【公報種別】特許法第１７条の２の規定による補正の掲載
【部門区分】第７部門第２区分
【発行日】平成16年11月18日(2004.11.18)

【公開番号】特開2002-270968(P2002-270968A)
【公開日】平成14年9月20日(2002.9.20)
【出願番号】特願2002-34969(P2002-34969)
【国際特許分類第７版】
　Ｈ０１Ｓ　5/323
【ＦＩ】
　Ｈ０１Ｓ　5/323　６１０

【手続補正書】
【提出日】平成15年11月20日(2003.11.20)
【手続補正１】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】全文
【補正方法】変更
【補正の内容】
【発明の名称】窒化物半導体素子の製造方法
【特許請求の範囲】
【請求項１】サファイア基板の上に、窒化物半導体層を成長させて、窒化物半導体層の総膜厚６μｍ以上で窒化物半導体素子構造を形成する積層工程と、
　前記窒化物半導体層をエッチングして、露出された窒化物半導体層平面に窒化物半導体の凸部を形成するエッチング工程と、
　前記凸部の窒化物半導体において活性層が含まれる位置で、窒化物半導体を劈開する分割工程と、
を備えることを特徴とする窒化物半導体素子の製造方法。
【請求項２】Ｃ面サファイア基板の上に、窒化物半導体層を成長させて、窒化物半導体層の総膜厚６μｍ以上で窒化物半導体素子構造を形成する積層工程と、
　前記窒化物半導体において活性層が含まれる位置であって、サファイア基板のＡ面若しくはＭ面で分割して、窒化物半導体を劈開する分割工程と、
を備えることを特徴とする窒化物半導体素子の製造方法。
【請求項３】前記分割工程より前に、基板の厚さを１００μｍ以下にする研磨工程を備えることを特徴とする請求項１又は２記載の窒化物半導体素子の製造方法。
【請求項４】前記分割工程が、前記サファイア基板の裏面を研磨して鏡面状にした後、該鏡面状の裏面をサファイア基板のＡ面に沿ってスクライブして、基板を押し割ることを特徴とする請求項１乃至３記載の窒化物半導体素子の製造方法。
【請求項５】前記積層工程において、窒化物半導体のｎ型層、活性層、ｐ型層を積層したレーザ素子構造であって、前記エッチング工程によりｎ型層が露出されて活性層を含む窒化物半導体層の凸部が設けられ、前記分割工程による劈開面を共振面とすることを特徴とする請求項１乃至４記載の窒化物半導体素子の製造方法。
【請求項６】前記エッチング工程において、前記ｐ型層にストライプ状のリッジを形成することを特徴とする請求項５記載の窒化物半導体素子の製造方法。
【請求項７】前記積層工程において、ｎ型層、活性層、ｐ型層を積層したレーザ素子構造とし、
　前記エッチング工程において、エッチング端面を形成して該レーザ素子の共振面とし、
　前記分割工程において、エッチングにより連続してできた互いに対向する共振面と共振面との間であって、一方のレーザ素子の共振面と、もう一方のレーザ素子の共振面との間を分割位置とし、前記エッチング工程により露出したｎ型層表面で共振面より突出した基

板を含む部分が共振面より出射されるレーザ光を遮らないように、該分割位置を一方の共振面に接近した位置に設定して、サファイア基板を分割することを特徴とする請求項１乃至６記載の窒化物半導体素子の製造方法。
【請求項８】前記積層工程において、ｎ型層、活性層、ｐ型層を積層したレーザ素子構造とし、
前記エッチング工程において、エッチング端面を形成して該レーザ素子の共振面とし、
前記分割工程において、エッチングにより連続してできた互いに対向する共振面と共振面との間であって、一方の分割位置を、一方のレーザ素子の共振面と、もう一方のレーザ素子の共振面との間とし、もう一方の分割位置を活性層が含まれる窒化物半導体層として、サファイア基板を分割することを特徴とする請求項１乃至６記載の窒化物半導体素子の製造方法。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
本発明は窒化物半導体（$In_XAl_YGa_{1-X-Y}N$、０≦Ｘ、０≦Ｙ、Ｘ＋Ｙ≦１）よりなる窒化物半導体素子の製造方法に係り、特に少なくとも一方の共振面がエッチングにより形成された窒化物半導体素子の製造方法に関する。
【０００２】
【従来の技術】
一般に化合物半導体よりなるレーザ素子には、活性層の発光を半導体層内部で共振させるための共振面が必要である。現在実用化されている赤外、赤色等の長波長発光半導体レーザは、例えばＧａＡｌＡｓ、ＧａＡｌＡｓＰ、ＧａＡｌＩｎＰ等の材料よりなり、これらの材料は例えばＧａＡｓ基板の上に成長される。ＧａＡｓは材料自体に劈開性があるので、前記長波長半導体レーザの共振面はこのＧａＡｓ基板の劈開性を利用した劈開面とされることが多い。
【０００３】
一方、窒化物半導体は例えばサファイア（Al_2O_3）のような劈開性がほとんどない基板の上に成長されることが多いため、基板を劈開して、窒化物半導体の劈開面を共振面とすることは難しい。一方、エッチングにより窒化物半導体の共振面を形成する方法もあるが、エッチングにより共振面を形成した後、基板をダイシング、スクライビング等で分割すると、共振面から突出した基板の平面が出射光を反射、及び透過させるため、出射レーザ光のビーム出射方向が、基板水平面に対して斜めになってしまうという問題がある。つまりレーザ光のファーフィールドパターンが乱されてしまい、例えば楕円形状のレーザビームが得られない。ファーフィールドパターンが乱れると、レーザ光とレンズとの結合が難しくなり、光源として使いにくい。
【０００４】
【発明が解決しようとする課題】
従って、本発明の目的とするところは、劈開の難しいサファイア基板の上に成長された窒化物半導体に共振面が形成されて、楕円状のファーフィールドパターン形状を有するレーザビームが得られる窒化物半導体素子の製造方法を提供することにある。
【０００５】
【課題を解決するための手段】
本発明の窒化物半導体素子の製造方法は、サファイア基板の上に、窒化物半導体層を成長させて、窒化物半導体層の総膜厚６μｍ以上で窒化物半導体素子構造を形成する積層工程と、前記窒化物半導体層をエッチングして、露出された窒化物半導体層平面に窒化物半導体の凸部を形成するエッチング工程と、前記凸部の窒化物半導体において活性層が含まれる位置で、窒化物半導体を劈開する分割工程とを備えることを特徴とする。
【０００６】
共振面と共振面との間で基板を分割する工程はサファイア基板の劈開工程であることが好ましい。またこの方法では、分割と同時に、エッチングによりできた共振面より突出した

基板を含む部分が、共振面より出射されるレーザ光を遮らないようにする。
【０００７】
また本発明の他の窒化物半導体素子の製造方法は、Ｃ面サファイア基板の上に、窒化物半導体層を成長させて、窒化物半導体層の総膜厚６μｍ以上で窒化物半導体素子構造を形成する積層工程と、前記窒化物半導体において活性層が含まれる位置であって、サファイア基板のＡ面若しくはＭ面で分割して、窒化物半導体を劈開する分割工程とを備えることを特徴とする。
【０００８】
さらに、本発明の他の窒化物半導体素子の製造方法は、前記分割工程より前に、基板の厚さを１００μｍ以下にする研磨工程を備えることを特徴とする。
【０００９】
さらにまた、本発明の他の窒化物半導体素子の製造方法は、前記分割工程が、前記サファイア基板の裏面を研磨して鏡面状にした後、該鏡面状の裏面をサファイア基板のＡ面に沿ってスクライブして、基板を押し割ることを特徴とする。
【００１０】
さらにまた、本発明の他の窒化物半導体素子の製造方法は、前記積層工程において、窒化物半導体のｎ型層、活性層、ｐ型層を積層したレーザ素子構造であって、前記エッチング工程によりｎ型層が露出されて活性層を含む窒化物半導体層の凸部が設けられ、前記分割工程による劈開面を共振面とすることを特徴とする。
【００１１】
さらにまた、本発明の他の窒化物半導体素子の製造方法は、前記エッチング工程において、前記ｐ型層にストライプ状のリッジを形成することを特徴とする。
【００１２】
さらにまた、本発明の他の窒化物半導体素子の製造方法は、前記積層工程において、ｎ型層、活性層、ｐ型層を積層したレーザ素子構造とし、前記エッチング工程において、エッチング端面を形成して該レーザ素子の共振面とし、前記分割工程において、エッチングにより連続してできた互いに対向する共振面と共振面との間であって、一方のレーザ素子の共振面と、もう一方のレーザ素子の共振面との間を分割位置とし、前記エッチング工程により露出したｎ型層表面で共振面より突出した基板を含む部分が共振面より出射されるレーザ光を遮らないように、該分割位置を一方の共振面に接近した位置に設定して、サファイア基板を分割することを特徴とする。
【００１３】
さらにまた、本発明の他の窒化物半導体素子の製造方法は、前記積層工程において、ｎ型層、活性層、ｐ型層を積層したレーザ素子構造とし、前記エッチング工程において、エッチング端面を形成して該レーザ素子の共振面とし、前記分割工程において、エッチングにより連続してできた互いに対向する共振面と共振面との間であって、一方の分割位置を、一方のレーザ素子の共振面と、もう一方のレーザ素子の共振面との間とし、もう一方の分割位置を活性層が含まれる窒化物半導体層として、サファイア基板を分割することを特徴とする。
【００１４】
【発明の実施の形態】
本発明の第１の工程では、窒化物半導体をエッチングして、活性層のエッチング端面に共振面を形成する。エッチング端面は基板に対してほぼ垂直となるようにすることが望ましい。エッチング手段としては、例えば反応性イオンエッチング（ＲＩＥ）、反応性イオンビームエッチング（ＲＩＢＥ）、イオンミリング等のドライエッチング手段を好ましく用いることができ、エッチングガスを適宜選択することにより、エッチングレートを制御して、エッチング端面が平滑で、互いにほぼ平行な共振面を作製できる。図１は本発明の第１の工程による窒化物半導体ウェーハの構造を示す模式的な断面図であり、１はＣ面を主面とするサファイア基板、２はｎ型窒化物半導体層（以下、ｎ型層という。）、３は活性層、４はｐ型窒化物半導体層（以下、ｐ型層という。）を示している。この図はＣ面を主

面とするサファイア基板１の上に窒化物半導体層を積層したウェーハをレーザの共振方向に平行な方向で切断した際の構造を示す模式図である。

【００１５】

このように第１の工程において、窒化物半導体をエッチングすることにより活性層の端面に共振面が形成できる。なお、共振面とは活性層の端面に形成するレーザ光を共振させるための面を指す。図１に示すように、エッチングにより共振面を形成すると、窒化物半導体層のエッチング端面と連続したｎ型層の表面が露出され、一方のレーザ素子の共振面と、もう一方のレーザ素子の共振面とが互いに対向した構造となる。つまり、エッチングにより、互いに対向する共振面と共振面とが連続してできる。

【００１６】

次に本発明の第２の工程では、このように連続して形成された対向する共振面と共振面との間にある、サファイア基板をＡ面若しくはＭ面で分割する。図１ではサファイア基板１の分割位置を一点鎖線でもって示している。図３はサファイア、および窒化物半導体の結晶構造を示すブロックセル図である。このように、サファイア、及び窒化物半導体結晶は六方晶系で近似できる。Ｃ面とはこの図で示す（０００１）面に相当する面方位を指し、Ａ面とは

【外１】

$$(11\bar{2}0)$$

面に相当する面方位を指し、Ｍ面とは

【外２】

$$(1\bar{1}00)$$

面に相当する面方位を指す。

【００１７】

Ａ面、Ｍ面ともそれぞれ六角柱の辺、あるいは頂点に沿ってそれぞれ６種類の面方位で示すことができるが、いずれも同じ面方位を示しているため、（外１）面、（外２）面がそれぞれの面方位を代表して示しているものとする。

【００１８】

窒化物半導体が成長されたサファイア基板を分割する手段には、例えば基板裏面をスクライビングして割る手段、同じく基板裏面をダイシングでハーフカットして割る手段、あるいはダイシングでフルカットする手段等があるが、何らかの手段で基板表面、裏面にカットラインを設けて基板を割る、即ち、基板を劈開して分割する手段を選択することが好ましい。なぜなら、サファイアはダイヤモンドと同じくらいに硬い物質であるので、フルカットすると長時間を要し、さらに切断面にある窒化物半導体層に割れ、欠け等の欠陥が生じやすい傾向にあるからである。さらにサファイアをＡ面若しくはＭ面で割ると、劈開性がないといわれているサファイアでも、劈開したのと同様に正確な位置でまっすぐに割れやすい。このようにサファイアをＡ面若しくはＭ面で分割する際、基板の厚さを１００μｍ以下に調整することが望ましい。１００μｍよりも厚いと劈開により正確な位置で分割するのが難しい傾向にある。好ましくは窒化物半導体層の総膜厚を６μｍ以上積層するか、または基板の上に成長させるｎ型コンタクト層を６μｍ以上積層して、基板の厚さを６０μｍ以下まで薄くすると、レーザ素子では放熱性が良くなり長寿命となり、さらに劈開でも正確な位置で割りやすくなるという利点がある。

【００１９】

図４は窒化物半導体ウェーハの平面図であり、具体的にはサファイアＣ面上に窒化物半導体を積層して、エッチングにより共振面を形成した後、窒化物半導体層側から見たウェーハの形状を模式的に示す図である。図４に示すようにサファイアＣ面を主面とし、Ａ面若しくはＭ面をオリフラ（オリエンテーションフラット）面とした基板では、図４の一点鎖

線で示すように、オリフラ面に対して垂直な位置で基板を分割すれば、基板のＡ面若しくはＭ面でバー状のレーザ素子が得られる。そのため、エッチングにより共振面を形成する場合には、レーザの共振方向がオリフラ面に対して平行となるように、予め素子形状を設計する必要があることは言うまでもない。

【００２０】

次に本発明の製造方法の第３の工程では、共振面より突出した基板を含む部分が、共振面より出射されるレーザ光を遮らないようにすることを特徴としている。エッチングにより共振面を形成した場合、前にも説明したように、共振面と共振面との間で平面が現れる。通常はその平面部で分割するのであるが、平面部で分割すると共振面よりも外側に突出した部分が残る。図２は窒化物半導体レーザ素子の構造を示す模式的な断面図であり、レーザ光の共振方向に平行な方向で素子を切断した際の図を示している。図１の一点鎖線で示すような位置で素子を分割した場合、図２のＢ方向に示すように突出部の平面がレーザ光を反射させて、ファーフィールドパターンを乱す。第３の工程では少なくとも一方の共振面より突出した基板を含む部分がＡ方向のようにレーザ光を遮らないようにするのである。そのための手段としては、例えば第１に、図１の一点鎖線で示すように、いずれか一方の分割位置を共振面に接近した位置に設定しておき、基板の分割と同時に、突出部がレーザ光を遮らないようにする手段がある。そのためには、基板を劈開することが最も好ましい。また第２に分割後に基板より突出した部分をエッチング、若しくは研磨により除去する手段がある。エッチングにはウエットエッチング、ドライエッチングの両方があるが、いずれを用いても良い。ウェットエッチングでは例えばリン酸、硫酸の混酸によるエッチング、ドライエッチングは上記したように、ＲＩＥ等によるエッチングがある。

【００２１】

なお、本発明の第３の工程では共振面の少なくとも一方のレーザ光が、突出部に遮られないようにされていればよく、必ずしも両方ではない。例えば図２に示すように、一方の共振面側に突出部があっても、その突出部をレーザ光の取出側として用いず、単にフォトディテクターの検出側として用いる場合には、ファーフィールドパターン形状は特に問われない。

【００２２】

また、図５は本発明の第１の工程による窒化物半導体ウェーハの構造を示す模式的な断面図であり、図６は図５のウェーハを一点鎖線で分割した際のレーザ素子の構造を示す模式的な断面図である。図５、６は本発明の製造方法に係る他の態様を示しており、図１、２と同一符号は同一部材を示すものとする。

【００２３】

図５が図１のウェーハと異なる点は、共振面の一方の分割位置を活性層が含まれる窒化物半導体層側としているところにある。このように一方の分割位置をエッチングにより露出した窒化物半導体層の平面とし、もう一方の分割位置を活性層が含まれる窒化物半導体層とすると、互いの共振面でそれぞれ反射率が異なり、反射率の小さい方の共振面側をレーザ光の取出側とすると、非常に高出力なレーザ素子が得られる。この場合、活性層が含まれる窒化物半導体を分割する場合、劈開で分割する必要がある。劈開により分割すると窒化物半導体層の活性層の端面には窒化物半導体の劈開による反射率の低い共振面が作製できる。

【００２４】

［実施例］

以下、図面を元に本発明の実施例について説明する。図７は本発明の方法によるレーザ素子の構造を示す模式的な断面図である。

【００２５】

［実施例１］

（１）

１）　厚さ３００μｍ、２インチφのＣ面を主面とし、オリフラ面をＭ面とするサファイア基板１の上に

２）　ＧａＮよりなるバッファ層２１を２００オングストローム
３）　Ｓｉドープｎ型ＧａＮよりなるコンタクト層２２を６μｍ
４）　Ｓｉドープｎ型$In_{0.1}Ga_{0.9}N$よりなるクラック防止層２３を５００オングストローム
５）　Ｓｉドープｎ型$Al_{0.2}Ga_{0.8}N$よりなるｎ型クラッド層２４を０．５μｍ
６）　ＳｉドープＧａＮよりなるｎ型光ガイド層２５を０．２μｍ（以上、ｎ型層２）
７）　Ｓｉドープ$In_{0.2}Ga_{0.8}N$よりなる井戸層を２５オングストロームと、Ｓｉドープ$In_{0.01}Ga_{0.95}N$よりなる障壁層を５０オングストロームと３ペア積層して最後に井戸層を積層した活性層３（活性層総厚、２５０オングストローム）
８）　Ｍｇドープｐ型$Al_{0.1}Ga_{0.9}N$よりなるｐ型キャップ層４１を３００オングストローム、
９）　Ｍｇドープｐ型ＧａＮよりなるｐ型光ガイド層４２を０．２μｍ
１０）　Ｍｇドープｐ型$Al_{0.2}Ga_{0.8}N$よりなるｐ型クラッド層４３を０．５μｍ
１１）　Ｍｇドープｐ型ＧａＮよりなるｐ型コンタクト層４４を０．２μｍ（以上、ｐ型層４）
の膜厚で順に積層する。

【００２６】
（２）バッファ層２１はＡｌＮ、ＧａＮ、ＡｌＧａＮ等を９００℃以下の温度で成長させ、膜厚１０オングストローム～０．５μｍ以下、さらに好ましくは２０オングストローム～０．２μｍ以下の膜厚で成長できる。

【００２７】
（３）ｎ型コンタクト層２２は$In_XAl_YGa_{1-X-Y}N$（０≦Ｘ、０≦Ｙ、Ｘ＋Ｙ≦１）、さらに好ましくはＹ値が０．５以下の$Al_YGa_{1-Y}N$で構成することが好ましく、その中でもＳｉ若しくはＧｅをドープしたＧａＮで構成することにより、キャリア濃度の高いｎ型層が得られ、またｎ電極と好ましいオーミック接触が得られる。この層は６μｍ以上で成長させ、さらに好ましくは７μｍ以上の膜厚で成長させることによりサファイア基板を６０μｍ以下まで研磨できて、基板を劈開で割りやすくすると共に、レーザ素子の放熱性を向上させる作用がある。

【００２８】
（４）クラック防止層２３はＩｎを含むｎ型の窒化物半導体、好ましくはＩｎＧａＮで成長させることにより、次に成長させるＡｌを含むｎ型クラッド層を厚膜で成長させることが可能となり、非常に好ましい。ＬＤの場合は、光閉じ込め層となる層を、好ましくは０．１μｍ以上の膜厚で成長させる必要がある。従来ではＧａＮ、ＡｌＧａＮ層の上に直接、厚膜のＡｌＧａＮを成長させると、後から成長させたＡｌＧａＮにクラックが入るので素子作製が困難であったが、このクラック防止層が、次に成長させるＡｌを含むｎ型クラッド層にクラックが入るのを防止することができる。クラック防止層は１００オングストローム以上、０．５μｍ以下の膜厚で成長させることが好ましい。１００オングストロームよりも薄いと前記のようにクラック防止として作用しにくく、０．５μｍよりも厚いと、結晶自体が黒変する傾向にある。なお、このクラック防止層は成長方法、成長装置等の条件によっては省略することもできるがＬＤを作製する場合には成長させる方が望ましい。なお、このクラック防止層はｎ型コンタクト層内に成長させても良い。

【００２９】
（５）ｎ型クラッド層２４はキャリア閉じ込め層、及び光閉じ込め層として作用し、Ａｌを含む窒化物半導体、好ましくはＡｌＧａＮを成長させることが望ましく、１００オングストローム以上、２μｍ以下、さらに好ましくは５００オングストローム以上、１μｍ以下で成長させることにより、結晶性の良いキャリア閉じ込め層が形成できる。

【００３０】
（６）ｎ型光ガイド層２５は、活性層の光ガイド層として作用し、ＧａＮ、ＩｎＧａＮを成長させることが望ましく、通常１００オングストローム～５μｍ、さらに好ましくは２

００オングストローム～１μｍの膜厚で成長させることが望ましい。
【００３１】
（７）活性層３は膜厚７０オングストローム以下のＩｎを含む窒化物半導体よりなる井戸層と、膜厚１５０オングストローム以下の井戸層よりもバンドギャップエネルギーが大きい窒化物半導体よりなる障壁層とを積層した多重量子井戸構造とするとレーザ発振しやすい。
【００３２】
（８）キャップ層４１はｐ型としたが、膜厚が薄いため、ｎ型不純物をドープしてキャリアが補償されたｉ型としても良く、最も好ましくはｐ型とする。ｐ型キャップ層の膜厚は０．１μｍ以下、さらに好ましくは５００オングストローム以下、最も好ましくは３００オングストローム以下に調整する。０．１μｍより厚い膜厚で成長させると、ｐ型キャップ層中にクラックが入りやすくなり、結晶性の良い窒化物半導体層が成長しにくいからである。またキャリアがこのエネルギーバリアをトンネル効果により通過できなくなる。Ａｌの組成比が大きいＡｌＧａＮ程薄く形成するとＬＤ素子は発振しやすくなる。例えば、Ｙ値が０．２以上の$Al_YGa_{1-Y}N$であれば５００オングストローム以下に調整することが望ましい。ｐ型キャップ層１８の膜厚の下限は特に限定しないが、１０オングストローム以上の膜厚で形成することが望ましい。
【００３３】
（９）ｐ型光ガイド層４２は、ｎ型光ガイド層と同じくＧａＮ、ＩｎＧａＮで成長させることが望ましい。また、この層はｐ型クラッド層を成長させる際のバッファ層としても作用し、１００オングストローム～５μｍ、さらに好ましくは２００オングストローム～１μｍの膜厚で成長させることにより、好ましい光ガイド層として作用する。
【００３４】
（１０）ｐ型クラッド層４３はｎ型クラッド層と同じく、キャリア閉じ込め層、及び光閉じ込め層として作用し、Ａｌを含む窒化物半導体、好ましくはＡｌＧａＮを成長させることが望ましく、１００オングストローム以上、２μｍ以下、さらに好ましくは５００オングストローム以上、１μｍ以下で成長させることにより、結晶性の良いキャリア閉じ込め層が形成できる。さらに前記のようにこの層をＡｌを含む窒化物半導体層とすることにより、ｐ型コンタクト層と、ｐ電極との接触抵抗差ができるので好ましい。
【００３５】
本実施例のようにＩｎＧａＮよりなる井戸層を有する量子構造の活性層の場合、その活性層に接して、膜厚０．１μｍ以下のＡｌを含む窒化物半導体よりなるｐ型キャップ層を設け、そのｐ型キャップ層よりも活性層から離れた位置に、ｐ型キャップ層よりもバッドギャップエネルギーが小さいｐ型光ガイド層を設け、そのｐ型光ガイド層よりも活性層から離れた位置に、ｐ型光ガイド層よりもバンドギャップが大きいＡｌを含む窒化物半導体よりなるｐ型クラッド層を設けることは非常に好ましい。しかもｐ型キャップ層の膜厚を０．１μｍ以下と薄く設定してあるため、キャリアのバリアとして作用することはなく、ｐ層から注入された正孔が、トンネル効果によりｐ型キャップ層を通り抜けることができて、活性層で効率よく再結合し、ＬＤの出力が向上する。つまり、注入されたキャリアは、ｐ型キャップ層のバンドギャップエネルギーが大きいため、半導体素子の温度が上昇しても、あるいは注入電流密度が増えても、キャリアは活性層をオーバーフローせず、ｐ型キャップ層で阻止されるため、キャリアが活性層に貯まり、効率よく発光することが可能となる。従って、半導体素子が温度上昇しても発光効率が低下することが少ないので、閾値電流の低いＬＤを実現することができる。
【００３６】
（１１）ｐ型コンタクト層４４はｐ型の$In_XAl_YGa_{1-X-Y}N$（０≦Ｘ、０≦Ｙ、Ｘ＋Ｙ≦１）で構成することができ、好ましくはＭｇをドープしたＧａＮとすれば、ｐ電極５０と最も好ましいオーミック接触が得られる。
【００３７】
以上の構成でサファイア基板１の上にｎ型層２、活性層３、ｐ型層４よりなる窒化物半導

体層を積層後、窒素雰囲気中、ウェーハを反応容器内において、アニーリングを行い、ｐ型層中に含まれる水素の一部を除去し、ｐ型層をさらに低抵抗化する。

【００３８】

次に、最上層のｐ型コンタクト層の表面に所定の形状のマスクを形成し、ＲＩＥ（反応性イオンエッチング）装置で、図７に示すように、最上層のｐ型コンタクト層２１と、ｐ型クラッド層２０とをメサエッチングして、４μｍのストライプ幅を有するリッジ形状とする。

【００３９】

リッジ形成後、露出しているｐ型層の平面にマスクを形成し、ストライプ状のリッジに対して左右対称にして、ｎ型コンタクト層２２の平面を露出させると同時に、ストライプ状のリッジに対してほぼ垂直な位置に共振面を形成する。共振面形成後のウェーハの構造を示す図が図１である。なお、マスクの形状は図４に示すように、エッチング後に露出する凸部の窒化物半導体のストライプ方向がオリフラ面に対して平行となるようにする。また、ｎ電極５２を形成すべきｎ型コンタクト層２２をリッジストライプに対して左右対称に露出させると同時に共振面を形成することにより、ｎ層から注入される電流が活性層に対して均一に係るようになり、閾値が低下する。

【００４０】

次に、リッジ最上部のｐ型コンタクト層４４に、ＮｉとＡｕよりなるオーミック用のｐ電極５０をほぼ全面に形成する。一方、ＴｉとＡｌよりなるオーミック用のｎ電極５２をストライプ状のｎ型コンタクト層のほぼ全面に形成する。なお、ほぼ全面とは８０％以上の面積をいう。このようにｎ電極も全面に形成し、さらにリッジに対して左右対称に形成することにより閾値が低下する。

【００４１】

次に、電極形成後、電極側の窒化物半導体層、及びｐ電極５０、ｎ電極５２全面に渡って、SiO_2よりなる絶縁膜６０を形成した後、ｐ電極５０、ｎ電極５２が形成された上部に相当する絶縁膜６０にエッチングにより開口部を設ける。次いで、図７に示すように、この絶縁膜６０を介してｐ電極５０、及びｎ電極５２と電気的に接続したｐパッド電極５１、ｎパッド電極５３を形成する。ｐパッド電極５１は実質的なｐ電極５０の表面積を広げて、ｐ電極側をワイヤーボンディングできるようにする作用がある。ｎパッド電極５３もｎ電極のはがれを少なくして、ｎ電極より注入できる電流を大きくできる作用がある。

【００４２】

以上のようにして、両電極を形成したウェーハを研磨装置に移送し、ダイヤモンド研磨剤を用いて、窒化物半導体を形成していない側のサファイア基板１をラッピングし、基板の厚さを２０μｍとする。ラッピング後、さらに細かい研磨剤で１μｍポリシングして基板表面を鏡面状とする。

【００４３】

（第２の工程）

次に、ウェーハの共振面と共振面との中間をサファイア基板側からスクライブした後、ウェーハを押し割りバー状のレーザチップを作製する。このスクライブ方向はサファイア基板のＡ面に相当する。

【００４４】

さらに、バー状のレーザチップの両共振面に、プラズマＣＶＤ装置を用いて、SiO_2とTiO_2よりなる誘電体多層膜を形成して反射鏡を形成する。

【００４５】

（第３の工程）

反射鏡形成後、バー状のレーザチップの共振面側にある一方の突出した基板とｎ型コンタクト層とを、ラッピングして５μｍの長さに調整する。

【００４６】

以上のようにして、研磨して突出部を除去したバー状のレーザチップを、今度はｎ電極５２に平行な位置で、スクライブにより分割して、矩形のレーザチップを得る。

【００４７】
以上のようにして得られたレーザチップを、フェースアップ（基板とヒートシンクとが対向した状態）でヒートシンクに設置し、それぞれの電極をワイヤーボンディングして、室温でレーザ発振を試みたところ、閾値電流密度１．５ｋＡ／cm^2、閾値電圧６Ｖで、発振波長４０５ｎｍの連続発振が確認され、研磨した側の共振面から出射されるレーザ光のファーフィールドパターンは基板水平方向に対して上下対称の楕円形を示し、レーザ光の反射による干渉が現れていなかった。
【００４８】
［実施例２］
実施例１の第２の工程において、図１の一点鎖線に示すように、エッチングにより形成した共振面に接近した位置（およそ５μｍ）の位置で、サファイア基板の裏側をスクライブした後、ウェーハを押し割りバー状のレーザチップを作製する。この工程により実施例１における第２の工程と第３の工程とが同時に行える。
【００４９】
後は実施例１と同様にしてレーザ素子を作製したところ、実施例１のレーザ素子と同様に連続発振を示し、５μｍの突出部の共振面側から出るレーザ光のファーフィールドパターンは楕円形状を有しており、レーザ光の反射による干渉が現れていなかった。
【００５０】
［実施例３］
実施例１の第２の工程において、共振面と共振面との中間にあたるサファイア基板を裏面からダイサーでハーフカットする。ハーフカット後、ウェーハを押し割りバー状のレーザチップを作製する。後は実施例１と同様にして、一方の共振面の突出部を研磨して５μｍに調整した後、レーザ素子としたところ、実施例１と同様に、５μｍの突出部の共振面から出るレーザ光のファーフィールドパターンは楕円形状を有していた。
【００５１】
［実施例４］
実施例１において、基板１にＣ面を主面とし、Ａ面をオリフラ面とする２インチφのサファイアを用いる他は同様にして窒化物半導体を積層する。
【００５２】
さらに第２の工程において、図１に示すようにウェーハの共振面に接近した位置（約５μｍ）でサファイア基板側からスクライブした後、ウェーハを押し割りバー状のレーザチップを作製する。このスクライブ方向はサファイア基板のＭ面に相当する。その他は実施例１と同様にしてレーザ素子を作製したところ、同様に５μｍの突出部のある共振面から出るレーザ光のファーフィールドパターンは楕円形状であった。
【００５３】
［実施例５］
実施例１の第２の工程において、図５に示すように、一方は活性層を有する窒化物半導体層の中心（つまり、レーザの共振器長の半分）、もう一方は共振面に５μｍの距離で接近した位置に相当するサファイア基板の裏面側をスクライブした後、同様に押し割ってバー状のレーザ素子を得る。このレーザ素子の構造を示す模式的な断面図が図６であり、共振面の一方はエッチング、もう一方は劈開により形成されている。また反射鏡はエッチング面にのみ形成されてエッチング面側の共振面の反射率が、劈開面よりも高く調整されている。
【００５４】
後は実施例１と同様にしてレーザ素子を作製したところ、劈開面側の共振面から出射されるレーザ光の出力は、実施例１のものに比べて１．５倍あった。
【００５５】
［実施例６］
実施例１において、エッチングによりｎ型コンタクト層２２の表面を露出させる工程と、共振面を形成する工程とを同時に行った後、露出したｎ型コンタクト層の２２の表面にマ

スクを形成して、さらに共振面側のｎ型コンタクト層をエッチングしてサファイア基板１の表面を露出させる。このように共振面側のエッチングをサファイア基板１が露出するまで行うことにより、基板劈開時に割る箇所がサファイア基板のみとなるため、窒化物半導体層に分割時の衝撃が伝わりにくくなる。このため窒化物半導体結晶（ｎ型層）に割れ、欠け等を発生しにくくできるという利点がある。

【００５６】

後は実施例２と同様に、第２の工程と第３の工程とを同時に行い共振面側のサファイア基板がレーザ光を遮らないようにする。このレーザ素子も同様に楕円状のレーザビーム形状を有していた。

【００５７】

【発明の効果】

共振面から突出した部分を有するレーザ素子では、活性層から出射されるレーザ光の一部が、基板が分割された後に残留するエッチング平面で反射、及び透過されて遮られる。共振面側から出射されるレーザ光の一部が、残留する基板、窒化物半導体等により反射されると、出力が低下し、ビームが斜め方向に出射され基板水平方向に対して、上下対称なファーフィールドパターンが得られない。特に、半導体レーザの場合、レーザ光が出射される共振面の前にはレーザ光を集光する目的でレンズが設けられる。出射光側にレーザ光を遮る他の部材があると、例えば集光がうまく行えない可能性がある。しかし、本発明のレーザ素子によるとレーザ光が水平に出射されるために、前記問題を解決でき、レーザ光の集光が容易となる。またサファイア基板のＣ面上に窒化物半導体を成長させて、Ｍ面、Ａ面で分割するので、真っ直ぐに正確な位置で分割することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明の第１の工程による窒化物半導体ウェーハの構造を示す模式断面図。

【図２】図１の一点鎖線でウェーハを分割した際のレーザ素子の構造を示す模式断面図。

【図３】サファイア、及び窒化物半導体の結晶構造を示すブロックセル図。

【図４】窒化物半導体ウェーハの平面図。

【図５】本発明の第１の工程による窒化物半導体ウェーハの構造を示す模式断面図。

【図６】図５の一点鎖線でウェーハを分割した際のレーザ素子の構造を示す模式断面図。

【図７】本発明の方法によるレーザ素子の構造を示す模式断面図。

【符号の説明】

１・・・サファイア基板
２・・・ｎ型層
３・・・活性層
４・・・ｐ型層
２１・・・バッファ層
２２・・・ｎ型コンタクト層
２３・・・クラック防止層
２４・・・ｎ型クラッド層
２５・・・ｎ型光ガイド層
４１・・・キャップ層
４２・・・ｐ型光ガイド層
４３・・・ｐ型クラッド層
４４・・・ｐ型コンタクト層
５０・・・ｐ電極
５１・・・ｐパッド電極
５２・・・ｎ電極
５３・・・ｎパッド電極
６０・・・絶縁膜