(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第4072351号
(P4072351)

(45)発行日　平成20年4月9日(2008.4.9)　(24)登録日　平成20年1月25日(2008.1.25)

(51)Int.Cl.			F I		
H01S	***5/042***	***(2006.01)***	H01S	5/042	612
H01S	***5/062***	***(2006.01)***	H01S	5/062	
H01S	***5/323***	***(2006.01)***	H01S	5/323	610

請求項の数 7　(全 13 頁)

(21)出願番号　特願2002-27982(P2002-27982)
(22)出願日　平成14年2月5日(2002.2.5)
(65)公開番号　特開2003-229639(P2003-229639A)
(43)公開日　平成15年8月15日(2003.8.15)
審査請求日　平成17年2月3日(2005.2.3)

(73)特許権者　000002130
住友電気工業株式会社
大阪府大阪市中央区北浜四丁目５番３３号
(73)特許権者　000002185
ソニー株式会社
東京都港区港南１丁目７番１号
(74)代理人　100120640
弁理士　森　幸一
(72)発明者　玉村　好司
東京都品川区北品川６丁目７番３５号　ソニー株式会社内
(72)発明者　元木　健作
大阪府大阪市中央区北浜四丁目５番３３号　住友電気工業株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】窒化物系化合物半導体発光素子

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

半導体結晶基板上に、窒化物系化合物半導体の積層構造を備える窒化物系化合物半導体発光素子であって、

前記半導体結晶基板は低密度欠陥領域と当該低密度欠陥領域内に前記半導体結晶基板面内に周期的に配列された高密度欠陥領域とからなり、

前記高密度欠陥領域は前記半導体結晶基板を貫通し、

第１の電極が前記積層構造上の所定の位置に設けられ、

第２の電極が前記半導体結晶基板の裏面に設けられ、

前記高密度欠陥領域内で欠陥密度が最も高いコア領域を貫通する、又は未貫通するように設けられた孔に埋め込まれた第３の電極を備え、

前記第１の電極と前記第２の電極との間に駆動電流を印加し、かつ前記第１の電極と前記第３の電極との間に電流を供給することにより波長、ノイズ又は光双安定性を制御するようにしたことを特徴とする窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項２】

前記第１の電極と前記第２の電極との間に駆動電流を印加し、かつ前記第１の電極と前記第３の電極との間に高周波電流を印加して、駆動電流に高周波電流を重畳させることによりノイズを低減するようにしたことを特徴とする請求項１に記載の窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項３】

前記窒化物系化合物半導体発光素子が端面出射型の発光素子であって、出射端面に接して前記第３の電極を設け、前記第１の電極と前記第２の電極との間に駆動電流を、前記第１の電極と前記第３の電極との間に駆動電流より電流値の小さい小電流を供給して、前記第２の電極と前記第３の電極とをタンデム型の電極として機能させ、光双安定性を高めるようにしたことを特徴とする請求項１に記載の窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項４】

前記高密度欠陥領域が、前記半導体結晶基板の基板面上で周期的に点在していることを特徴とする請求項１から３のいずれか１項に記載の窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項５】

前記高密度欠陥領域が、前記半導体結晶基板の基板面上で正方形格子状、長方形格子状、及び六方格子状のいずれかの配置で点在していることを特徴とする請求項４に記載の窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項６】

前記高密度欠陥領域が、前記半導体結晶基板の基板面上で相互に離隔して平行に、かつ周期的に配置された線状の高密度欠陥領域であることを特徴とする請求項１から３のいずれか１項に記載の窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項７】

前記線状の高密度欠陥領域は、点状の高密度欠陥領域が相互に接して、又は断続して線状に配置されてなる高密度欠陥領域、又は高密度欠陥領域が連続して線状に延在してなる高密度欠陥領域であることを特徴とする請求項６に記載の窒化物系化合物半導体発光素子。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】

本発明は、窒化物系化合物半導体素子に関し、更に詳細には、結晶欠陥密度が周囲より高い領域として、周期的な基板面上配列で基板を貫通している高密度欠陥領域を有する半導体結晶基板上に、窒化物系化合物半導体の積層構造を備え、一方の電極を基板裏面に、他方の電極を積層構造上にそれぞれ有する窒化物系化合物半導体素子であって、高密度欠陥領域を利用した窒化物系化合物半導体素子に関するものである。

【０００２】

【従来の技術】

ＧａN、ＡｌＧａN、ＧａＩｎN、ＡｌＧａＩｎN、ＡｌＢＧａＩｎNなどのナイトライド化合物半導体（以下、窒化物系化合物半導体と言う）は、ＡｌＧａＩｎＡｓ系やＡｌＧａＩｎＰ系などのIII －Ｖ族化合物半導体に比べて、一般に、バンドギャップエネルギーＥｇが大きく、かつ直接遷移型半導体であるという特徴を有している。

この特徴により、これらの窒化物系化合物半導体は、紫外領域から赤色に至る短波長域の光を発光する半導体レーザ素子や発光ダイオード（ＬＥＤ；Light Emitting Diode）などの半導体発光素子を作製する材料として注目されている。

そして、これらの半導体発光素子は、高密度光ディスクの記録／再生光ピックアップ用の光源、フルカラー・ディスプレイの発光素子、その他、環境・医療などの分野の発光デバイスとして、広く応用されつつある。

【０００３】

また、これらの窒化物系化合物半導体には、例えば高電界域でＧａNの飽和速度が大きいこと、或いはＭＩＳ（Metal-Insulator-Semiconductor ）構造の作製に際し、半導体層として窒化物系化合物半導体を、絶縁層として窒化アルミニウム（ＡｌN）を用い、半導体層及び絶縁層を連続して結晶成長させることが出来るというような特徴がある。

この特徴により、窒化物系化合物半導体素子は、飽和ドリフト速度や静電破壊電圧が大きく、高速動作性、高速スイッチング性、大電流動作性などに優れた電子素子として注目されている。

【０００４】

更に、窒化物系化合物半導体は、（１）熱伝導性がＧａＡｓ系などより高いので、ＧａＡｓ系に比べて高温下の高出力素子の材料として有利である、（２）化学的に安定した材料であり、また硬度も高いので、信頼性の高い素子材料であると評価できる。

【０００５】

一般に、半導体膜を基板上に成長させる時には、成長膜と同類あるいは格子定数の近いバルク基板を基板として用いる。従って、窒化物系半導体素子の場合には、例えば同じ窒化物系半導体からなるＧａＮ基板等が望ましいが、ＧａＮ基板の作製は超高圧、超高温のもとで小さなサイズの基板ができているに過ぎず、実用的に大きなサイズの基板を作製することは極めて困難である。

窒化物系半導体素子の基板としてＳｉＣ基板、ＺｎＯ基板、$MgAl_2O_4$ 基板も使用されてきたが、一般的には、窒化物系半導体素子はサファイア基板上に作製されることが最も多い。

【０００６】

サファイア基板は、高品質かつ安価で２インチ以上のサイズのものが供給されているが、窒化物系半導体の典型であるＧａＮとは、格子不整合と熱膨張係数差が大きいという問題を有する。また、サファイア基板は、劈開性がなく、電気伝導性が小さく電気的に絶縁である。

例えば、サファイアとＧａＮとの格子不整合は約１３％であって大きいので、サファイア基板とＧａＮ層の間に緩衝層を設けて不整合を緩和し、良好な単結晶のＧａＮ層をエピタキシャル成長させるようにしているものの、その欠陥密度は、例えば10^8～10^9 cm^{-2}程度にも達していて、半導体素子の動作信頼性にとって悪影響を与えている。

【０００７】

更に、（１）サファイア基板とＧａＮ層との熱膨張係数の差が大きいので、結晶成長膜が厚いと、室温でも基板反りが大きくなって、クラックの発生が心配される等の素子形成プロセス上で制約が多く、また、（２）サファイア基板には劈開性が無く、鏡面性の高いレーザ端面を安定して形成することが難しい、更には、（３）サファイアが絶縁性のために、ＧａＡｓ系半導体レーザ素子のように基板裏面に一方の電極を設けることが難しく、ｐ側電極及びｎ側電極の双方を基板上の窒化物系化合物半導体の積層構造側に設けることが必要となり、素子面積が広くなり、工程が複雑になる。

【０００８】

そこで、窒化物系化合物半導体、特にＧａＮ系化合物半導体と格子整合するＧａＮ単結晶基板を工業的に容易な方法で作製する研究が盛んに行われている。

その一つとして、例えば、特開２００１－１０２３０７号公報は、気相成長の成長表面が平面状態でなく、三次元的なファセット構造を持つようにし、ファセット構造を持ったまま、ファセット構造を埋め込まないで成長させることにより転位を低減するようにした単結晶窒化ガリウムの結晶成長方法を開示している。

本方法によれば、窓付きマスクを介してＧａＡｓ基板上にＧａＮ単結晶層を成長させ、成長させたＧａＮ単結晶層をスライシングすることにより、ＧａＮ単結晶基板を作製することができる。

【０００９】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、窒化物系化合物半導体素子等の半導体素子は、素子の高機能化、及び新機能化、例えば波長可変化（周波数変調による波長変化を含む）が可能な素子、或いはノイズ低減化された素子などが望まれている。

そして、例えば上述のＧａＮ単結晶基板等の特質を利用して、素子の駆動電源等を複雑化することなく、簡単な工程で、かつ少ない工程数で、これらの新機能素子を作製することが、研究されている。

【００１０】

そこで、本発明の目的は、半導体基板の特質を利用して、新しい機能を備え、簡単な工程で、かつ少ない工程数で作製できる構成を有する窒化物系化合物半導体素子を提供するこ

とである。
【００１１】
【課題を解決するための手段】
本発明者は、上述の課題を解決する研究の過程で、低密度欠陥領域中に高密度欠陥領域が規則的、例えば周期的に配列されている、新規な構成の半導体基板として開発されたＧａＮ単結晶基板に注目した。
このＧａＮ単結晶基板は、特開２００１－１０２３０７号公報に開示された技術を改良し、低密度欠陥領域中に発生する高密度欠陥領域の位置を制御することにより、開発されたものである。
【００１２】
開発された半導体基板の高密度欠陥領域の配列パターンは、自在であって、例えば、図４（ａ）に示すような正方形格子状の配列、図５（ａ）に示すような長方形格子状の配列、図５（ｂ）に示すように六方格子状の配列等がある。図４（ａ）及び（ｂ）は、それぞれ、高密度欠陥領域を説明するＧａＮ基板の平面図及び断面図である。
また、高密度欠陥領域の配列パターンは、上述のような分散型パターンだけではなく、例えば図６（ａ）に示すように、点状の高密度欠陥領域が断続して線状に配置されたもの、更には図６（ｂ）に示すように、高密度欠陥領域が線状に連続しているものも作製可能である。
【００１３】
ここで、ＧａＮ単結晶基板の作製方法を説明する。
ＧａＮ単結晶の基本的な結晶成長メカニズムは、ファセット面からなる斜面を有して成長し、そのファセット面斜面を維持して、成長することで、転位を伝播させ、所定の位置に転位を集合させる。このファセット面により成長した領域は、転位の移動により、低欠陥領域となる。
一方、そのファセット面斜面下部には、明確な境界を持った高密度の欠陥領域を有して成長が行われ、転位は、高密度の欠陥領域の境界あるいはその内部に集合し、ここで消滅あるいは蓄積する。
【００１４】
この高密度の欠陥領域の形状によって、ファセット面の形状も異なる。欠陥領域が、ドット状の場合は、そのドットを底として、ファセット面が取り巻き、ファセット面からなるピットを形成する。
また、欠陥領域が、ストライプ状の場合は、ストライプを谷底として、その両側にファセット面傾斜面を有し、横に倒した３角形のプリズム状のファセット面となる。
【００１５】
この高密度の欠陥領域は、いくつかの状態があり得る。例えば、多結晶からなる場合がある。また、単結晶であるが、周りの低欠陥領域に対して、微傾斜している場合もある。また、周りの低欠陥領域に対して、Ｃ軸が反転している場合もある。こうして、この高密度の欠陥領域は、明確な、境界を有しており、周りと区別される。
この高欠陥密度領域を有して成長することにより、その周りの、ファセット面を埋め込むことなく、ファセット面を維持して成長を進行することができる。
その後、ＧａＮ成長層の表面を研削、研磨を施すことにより、表面を平坦化し、基板として、使用できる形態とすることができる。
【００１６】
この高密度の欠陥領域を形成する方法は、下地基板上に、ＧａＮを結晶成長する際に、高密度欠陥領域を形成する場所に、種を予め形成しておくことにより、発生させることができる。その種としては、種となる微小領域に非晶質、あるいは多結晶の層を形成する。その上から、ＧａＮを成長することで、丁度その種の領域に、高密度の欠陥領域を形成することが出来る。
【００１７】
ＧａＮ単結晶基板の具体的な製造方法としては、次の通りである。まず、ＧａＮ層を成長

させる下地基板を用いる。下地基板は、必ずしも特定せず、一般的なサファイア基板でも良いが、後工程で下地基板を除去することを考慮すると、ＧａＡｓ基板等が好ましい。
下地基板の上に、例えば、SiO_2層からなる種を規則的に、例えば周期的に形成する。種の形状は、高密度欠陥領域の配列、形状に従って、ドット状、あるいはストライプ状である。
その後、Hydride Vapor Phase Epitaxy(ＨＶＰＥ)にて、ＧａＮを厚膜成長する。成長後、表面には、種のパターン形状に応じた、ファセット面が形成される。例えば、種がドット状のパターンの場合は、ファセット面からなるピットが規則正しく形成され、種がストライプ状の場合は、プリズム状のファセット面が形成される。

【００１８】

ＧａＮ層を成長させた後、下地基板を除去し、さらに、ＧａＮの厚膜層を、研削加工、研磨加工して表面を平坦化する。それによって、ＧａＮ基板を製造することができる。ＧａＮ基板の厚さは、自由に設定出来る。
この様にして作製された、ＧａＮ基板は、Ｃ面が主面であり、その中に、所定のサイズのドット状あるいはストライプ状の高欠陥密度領域が規則正しく、形成された基板となっている。高欠陥密度領域以外の単結晶領域は、高欠陥密度領域に比べ、転位密度が著しく低い低転位密度領域となっている。

【００１９】

本発明者は、上述の新規な構成の半導体基板の基板特質を利用して、つまり結晶欠陥が多いために、本来、窒化物系化合物半導体素子の構成要素として取り扱うことができない領域である上述のＧａＮ基板の高密度欠陥領域を利用して、第３の電極を設け、積層構造上の電極と第３の電極との間に電流を供給することにより、窒化物系化合物半導体素子の素子特性、例えば波長或いはノイズを制御することを着想し、実験の末に、本発明を発明するに到った。
以上の説明では、半導体レーザ素子を例にして説明したが、これは、窒化物系化合物半導体素子全般に該当することである。

【００２０】

上記目的を達成するために、本発明に係る窒化物系化合物半導体素子は、結晶欠陥密度が周囲より高い領域として、周期的な基板面上配列で基板を貫通している高密度欠陥領域を有する半導体結晶基板上に、窒化物系化合物半導体の積層構造を備え、第１及び第２の電極が積層構造上の所定の位置に設けられた窒化物系化合物半導体素子であって、
基板が、高密度欠陥領域内で欠陥密度が最も高いコア領域の基板を貫通する、又は未貫通するように設けられた孔に埋め込まれた第３の電極を備え、
他方の電極と第３の電極と間に電流を供給することにより素子特性を制御するようにしたことを特徴としている。

【００２１】

半導体素子とは、半導体レーザ素子、半導体発光ダイオード、半導体電子素子等の素子であって、積層構造の所定の位置に設けられた２つ以上の電極を介して積層構造に駆動電流を注入することにより、一意的な素子特性を示す素子である。尚、電極の所定位置とは、半導体素子の性能を高めるために最適な位置を言う。

【００２２】

本発明で、貫通孔、或いは盲孔の径は、任意であって、第３の電極を孔内に設けることができる限り、制約はない。尚、コア領域に開孔する孔が貫通孔であることは、必ずしも必要でなく、基板途中までの盲孔でも良い。
尚、高密度欠陥領域は、基板に貫通する柱状の領域であり、高密度欠陥領域の断面形状は任意である。

【００２３】

本発明の窒化物系化合物半導体素子は、窒化物系半導体レーザ素子、窒化物系半導体発光ダイオード、窒化物系化合物半導体電子素子等を含む概念である。
また、半導体結晶基板とは、結晶欠陥密度が周囲より高い領域として、周期的な基板面上

配列で基板を貫通している高密度欠陥領域を有する限り、その組成に制約はない。
窒化物系化合物半導体とは、$Al_a B_b Ga_c In_d N$（a＋b＋c＋d＝1、0≦a、b、c、d≦1）を言う。
【００２４】
本発明に係る窒化物系化合物半導体素子は、他方の電極と第３の電極と間に電流を供給することにより波長、ノイズ、光双安定性等の素子特性を制御することができる。
本発明に係る窒化物系化合物半導体素子は、コンパクトな構成で、しかも素子特性を制御するという従来にない機能を備え、しかも、簡易な工程で作製できる素子である。
【００２５】
半導体レーザ素子の雑音は、自然放出光と関連し、不安定な発振モードやモード間競合により発生している。従来、雑音を低減するため、種々の方法により単一縦モード化することが行われているが、高周波重畳による方法が提案されている。例えば周波数数百ＭＨｚ～数ＧＨｚの高周波を半導体レーザ素子の駆動電流に重畳すると、安定した多モード発振になり、モードホッピング雑音が減少する。
そこで、本発明の好適な実施態様では、窒化物系化合物半導体素子が発光素子であるとき、他方の電極と一方の電極との間に駆動電流を印加し、かつ他方の電極と第３の電極との間に高周波電流を印加して、駆動電流に高周波電流を重畳させることより発光素子のノイズを低減させる。即ち、第３電極に高周波重畳をすることによりモードホッピング雑音を低減できることができる。
【００２６】
また、本発明の別の好適な実施態様では、窒化物系化合物半導体素子が端面出射型の発光素子であるとき、出射端面に接して第３の電極を設け、他方の電極と一方の電極との間に駆動電流を、他方の電極と第３の電極との間に駆動電流より小さい小電流を供給して、一方の電極と第３の電極とをタンデム型の電極として機能させ、発光素子の光双安定性を高める。
【００２７】
本実施態様の一方の電極と他方の電極とで挟まれた積層構造では、他方の電極から一方の電極に電流を供給することにより、光が増幅される一方、他方の電極から第３の電極に供給された小電流により出射端面近傍領域は、光が吸収されて過飽和吸収体となる。
他方の電極から第３の電極に供給する電流を一定にし、他方の電極から一方の電極に従来通り駆動電流を供給すると、発振前は、出射端面近傍領域の光吸収が大きいが、発振後は、出射端面近傍領域の光吸収が飽和するので、閾値電流が減少してヒステリシスができる。これにより、発光素子の光双安定性を高めることができる。
【００２８】
本発明では、高密度欠陥領域の配列パターンは自在であって、具体的には、高密度欠陥領域が、半導体結晶基板の基板面上で周期的に、例えば正方形格子状、長方形格子状、及び六方格子状のいずれかの配置で点在していても良い。
また、高密度欠陥領域が、半導体結晶基板の基板面上で相互に離隔して平行に、かつ周期的に配置された線状の高密度欠陥領域であって、点状の高密度欠陥領域が相互に接して、又は断続して線状に配置されてなる高密度欠陥領域、又は高密度欠陥領域が連続して線状に延在してなる高密度欠陥領域であっても良い。
【００２９】
【発明の実施の形態】
以下に、添付図面を参照し、実施形態例を挙げて本発明の実施の形態を具体的かつ詳細に説明する。尚、以下の実施形態例で示す成膜方法、化合物半導体層の組成及び膜厚、プロセス条件等は、本発明の理解を容易にするための一つの例示であって、本発明はこの例示に限定されるものではない。
実施形態例１
本実施形態例の窒化物系化合物半導体素子は、第３の電極を備えた本発明に係る窒化物系化合物半導体素子を窒化物系半導体レーザ素子に適用した実施形態例であって、図１は本

実施形態例の窒化物系半導体レーザ素子の構成を示す断面図である。
本実施形態例の窒化物系半導体レーザ素子１０が形成されるＧａＮ基板７６は、図４（ａ）及び（ｂ）に示すように、結晶欠陥密度が周囲の領域より高い、いわゆる高密度欠陥領域７８がＧａＮ基板７６を貫通して、かつ、平面的には基板面上で周期的な正方形格子状配列で存在しているという特質を有している。尚、次に説明するｎ型ＧａＮ基板１２は、図７（ａ）に示すように、ＧａＮ基板７６の一部である。また、８０は、レーザストライプを示す。
【００３０】
本実施形態例の窒化物系半導体レーザ素子１０は、図１に示すように、ｎ型ＧａＮ基板１２上に、膜厚３．０μｍのＳｉドープｎ型ＧａＮ層１４、膜厚０．５μｍのＳｉドープｎ型ＡｌＧａＮクラッド層１６、膜厚０．１μｍのＳｉドープｎ型ＧａＮ光導波層１８、$Ga_{1-x}In_xN$（井戸層）および$Ga_{1-y}In_yN$（障壁層）よりなる多重量子井戸構造を有する膜厚４０ｎｍの活性層２０、膜厚０．１μｍのＭｇドープｐ型ＧａＮ光導波層２２、膜厚０．５μｍのＭｇドープｐ型ＡｌＧａＮクラッド層２４、及び膜厚０．５μｍのＭｇドープｐ型ＧａＮコンタクト層２６の積層構造を備えている。
【００３１】
Ｍｇドープｐ型ＧａＮコンタクト層２６上には、Ｐｄ（パラジウム）、Ｐｔ（白金）、Ａｕ（金）を順次蒸着させてなる多層金属膜のストライプ状ｐ側電極２８、及びｎ型ＧａＮ基板１２の裏面には、Ｔｉ（チタン）、Ｐｔ（白金）、Ａｕ（金）を順次蒸着させてなる多層金属膜のストライプ状ｎ側電極３０が設けてある。
【００３２】
ところで、本実施形態例では、ｎ型ＧａＮ基板１２の高密度欠陥領域のコア部１２ａの一方の列には、図１に示すように、直径５０μｍの貫通孔３２が設けられている。コア部１２ａは、高密度欠陥領域のなかでも、特に結晶欠陥密度が高い部位であり、コア部１２ａと隣のコア部１２ａとの間の領域は、低密度欠陥領域である。
そして、ｎ側電極３０は、貫通孔を開けていないコア部１２ａと貫通孔３２の間に位置するように設けてあり、また、ｐ側電極２８は、ｎ側電極３０の丁度真上に設けてある。
【００３３】
第３の電極３４は、貫通孔３２に設けてある。
本実施形態例では、従来通り、ｐ側電極２８とｎ側電極３０との間に駆動電流を印加しつつ、ｐ側電極２８と第３の電極３４との間に周波数数百ＭＨｚ～数ＧＨｚの高周波電流を印加する。駆動電流に高周波電流を重畳させることより、モードホッピング雑音を低減させることができる。
【００３４】
窒化物系化合物半導体素子の作製方法の実施形態例
本実施形態例は、第１の発明方法に係わる窒化物系化合物半導体素子の作製方法を上述の窒化物系半導体レーザ素子１０の作製に適用した実施形態の一例であって、図２（ａ）から（ｃ）は、それぞれ、本実施形態例の方法により半導体レーザ素子を作製する際の工程毎の断面図又は斜視図である。
先ず、図２（ａ）に示すように、結晶欠陥密度が周囲の領域より高い高密度欠陥領域を周期的に有するｎ型ＧａＮ基板１２の高密度欠陥領域のコア部１２ａの一方の列に貫通孔３２を設ける。コア部１２ａは、高密度欠陥領域内でも特に結晶欠陥密度が高い部分であり、コア部１２ａとコア部１２ａとの間の領域は結晶欠陥密度が低い低密度欠陥領域である。
貫通孔３２を開孔するに当たっては、結晶欠陥密度の大小を利用して、ＫＯＨ又はリン酸をエッチャントとして用いたウエットエッチングによりコア部１２ａを貫通する直径５０μｍの貫通孔３２を容易に形成することができる。尚、本実施形態例では、コア部１２ａの径より貫通孔３２の径が小さい。
【００３５】
貫通孔３２を開孔する際のエッチング方法は、ＫＯＨ又はリン酸をエッチャントとして用

いたウエットエッチング法に限らず、ドライエッチング法或いはサーマルエッチング法を適用することができる。

【００３６】

次に、ｎ型ＧａＮ基板１２上に、図２（ｂ）のように、例えばＭＯＣＶＤ法（Metalorganic Chemical Vapor Deposition：有機金属化学気相成長法）により、例えば成長温度１０００℃で、順次、Ｓｉドープｎ型ＧａＮ層１４を膜厚３．０μｍ、Ｓｉドープｎ型ＡｌＧａＮクラッド層１６を膜厚０．５μｍ、Ｓｉドープｎ型ＧａＮ光導波層１８を膜厚０．１μｍ成長させる。

続いて、成長温度８００℃で、例えば$Ga_{1-x}In_xN$（井戸層）および$Ga_{1-y}In_yN$（障壁層）よりなる多重量子井戸構造を有する活性層２０を膜厚４０ｎｍ成長させる。

更に、成長温度１０００℃で、順次、Ｍｇドープｐ型ＧａＮ光導波層２２を０．１μｍ、Ｍｇドープｐ型ＡｌＧａＮクラッド層２４を膜厚０．５μｍ、及びＭｇドープｐ型ＧａＮコンタクト層２６を膜厚０．５μｍ成長させる。

【００３７】

上述のＧａＮ系化合物半導体層の成長工程では、例えば、アルミニウム（Ａｌ）の原料ガスとして、トリメチルアルミニウム（$(CH_3)_3Al$）、ガリウム（Ｇａ）の原料ガスとして、トリメチルガリウム（$(CH_3)_3Ga$）またはトリエチルガリウム（$(C_2H_5)_3Ga$）、インジウム（Ｉｎ）の原材料ガスとして、トリメチルインジウム（$(CH_3)_3In$）をそれぞれ用いることができる。

また、窒素の原料ガスとして、アンモニアガス（NH_3）、ケイ素の原料ガスとして、モノシランガス（SiH_4）、及び、マグネシウムの原料ガスとして、メチルビス＝シクロペンタジエニルマグネシウム（$MeCP_2Mg$）、またはビス＝シクロペンタジエニルマグネシウム（CP_2Mg）をそれぞれ用いることができる。

【００３８】

次に、図２（ｃ）に示すように、ｐ型コンタクト層２６の上に例えばパラジウム、白金、金を順次蒸着して、ストライプ状のｐ側電極２８を形成する。次いで、ｎ型ＧａＮ基板１２の裏面を研磨して薄板化し、続いて基板裏面に、例えばチタン、白金、金を順次蒸着してストライプ状のｎ側電極３０を形成する。更に、貫通孔３２に第３の電極３４を設ける。

所定の大きさに劈開し、共振器端面に端面反射膜（図示せず）を成膜することにより、図１に示す窒化物系半導体レーザ素子１０を完成することができる。

【００３９】

実施形態例２

本実施形態例の窒化物系化合物半導体素子は、第３の電極を備えた本発明に係る窒化物系化合物半導体素子を窒化物系半導体レーザ素子に適用した実施形態例であって、図３は本実施形態例の窒化物系半導体レーザ素子の構成を示す断面図である。

本実施形態例の窒化物系半導体レーザ素子４０は、図３に示すように、出射端面４２に接して第３の電極４４が設けてあること、つまり、チップ化の際、第３の電極４４が出射端面４２に接するように、劈開されていることを除いて、実施形態例１の窒化物系半導体レーザ素子１０と同じ構成を備えている。

【００４０】

本実施形態例では、ｐ側電極２８からｎ側電極３０に駆動電流を供給し、ｐ側電極２８から第３の電極４４に駆動電流より電流値が小さい小電流を供給して、ｎ側電極３０及び第３の電極４４とをタンデム型の電極として機能させ、発光素子の光双安定性を高める。

ｐ側電極２８とｎ側電極３０とで挟まれた積層構造では、ｐ側電極２８からｎ側電極３０に電流を供給することにより、光が増幅される。一方、出射端面４２の近傍領域では、ｐ側電極２８から第３の電極４４に供給された小電流により、光が吸収されて過飽和吸収体となる。

第３の電極４４に供給する電流を一定にし、ｐ側電極２８からｎ側電極３０に従来通り駆動電流を供給すると、発振前は、出射端面４２の近傍領域の光吸収が大きいが、発振後は

、出射端面４２の近傍領域の光吸収が飽和するので、閾値電流が減少して、ヒステリシスができる。これにより、発光素子の光双安定性を高めることができる。

【００４１】

化合物半導体層のエピタキシャル成長は、ＭＯＣＶＤ法によらず、ＭＢＥ（Molecular Beam Epitaxy）法等によって形成することもできるなど、本発明の技術的範囲内である限り、種々の変更を行うことができる。

また、コア部１２ａを開孔する孔として貫通孔３２を例に挙げたが、必ずしも、貫通孔である必要はなく、基板途中まで穿孔した盲孔でも良い。

【００４２】

上述の実施形態例では、ＧａＮ基板として、高密度欠陥領域が正方形格子状に配列されているＧａＮ基板７６を用いているが、これに限らず、例えば図７（ｂ）に示すように、高密度欠陥領域が長方形格子状に配置されているＧａＮ基板８２、更には図７（ｃ）に示すように、高密度欠陥領域が六方格子状に配置されているＧａＮ基板８４を用いることができる。

更には、図８（ａ）及び（ｂ）に示すように、高密度欠陥領域が線状に配置されているＧａＮ基板８６、８８を用いることができる。図７及び図８は高密度欠陥領域とレーザストライプとの位置関係を示している。尚、図７及び図８中、８０はレーザストライプである。

【００４３】

【発明の効果】

本発明によれば、基板の高密度欠陥領域内で、欠陥密度が最も高いコア領域の基板を貫通する、又は未貫通するように設けた孔に第３の電極を設け、他方の電極と第３の電極と間に電流を供給することにより、波長、ノイズ、光双安定性等の素子特性を制御する。

これにより、コンパクトな構成で、しかも素子特性を制御するという従来にない機能を備え、簡易な工程で作製できる窒化物系化合物半導体素子を実現している。

【図面の簡単な説明】

【図１】実施形態例１のＧａＮ系半導体レーザ素子の構成を示す断面図である。

【図２】図２（ａ）から（ｃ）は、それぞれ、実施形態例１のＧａＮ系半導体レーザ素子を作製する際の工程毎の断面図又は斜視図である。

【図３】実施形態例２のＧａＮ系半導体レーザ素子の構成を示す断面図である。

【図４】図４（ａ）及び（ｂ）は、高密度欠陥領域を説明するＧａＮ基板の平面図及び断面図である。

【図５】図５（ａ）及び（ｂ）は、それぞれ、長方形格子状の配列、及び六方格子状の配列を示す図である。

【図６】図６（ａ）及び（ｂ）は、それぞれ、点状の高密度欠陥領域が断続して線状に配置された配列、高密度欠陥領域が線状に連続して配列を示す図である。

【図７】図７（ａ）から（ｃ）は、それぞれ、高密度欠陥領域が、正方形格子状配置、長方形格子状配置、及び六方格子状配置のＧａＮ基板でのＧａＮ系半導体レーザ素子の区画を示す図である。

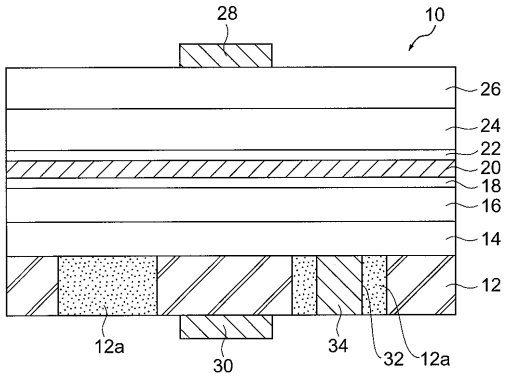
【図８】図８（ａ）及び（ｂ）は、それぞれ、高密度欠陥領域が線状に配置されているＧａＮ基板でのＧａＮ系半導体レーザ素子の区画を示す図である。

【符号の説明】

１０……実施形態例１のＧａＮ系半導体レーザ素子、１２……ｎ型ＧａＮ基板、１２ａ……コア部、１４……Ｓｉドープｎ型ＧａＮ層、１６……Ｓｉドープｎ型ＡｌＧａＮクラッド層、１８……Ｓｉドープｎ型ＧａＮ光導波層、２０……$Ga_{1-x}In_xN$（井戸層）および$Ga_{1-y}In_yN$（障壁層）よりなる多重量子井戸構造を有する活性層、２２……Ｍｇドープｐ型ＧａＮ光導波層、２４……Ｍｇドープｐ型ＡｌＧａＮクラッド層、２６……Ｍｇドープｐ型ＧａＮコンタクト層、２８……ｐ側電極、３０……ｎ側電極、３２……貫通孔、３４……第３の電極、４０……実施形態例２のＧａＮ系半導体レーザ素子、４２……出射端面、４４……第３の電極、７６……ＧａＮ基板、７８……高密度欠陥領域、８０……

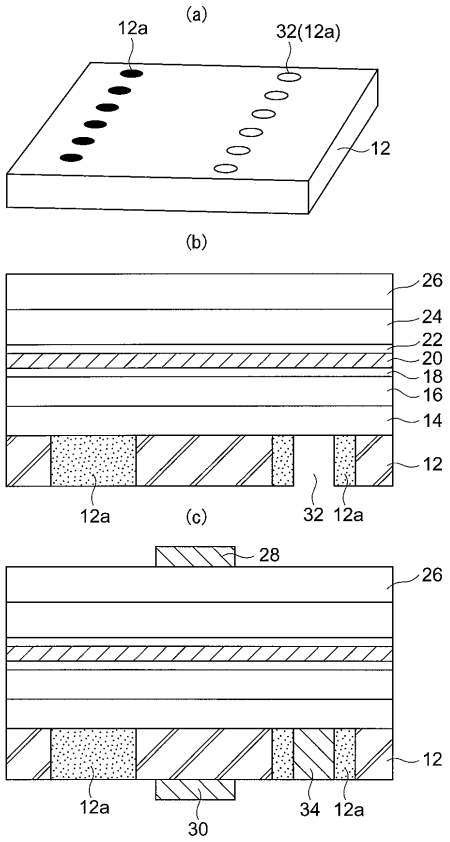
レーザストライプ、８２……高密度欠陥領域が長方形格子状に配置されているＧａＮ基板、８４……高密度欠陥領域が六方格子状に配置されているＧａＮ基板、８６、８８……高密度欠陥領域が線状に配置されているＧａＮ基板。

【図１】

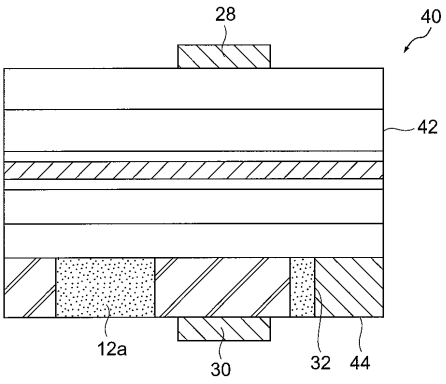


10　実施形態例1のGaN系半導体レーザ素子
12　n型GaN基板
12a　コア部
14　Siドープn型GaN層
16　Siドープn型A1GaNクラッド層
18　Siドープn型GaN光導波層
20　$Ga_{1-x}In_xN$（井戸層）および$Ga_{1-y}In_yN$(障壁層)よりなる多重量子井戸構造を有する活性層
22　Mgドープp型GaN光導波層
24　Mgドープp型A1GaNクラッド層
26　Mgドープp型GaNコンタクト層
28　p側電極
30　n側電極
32　貫通孔
34　第3の電極

【図２】

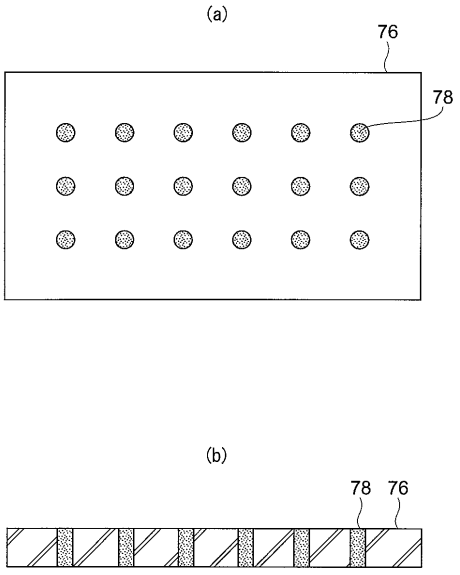


【図３】

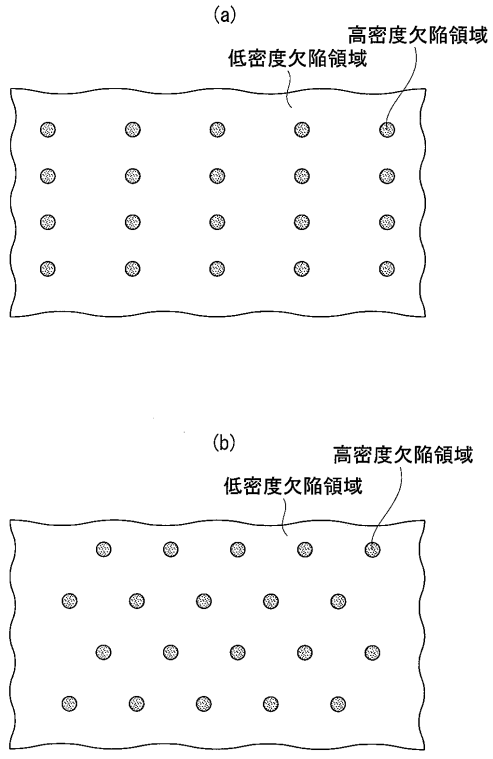


40　実施形態例2の半導体レーザ素子
42　出射端面
44　第3の電極
12　n型GaN基板
12a　コア部
14　Siドープn型GaN層
16　Siドープn型A1GaNクラッド層
18　Siドープn型GaN光導波層
20　$Ga_{1-x}In_xN$（井戸層）および$Ga_{1-y}In_yN$(障壁層)よりなる多重量子井戸構造を有する活性層
22　Mgドープp型GaN光導波層
24　Mgドープp型A1GaNクラッド層
26　Mgドープp型GaNコンタクト層
28　p側電極
30　n側電極
32　貫通孔

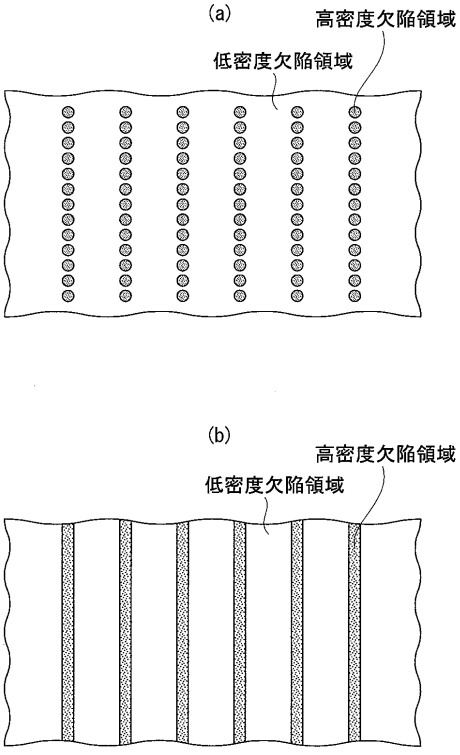
【図４】



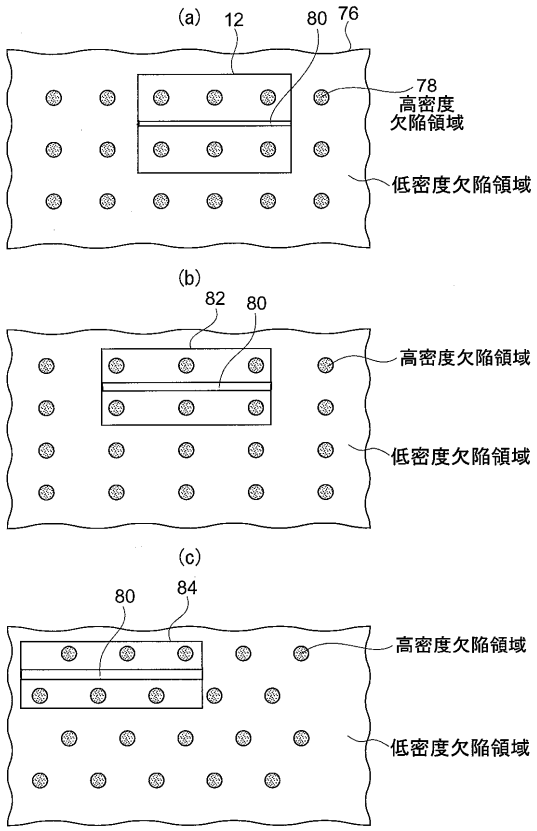
【図５】



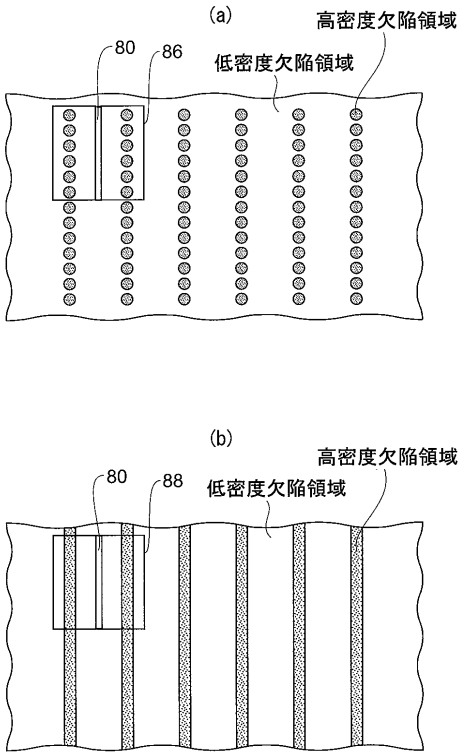
【図６】



【図７】


(a)
12
80
76
78
高密度
欠陥領域
低密度欠陥領域
(b)
82
80
高密度欠陥領域
低密度欠陥領域
(c)
80
84
高密度欠陥領域
低密度欠陥領域

【図８】


(a)
高密度欠陥領域
80
86
低密度欠陥領域
(b)
高密度欠陥領域
80
88
低密度欠陥領域

フロントページの続き

審査官　古田　敦浩

(56)参考文献　国際公開第０３／０４４８７２（WO，Ａ１）
特開平０８－２５５９２６（ＪＰ，Ａ）
特開平０１－２８０３６８（ＪＰ，Ａ）

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