番地 株式会社東芝研究開発センター内

審査官 松崎 義邦

(56)参考文献 特開平０９－０２７６３６（ＪＰ，Ａ）
国際公開第９５／０１７０１９（WO，Ａ１）
特開平０７－２４９７９５（ＪＰ，Ａ）
特開平０８－０６４８６８（ＪＰ，Ａ）
特開平０７－２３５６９２（ＪＰ，Ａ）
特開平１０－３０３４５８（ＪＰ，Ａ）
特開平１０－３０３５１０（ＪＰ，Ａ）
特開平０５－２１１３４７（ＪＰ，Ａ）
特開平０８－３３０６７７（ＪＰ，Ａ）
特開平０８－０７０１３９（ＪＰ，Ａ）
特開平０８－２７４４１１（ＪＰ，Ａ）
特開平０９－０８３０７９（ＪＰ，Ａ）
Yasuo OHBA他, Growth of High-Quality AlN and AlN/GaN/AlN Heterostructure on Sapphire Substrate, Japanese Journal of Applied Physics, 日本, １９９６年 ８月１５日, Vol. 35, Part 2, No. 8B, 1013-1015

(58)調査した分野(Int.Cl., ＤＢ名)
H01S5/00-5/50
H01L33/00
JST7580(JDream2)
JSTPlus(JDream2)