(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2010-56583
(P2010-56583A)
(43)公開日　平成22年3月11日(2010.3.11)

(51)Int.Cl.		F I		テーマコード（参考）
H01S 5/22	(2006.01)	H01S 5/22		5F173

審査請求 有　請求項の数 2　ＯＬ　（全 26 頁）

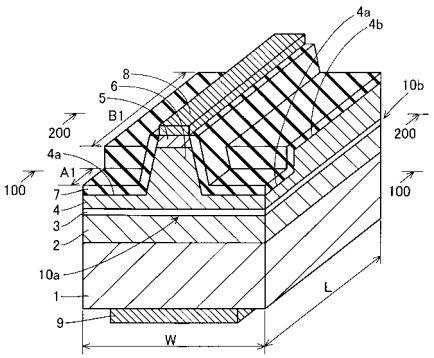
(21)出願番号　特願2009-280852 (P2009-280852)
(22)出願日　平成21年12月10日 (2009.12.10)
(62)分割の表示　特願2004-103267 (P2004-103267)の分割
原出願日　平成16年3月31日 (2004.3.31)

(71)出願人　000001889
三洋電機株式会社
大阪府守口市京阪本通２丁目５番５号
(74)代理人　100131071
弁理士　▲角▼谷　浩
(72)発明者　山口　勤
大阪府守口市京阪本通２丁目５番５号　三洋電機株式会社内
(72)発明者　伊豆　博昭
大阪府守口市京阪本通２丁目５番５号　三洋電機株式会社内
(72)発明者　大保　広樹
大阪府守口市京阪本通２丁目５番５号　三洋電機株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】半導体レーザ素子

(57)【要約】
【課題】高い発光効率を有し、かつ、従来に比べて真円形状に近いレーザ光の形状を得ることが可能な半導体レーザ素子を提供することである。
【解決手段】この半導体レーザ素子は、ｎ側クラッド層２上に形成された活性層３と、活性層３上に形成され、凸部と凸部以外の平坦部４ａおよび４ｂとを有するｐ側クラッド層４とを備えている。そして、ｐ側クラッド層４の平坦部４ａおよび４ｂは、光出射側の共振器端面１０ａ近傍の領域Ａ１に位置する平坦部４ａと、領域Ａ１以外の素子の中心領域を含む領域Ｂ１に位置する平坦部４ｂとを含み、平坦部４ａの厚みｔＡ１は、平坦部４ｂの厚みｔＢ１よりも小さい。
【選択図】図１



【特許請求の範囲】
【請求項１】
第１半導体層上に形成された活性層と、
前記活性層上に形成され、凸部と、前記凸部以外の平坦部とを有する第２半導体層と、
前記第２半導体層上に、共振器端面側の端部まで形成された電流ブロック層と、
前記凸部上に形成された第１電極層と、
前記第１電極層上および前記電流ブロック層上に形成された第２電極層とを備え、
前記第１電極層は、前記共振器端面近傍の領域まで延びて形成されており、
前記第２電極層の前記共振器端面側の端部は、該共振器端面近傍の領域から所定の間隔を隔てて配置されている、半導体レーザ素子。
【請求項２】
前記平坦部の前記共振器端面近傍かつ前記凸部近傍の領域には、凹部が形成されている、請求項１に記載の半導体レーザ素子。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、半導体レーザ素子に関し、特に、活性層を含む半導体レーザ素子に関する。
【背景技術】
【０００２】
従来、活性層上に、凸部（リッジ部）と、凸部以外の平坦部とを有する半導体層を含む半導体レーザ素子が知られている。
【０００３】
図２７は、従来の半導体レーザ素子の構造を示した斜視図である。図２８および図２９は、それぞれ、図２７に示した従来の半導体レーザ素子のレーザ光の垂直方向および水平方向の広がり角を説明するための側面図および上面図である。まず、図２７を参照して、従来の半導体レーザ素子では、ｎ型半導体基板１０１上に、ｎ型半導体からなるｎ側クラッド層１０２が形成されている。ｎ側クラッド層１０２上には、活性層１０３が形成されている。活性層１０３上には、凸部と、凸部以外の平坦部とを有するｐ型半導体からなるｐ側クラッド層１０４が形成されている。ｐ側クラッド層１０４の凸部上には、ｐ型半導体からなるコンタクト層１０５が形成されている。このコンタクト層１０５とｐ側クラッド層１０４の凸部とによって、共振器方向に延びるストライプ状（細長状）のリッジ部１０６が構成されている。リッジ部１０６を構成するコンタクト層１０５上には、ｐ側オーミック電極１０７が形成されている。また、ｐ側クラッド層１０４の平坦部の上面からｎ型半導体基板１０１の途中の深さまでの所定領域が除去されることにより、ｎ型半導体基板１０１の一部が露出されている。そして、ｎ型半導体基板１０１の露出された表面上の所定領域には、ｎ側オーミック電極１０８が形成されている。また、ｐ側オーミック電極１０７およびｎ側オーミック電極１０８以外の表面上には、絶縁膜からなる電流ブロック層１０９が形成されている。
【０００４】
図２７に示した従来の半導体レーザ素子では、活性層１０３で生成された光が共振器端面１００ａおよび１００ｂで反射することによりレーザ発振する。そして、光出射側の共振器端面１００ａから出射されるレーザ光は、垂直方向および水平方向からの光閉じ込めによって、スポット形状（光強度分布）が制御されている。具体的には、垂直方向の光閉じ込めは、活性層１０３の上下にそれぞれ位置するｐ側クラッド層１０４およびｎ側クラッド層１０２により行われる。また、水平方向の光閉じ込めは、ｐ側クラッド層１０４の凸部と平坦部とが交差する部分（凸部の下端部）により行われる。なお、図２７に示した従来の半導体レーザ素子では、図２８に示すように、出射されるレーザ光の垂直方向の広がり角θ１は、約１８°である。また、図２９に示すように、出射されるレーザ光の水平方向の広がり角θ２は、約６°である。すなわち、図２７に示した従来の半導体レーザ素子では、θ１（垂直方向の広がり角）／θ２（水平方向の広がり角）＝約３である。

【０００５】
図２７に示した従来の半導体レーザ素子では、上記したように、レーザ光の垂直方向の広がり角θ１（約１８°）に対して水平方向の広がり角θ２（約６°）が小さいので、レーザ光の形状を真円（θ１／θ２＝１）に近づけるのが困難であった。このため、真円形状に近い良好な光強度分布を有する半導体レーザ素子を得るのが困難であるという不都合があった。
【０００６】
そこで、従来、光出射側の共振器端面近傍の領域のみ、水平方向の光閉じ込めをより強くすることにより、レーザ光の発光スポットの形状（光強度分布）が水平方向に広がるのを抑制することによって、レーザ光の水平方向の広がり角θ２をより大きくする方法が提案されている（たとえば、特許文献１参照）。なお、発光スポットの形状（光強度分布）の水平方向の広がりが小さいほど、水平方向の広がり角θ２は大きくなる。
【０００７】
上記特許文献１では、基板上に、ｎ側クラッド層、活性層およびｐ側クラッド層が順次形成されるとともに、ｐ側クラッド層が、凸部と、凸部以外の平坦部とを有する半導体レーザ素子において、光出射側の共振器端面近傍の領域のみ、ｐ側クラッド層の平坦部の上面から、活性層およびｎ側クラッド層の途中の深さまでエッチングされている。この特許文献１では、活性層をエッチングすることにより活性層の幅を小さくしているので、水平方向の光閉じ込めをより強くすることが可能となる。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００８】
【特許文献１】特開２００２－３７４０３５号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００９】
しかしながら、上記特許文献１では、光出射側の共振器端面近傍の領域において、活性層をエッチングするので、活性層に加わるエッチングダメージが大きくなるという不都合がある。これにより、エッチングダメージに起因して発生する活性層の結晶欠陥が増大するので、活性層の結晶欠陥部分による光吸収が増大するという不都合が生じる。その結果、発光効率が低下するという問題点がある。また、活性層の結晶欠陥部分に電流が流れることにより結晶欠陥が増殖するという問題点がある。
【００１０】
また、水平方向の光閉じ込めをより強くする別の方法としては、ｐ側クラッド層の凸部の幅を小さくする方法がある。この場合、水平方向の光閉じ込め機能を有するエッジ部の間隔が小さくなるので、水平方向の光閉じ込めの幅を小さくすることが可能となる。
【００１１】
しかしながら、ｐ側クラッド層の凸部の幅を小さくする方法では、ｐ側クラッド層の凸部上に形成される電極層との接触面積が小さくなるので、コンタクト抵抗が増大するという不都合が生じる。その結果、素子の動作電圧が高くなるので、素子の消費電力が増大するという問題点がある。
【００１２】
この発明は、上記のような課題を解決するためになされたものであり、この発明の１つの目的は、高い発光効率を有し、かつ、従来に比べて真円形状に近いレーザ光の形状を得ることが可能な半導体レーザ素子を提供することである。
【課題を解決するための手段】
【００１３】
上記目的を達成するために、この発明の一の局面による半導体レーザ素子は、第１半導体層上に形成された活性層と、活性層上に形成され、凸部と、凸部以外の平坦部とを有する第２半導体層とを備えている。そして、第２半導体層の平坦部は、少なくとも光出射側

の共振器端面近傍の第１領域に位置する第１平坦部と、第１領域以外の素子の中心領域を含む第２領域に位置する第２平坦部とを含み、第２半導体層の第１平坦部の厚みは、第２半導体層の第２平坦部の厚みよりも小さい。

【００１４】

この一の局面による半導体レーザ素子では、上記のように、活性層上に形成される第２半導体層の凸部以外の平坦部を、少なくとも光出射側の共振器端面近傍の第１領域に位置する第１平坦部と、第１領域以外の素子の中心領域を含む第２領域に位置する第２平坦部とを含むように構成するとともに、第１平坦部の厚みを、第２平坦部の厚みよりも小さくすることによって、光出射側の共振器端面近傍の第１領域に位置する第２半導体層の凸部の下端部を、素子の中心領域を含む第２領域に位置する第２半導体層の凸部の下端部よりも活性層に近づけることができるので、その活性層に近くなるように形成された第１領域の凸部の下端部により、第１領域における水平方向の光閉じ込めを強くすることができる。これにより、レーザ光の発光スポットの水平方向の広がりを小さくすることができるので、レーザ光の水平方向の広がり角を大きくすることができる。その結果、レーザ光の形状を真円（垂直方向の広がり角／水平方向の広がり角＝１）に近づけることができる。この場合、第２半導体層の凸部（リッジ部）をエッチングにより形成する際に、第２半導体層の第２領域に位置する第２平坦部の厚みが第１領域に位置する第１平坦部の厚みよりも大きくなるようにエッチングするので、第２領域の第２平坦部に加わるエッチングダメージを、第１領域の第１平坦部に加わるエッチングダメージよりも小さくすることができる。これにより、第２領域において、エッチングダメージに起因して発生する第２平坦部下の活性層の結晶欠陥の量を減少させることができる。また、第１領域の第１平坦部下に位置する活性層においても、活性層まではエッチングされないので、活性層を含む部分をエッチングすることによりリッジ部を形成する場合に比べて、エッチングダメージに起因して活性層に発生する結晶欠陥の量を減少させることができる。その結果、活性層の結晶欠陥部分に流れる発光に寄与しないリーク電流が増大するのを抑制することができる。また、活性層の結晶欠陥が少ないほど電流が流れることに起因する結晶欠陥の増殖を抑制することができる。その結果、長寿命で、かつ、高い発光効率を有する半導体レーザ素子を得ることができる。このように、一の局面による半導体レーザ素子では、長寿命で、かつ、高い発光効率を有するとともに、真円形状に近いレーザ光の形状を得ることが可能な半導体レーザ素子を得ることができる。

【００１５】

上記一の局面による半導体レーザ素子において、好ましくは、第１領域を流れる電流の電流密度が、第２領域を流れる電流の電流密度よりも小さくなるように構成されている。このように構成すれば、光出射側の共振器端面近傍の第１領域に位置する活性層に注入される電流を、素子の中心領域を含む第２領域に位置する活性層に流れる電流よりも減少させることができるので、第１領域の第２半導体層の第１平坦部の厚みを第２領域の第２半導体層の第２平坦部の厚みよりも小さくすることに起因して、第１領域に位置する活性層の結晶欠陥が、第２領域に位置する活性層の結晶欠陥よりも多くなったとしても、第１領域に位置する活性層の結晶欠陥部分に流れる電流を減少させることができる。これにより、活性層の結晶欠陥部分に多くの電流が流れることに起因して結晶欠陥が増大するのを抑制することができるので、素子の長寿命化を図ることができる。

【００１６】

この場合、好ましくは、第２半導体層上に形成され、１Ω／□以上のシート抵抗値を有する第１電極層と、第１電極層上に形成され、光出射側の端部が、光出射側の共振器端面から所定の間隔を隔てて配置された第２電極層とをさらに備える。このように構成すれば、第１電極層の光出射側の共振器端面から所定の間隔を隔てた領域にのみ、第２電極層から電流を注入することができる。また、第１電極層の光出射側の端部が共振器端面にまで達している場合、第１電極層のシート抵抗値を１Ω／□以上の大きいシート抵抗値に設定することによって、第２電極層から電流を注入する場合に、第１電極層において共振器方向（水平方向）に電流が流れにくくなるので、容易に、光出射側の共振器端面近傍の第１

領域を流れる電流の電流密度を、第１領域以外の素子の中心領域を含む第２領域を流れる電流の電流密度よりも小さくすることができる。

【００１７】

この場合、好ましくは、第２電極層の光出射側の端部は、第１領域と第２領域との境界よりも第２領域側に配置されている。このように構成すれば、上記のように、第１電極層において共振器方向に電流を流れにくくした構成において、第２電極層の光出射側の端部と第１領域との間に所定の間隔が設けられるので、第２電極層から第１電極層を介して第１領域に電流がより注入されにくくなる。これにより、より容易に、光出射側の共振器端面近傍の第１領域を流れる電流の電流密度を、第１領域以外の素子の中心領域を含む第２領域を流れる電流の電流密度よりも小さくすることができる。

【００１８】

上記一の局面による半導体レーザ素子において、好ましくは、第２半導体層の第１平坦部と第２平坦部との間には、第１平坦部の上面と第２平坦部の上面とを接続するように、傾斜部が設けられている。このように構成すれば、第１平坦部と第２平坦部との間の境界面が傾斜するので、厚みの異なる第１平坦部と第２平坦部とが垂直の境界面により接続されている場合に比べて、境界面において光出射側とは反対側の共振器端面方向に光が反射されにくくなる。これにより、第１平坦部と第２平坦部との間の境界面と、光出射側とは反対側の共振器端面との間の不要なレーザ発振モードの発生を抑制することができる。これにより、高出力領域まで、高い発光効率を有するレーザ発振モード（光出射側の共振器端面と、光出射側とは反対側の共振器端面との間のレーザ発振モード）を維持することができるので、発光効率をより向上させることができる。また、第２半導体層の第１平坦部と第２平坦部との間に、第１平坦部の上面と第２平坦部の上面とを接続するように、傾斜部を設けることによって、厚みの異なる第１平坦部と第２平坦部とが垂直の境界面により接続されている場合に比べて、第１平坦部と第２平坦部との間の境界面の下端部（エッジ部）が滑らかになるので、そのエッジ部による光閉じ込めを弱くすることができる。これにより、第１平坦部と第２平坦部との間の境界面のエッジ部における光損失を抑制することができるので、これによっても、発光効率をより向上させることができる。

【００１９】

上記一の局面による半導体レーザ素子において、好ましくは、第２半導体層の平坦部は、光出射側とは反対側の共振器端面近傍の第３領域に位置するとともに、第２平坦部の厚みよりも小さい厚みを有する第３平坦部をさらに含む。このように構成すれば、光出射側とは反対側の共振器端面を光出射面として用いたとしても、レーザ光の形状を真円（垂直方向の広がり角／水平方向の広がり角＝１）に近づけることができる。これにより、２つの共振器端面のうち、どちらの共振器端面を光出射面として用いたとしても、レーザ光の形状を真円に近づけることができる。これにより、素子を組み立てる際に、どちらの共振器端面を光出射面に設定したとしても、真円形状に近いレーザ光の形状を得ることが可能な半導体レーザ素子を作製することができる。

【００２０】

上記一の局面による半導体レーザ素子において、好ましくは、第１領域に位置する第２半導体層の第１平坦部の共振器方向の長さは、３μｍ以上５０μｍ以下である。このように構成すれば、第１領域に位置する第２半導体層の第１平坦部の共振器方向の長さを３μｍ以上にすることによって、光出射側の共振器端面近傍の第１領域に位置する第１平坦部の共振器方向の長さが小さくなり過ぎることに起因して、第１領域における水平方向の光閉じ込めが不十分になるのを抑制することができる。さらに、第１領域に位置する第２半導体層の第１平坦部の共振器方向の長さを３μｍ以上にすることによって、劈開法を用いて素子を各チップに分離する際に、第１領域に位置する第１平坦部の共振器方向の長さが小さくなり過ぎることに起因して、素子が素子の中心領域を含む第２領域において分離されるのを抑制することができる。また、第１領域に位置する第２半導体層の第１平坦部の共振器方向の長さを５０μｍ以下にすることによって、第２領域よりもエッチングダメージが大きい第１領域に位置する第１平坦部の共振器方向の長さが大きくなり過ぎることに

起因して、活性層に導入される結晶欠陥が多くなるのを抑制することができる。

【００２１】

上記一の局面による半導体レーザ素子において、好ましくは、第２領域に位置する第２半導体層の第２平坦部の厚みは、１００ｎｍ以上２５０ｎｍ以下である。このように構成すれば、第２領域に位置する第２半導体層の第２平坦部の厚みを１００ｎｍ以上にすることによって、素子の中心領域を含む第２領域に位置する第２平坦部の厚みを小さくし過ぎることに起因して、第２平坦部に加わるエッチングダメージが大きくなるのを抑制することができるので、第２平坦部下に位置する活性層に発生する結晶欠陥の量を減少させることができる。これにより、活性層の結晶欠陥部分による光吸収の増大をより抑制することができるので、発光効率をより向上させることができる。また、結晶欠陥の増殖を抑制することができるので、素子寿命をより向上させることができる。また、第２領域に位置する第２半導体層の第２平坦部の厚みを２５０ｎｍ以下にすることによって、第２領域に位置する第２平坦部の厚みを大きくし過ぎることに起因して、しきい値電流が増大するのを抑制することができるので、消費電力が増大するのを抑制することができる。

【図面の簡単な説明】

【００２２】

【図１】本発明の第１実施形態による窒化物系半導体レーザ素子の構造を示した斜視図である。

【図２】図１の１００－１００線に沿った断面図である。

【図３】図１の２００－２００線に沿った断面図である。

【図４】光出射側の共振器端面近傍の領域の共振器方向の長さを変化させた場合のレーザ光の水平方向の広がり角を示したグラフである。

【図５】図１に示した第１実施形態による窒化物系半導体レーザ素子の製造プロセスを説明するための斜視図である。

【図６】図１に示した第１実施形態による窒化物系半導体レーザ素子の製造プロセスを説明するための斜視図である。

【図７】図１に示した第１実施形態による窒化物系半導体レーザ素子の製造プロセスを説明するための斜視図である。

【図８】図１に示した第１実施形態による窒化物系半導体レーザ素子の製造プロセスを説明するための斜視図である。

【図９】図１に示した第１実施形態による窒化物系半導体レーザ素子の製造プロセスを説明するための斜視図である。

【図１０】図１に示した第１実施形態による窒化物系半導体レーザ素子の製造プロセスを説明するための斜視図である。

【図１１】図１に示した第１実施形態による窒化物系半導体レーザ素子の製造プロセスを説明するための斜視図である。

【図１２】本発明の第２実施形態による窒化物系半導体レーザ素子の構造を示した斜視図である。

【図１３】図１２の３００－３００線に沿った断面図である。

【図１４】図１２の４００－４００線に沿った断面図である。

【図１５】本発明の第３実施形態による窒化物系半導体レーザ素子の構造を示した斜視図である。

【図１６】図１５の５００－５００線に沿った断面図である。

【図１７】図１５の６００－６００線に沿った断面図である。

【図１８】図１５に示した第３実施形態による窒化物系半導体レーザ素子の製造プロセスを説明するための斜視図である。

【図１９】図１５に示した第３実施形態による窒化物系半導体レーザ素子の製造プロセスを説明するための斜視図である。

【図２０】図１５に示した第３実施形態による窒化物系半導体レーザ素子の製造プロセスを説明するための斜視図である。

【図２１】本発明の第４実施形態による窒化物系半導体レーザ素子の構造を示した斜視図である。
【図２２】図２１の７００－７００線および９００－９００線に沿った断面図である。
【図２３】図２１の８００－８００線に沿った断面図である。
【図２４】図２１に示した第４実施形態による窒化物系半導体レーザ素子の製造プロセスを説明するための斜視図である。
【図２５】図２１に示した第４実施形態による窒化物系半導体レーザ素子の製造プロセスを説明するための斜視図である。
【図２６】図２１に示した第４実施形態による窒化物系半導体レーザ素子の製造プロセスを説明するための斜視図である。
【図２７】従来の半導体レーザ素子の構造を示した斜視図である。
【図２８】図２７に示した従来の半導体レーザ素子のレーザ光の垂直方向の広がり角を説明するための側面図である。
【図２９】図２７に示した従来の半導体レーザ素子のレーザ光の水平方向の広がり角を説明するための上面図である。
【発明を実施するための形態】
【００２３】
以下、本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。
【００２４】
（第１実施形態）
図１は、本発明の第１実施形態による窒化物系半導体レーザ素子の構造を示した斜視図である。図２および図３は、それぞれ、図１の１００－１００線および２００－２００線に沿った断面図である。まず、図１～図３を参照して、第１実施形態による窒化物系半導体レーザ素子の構造について説明する。なお、第１実施形態による窒化物系半導体レーザ素子の幅Ｗは、約３００μｍであり、共振器の長さＬは、約６００μｍである。
【００２５】
第１実施形態による窒化物系半導体レーザ素子では、図１に示すように、ｎ型ＧａＮ基板１上に、約１．５μｍの厚みを有するｎ型ＡｌＧａＮ（Ａｌ組成比：７％）からなるｎ側クラッド層２が形成されている。なお、ｎ側クラッド層２は、本発明の「第１半導体層」の一例である。ｎ側クラッド層２上には、活性層（発光層）３が形成されている。この活性層３は、約３ｎｍの厚みを有するアンドープのＩｎＧａＮ（Ｉｎ組成比：１５％）からなる３つの井戸層と、約２０ｎｍの厚みを有するアンドープのＩｎＧａＮ（Ｉｎ組成比：２％）からなる３つの障壁層とが交互に積層された多重量子井戸（ＭＱＷ）構造を有する。また、活性層３上には、ｐ側クラッド層４が形成されている。このｐ側クラッド層４は、活性層３側から順に、光ガイド層（図示せず）、キャップ層（図示せず）およびｐ型ＡｌＧａＮ層（図示せず）によって構成されている。ｐ側クラッド層４を構成する光ガイド層は、約７５ｎｍの厚みを有するアンドープのＩｎＧａＮ（Ｉｎ組成比：１％）からなるとともに、キャップ層は、約２０ｎｍの厚みを有するアンドープのＡｌＧａＮ（Ａｌ組成比：２０％）からなる。また、ｐ型ＡｌＧａＮ層は、Ｍｇがドープされるとともに、７％のＡｌ組成比を有する。このｐ側クラッド層４は、約１．５μｍの幅を有するとともに、共振器方向に延びるストライプ状（細長状）の凸部を有する。なお、ｐ側クラッド層４は、本発明の「第２半導体層」の一例である。
【００２６】
ここで、第１実施形態では、ｐ側クラッド層４の凸部以外の平坦部４ａおよび４ｂは、光出射側の共振器端面１０ａ近傍の領域Ａ１と、領域Ａ１以外の素子の中心領域を含む領域Ｂ１とで異なる厚みを有する。具体的には、領域Ａ１では、図２に示すように、活性層３の上面からｐ側クラッド層４までの平坦部４ａの厚みｔＡ１は、約１００ｎｍであり、凸部の平坦部４ａの上面からの高さは、約４００ｎｍである。また、領域Ｂ１では、図３に示すように、ｐ側クラッド層４の平坦部４ｂの厚みｔＢ１は、約１５０ｎｍであり、凸部の平坦部４ｂの上面からの高さは、約３５０ｎｍである。すなわち、領域Ａ１の平坦部

４ａの厚みｔＡ１は、領域Ｂ１の平坦部４ｂの厚みｔＢ１よりも小さい。なお、領域Ａ１およびＢ１は、それぞれ、本発明の「第１領域」および「第２領域」の一例であり、平坦部４ａおよび４ｂは、それぞれ、本発明の「第１平坦部」および「第２平坦部」の一例である。また、領域Ａ１の共振器方向の長さは、約１０μｍであり、領域Ｂ１の共振器方向の長さは、約５９０μｍである。

【００２７】

また、図１に示すように、ｐ側クラッド層４の凸部上には、約３ｎｍの厚みを有するアンドープのＩｎＧａＮ（Ｉｎ組成比：７％）からなるコンタクト層５が形成されている。なお、コンタクト層５は、本発明の「第２半導体層」の一例である。このコンタクト層５とｐ側クラッド層４の凸部とによって、約１．５μｍの幅を有するとともに、共振器方向に延びるストライプ状（細長状）のリッジ部６が構成されている。また、ｐ側クラッド層４の平坦部４ａおよび４ｂの上面と、リッジ部６の側面上とには、約２００ｎｍの厚みを有するSiO_2膜からなる電流ブロック層７が形成されている。また、リッジ部６を構成するコンタクト層５上には、ｐ側オーミック電極８が形成されている。このｐ側オーミック電極８は、コンタクト層５側から順に、約１ｎｍの厚みを有するＰｔ層（図示せず）、約１００ｎｍの厚みを有するＰｄ層（図示せず）および約１００ｎｍの厚みを有するＡｕ層（図示せず）によって構成されている。

【００２８】

また、ｎ型ＧａＮ基板１の裏面上の所定領域には、ｎ側オーミック電極９が形成されている。このｎ側オーミック電極９は、ｎ型ＧａＮ基板１側から順に、約６ｎｍの厚みを有するＡｌ層（図示せず）、約１０ｎｍの厚みを有するＰｄ層（図示せず）および約３００ｎｍの厚みを有するＡｕ層（図示せず）によって構成されている。

【００２９】

そして、第１実施形態による窒化物系半導体レーザ素子では、活性層３で生成された光が共振器端面１０ａおよび１０ｂで反射することによりレーザ発振する。

【００３０】

図４は、光出射側の共振器端面近傍の領域の共振器方向の長さを５段階（０μｍ、約３μｍ、約１０μｍ、約５０μｍおよび約２００μｍ）に変化させた場合のレーザ光の水平方向の広がり角を示したグラフである。次に、図４を参照して、第１実施形態の窒化物系半導体レーザ素子の構成において、領域Ａ１（光出射側の共振器端面近傍の領域）の共振器方向の長さを変化させてレーザ光の水平方向の広がり角θ２を測定した結果について説明する。

【００３１】

図４に示すように、領域Ａ１の共振器方向の長さが約３μｍ以上の場合には、レーザ光の水平方向の広がり角θ２が約８°以上と大きくなることが判明した。具体的には、領域Ａ１の共振器方向の長さが約３μｍ、約１０μｍ、約５０μｍおよび約２００μｍの場合のレーザ光の水平方向の広がり角θ２は、それぞれ、約８°、約１０°、約１１．３°および約１１．５°であった。その一方、領域Ａ１の共振器方向の長さが０μｍの場合には、レーザ光の水平方向の広がり角θ２が約６°と小さくなることが判明した。領域Ａ１の共振器方向の長さが０μｍの場合にレーザ光の水平方向の広がり角θ２が小さくなったのは、領域Ａ１に位置する平坦部４ａの共振器方向の長さが０になることに起因して、領域Ａ１における水平方向の光閉じ込めが不十分になったためであると考えられる。このため、レーザ光の水平方向の広がり角θ２を約８°以上に大きくするためには、領域Ａ１の共振器方向の長さを約３μｍ以上に設定するのが好ましいと考えられる。なお、領域Ａ１に位置する平坦部４ａの共振器方向の長さが小さい場合には、劈開法を用いて素子を各チップに分離する際に、素子が素子の中心領域を含む領域Ｂ１から分離される場合があるので、この点でも、領域Ａ１の共振器方向の長さを約３μｍ以上に設定するのが好ましいと考えられる。

【００３２】

また、領域Ａ１の共振器方向の長さが約５０μｍの場合と約２００μｍの場合とでは、

レーザ光の水平方向の広がり角θ２がほとんど変化しないことが判明した。ここで、領域Ａ１の共振器方向の長さを大きくし過ぎれば、領域Ｂ１の平坦部４ｂよりも小さい厚みを有する領域Ａ１の平坦部４ａの共振器方向の長さが大きくなることになる。この場合、ｐ側クラッド層４の凸部をエッチングにより形成する際に、ｐ側クラッド層４におけるエッチング量が大きくなる。これにより、ｐ側クラッド層４に加わるエッチングダメージが大きくなるので、ｐ側クラッド層４下に位置する活性層３に発生する結晶欠陥の量が増大する。したがって、領域Ａ１の共振器方向の長さは、約５０μｍ以下に設定するのが好ましいと考えられる。これらの結果から、領域Ａ１の共振器方向の長さは、約３μｍ以上約５０μｍ以下に設定するのが好ましい。

【００３３】

ここで、第１実施形態では、領域Ａ１の共振器方向の長さが約１０μｍに設定されているので、ｐ側クラッド層４に加わるエッチングダメージが大きくなるのを抑制しながら、レーザ光の水平方向の広がり角θ２を大きくすることができると考えられる。

【００３４】

次に、第１実施形態の窒化物系半導体レーザ素子の構成において、ｐ側クラッド層４の領域Ｂ１に位置する平坦部４ｂの厚みｔＢ１を５段階（約７０ｎｍ、約１００ｎｍ、約１５０ｎｍ、約２５０ｎｍおよび約３００ｎｍ）に変化させて発光効率およびしきい値電流を測定した結果を、以下の表１に示す。

【００３５】

【表１】

p型クラッド層の領域B1に位置する平坦部の厚みtB1(nm)	発光効率（W／A）	閾値電流（mA）
70	0.6	35
100	1.3	32
150	1.5	30
250	1.4	53
300	1.3	105

上記表１を参照して、ｐ側クラッド層４の領域Ｂ１に位置する平坦部４ｂの厚みｔＢ１が約１００ｎｍ以上約２５０ｎｍ以下の場合には、発光効率が約１．３Ｗ／Ａ以上と高く、かつ、しきい値電流が約５３ｍＡ以下と低くなることが判明した。具体的には、ｐ側クラッド層４の領域Ｂ１に位置する平坦部４ｂの厚みｔＢ１が約１００ｎｍ、約１５０ｎｍおよび約２５０ｎｍの場合の発光効率は、それぞれ、約１．３Ｗ／Ａ、約１．５Ｗ／Ａおよび約１．４Ｗ／Ａであり、しきい値電流は、それぞれ、約３２ｍＡ、約３０ｍＡおよび約５３ｍＡであった。

【００３６】

その一方、ｐ側クラッド層４の領域Ｂ１に位置する平坦部４ｂの厚みｔＢ１が約７０ｎｍの場合では、しきい値電流が約３５ｍＡと低くなる一方、発光効率が約０．６Ｗ／Ａと低くなることが判明した。これは、領域Ｂ１に位置するｐ側クラッド層４の平坦部４ｂの厚みｔＢ１を小さくしすぎることに起因して、ｐ側クラッド層４に加わるエッチングダメージが大きくなったためであると考えられる。これにより、ｐ側クラッド層４下に位置する活性層３に発生する結晶欠陥の量が増大することにより、活性層３の結晶欠陥部分による光吸収が増大するので、発光効率が低下したと考えられる。また、ｐ側クラッド層４の領域Ｂ１に位置する平坦部４ｂの厚みｔＢ１が約３００ｎｍの場合では、発光効率が約１．３Ｗ／Ａと高くなる一方、しきい値電流が約１０５ｍＡと高くなることが判明した。

【００３７】

これらの結果から、ｐ側クラッド層４の領域Ｂ１に位置する平坦部４ｂの厚みｔＢ１を

約１００ｎｍ以上約２５０ｎｍ以下に設定すれば、発光効率を高くすることができ、かつ、しきい値電流を低くすることができると考えられる。

【００３８】

ここで、第１実施形態では、ｐ側クラッド層４の領域Ｂ１に位置する平坦部４ｂの厚みｔＢ１が約１５０ｎｍに設定されているので、発光効率を高くすることができ、かつ、しきい値電流を低くすることができると考えられる。

【００３９】

第１実施形態では、上記のように、光出射側の共振器端面１０ａ近傍の領域Ａ１に位置する平坦部４ａの厚みｔＡ１（約１００ｎｍ）を、領域Ａ１以外の素子の中心領域を含む領域Ｂ１に位置する平坦部４ｂの厚みｔＢ１（約１５０ｎｍ）よりも小さくすることによって、光出射側の共振器端面１０ａ近傍の領域Ａ１に位置するｐ側クラッド層４の凸部の下端部を、素子の中心領域を含む領域Ｂ１に位置するｐ側クラッド層４の凸部の下端部よりも活性層３に近づけることができるので、その活性層３に近くなるように形成された領域Ａ１の凸部の下端部により、領域Ａ１における水平方向の光閉じ込めを強くすることができる。これにより、レーザ光の発光スポットの水平方向の広がりを小さくすることができるので、レーザ光の水平方向の広がり角θ２を大きくすることができる。その結果、レーザ光の形状を真円（垂直方向の広がり角θ１／水平方向の広がり角θ２＝１）に近づけることができる。この場合、ｐ側クラッド層４の凸部（リッジ部６）をエッチングにより形成する際に、ｐ側クラッド層４の領域Ｂ１に位置する平坦部４ｂの厚みｔＢ１（約１５０ｎｍ）が領域Ａ１に位置する平坦部４ａの厚みｔＡ１（約１００ｎｍ）よりも大きくなるようにエッチングするので、領域Ｂ１の平坦部４ｂに加わるエッチングダメージを、領域Ａ１の平坦部４ａに加わるエッチングダメージよりも小さくすることができる。これにより、領域Ｂ１において、エッチングダメージに起因して発生する平坦部４ｂ下の活性層３の結晶欠陥の量を減少させることができる。また、領域Ａ１の平坦部４ａ下に位置する活性層３においても、活性層３まではエッチングしないので、活性層３を含む部分をエッチングすることによりリッジ部６を形成する場合に比べて、エッチングダメージに起因して活性層３に発生する結晶欠陥の量を減少させることができる。その結果、活性層３の結晶欠陥部分による光吸収の増大を抑制することができるので、高い発光効率を有する窒化物系半導体レーザ素子を得ることができる。また、結晶欠陥の増殖を抑制することができるので、高い信頼性を有する高寿命の素子を得ることができる。このように、第１実施形態では、高い発光効率を有し、かつ、真円形状に近いレーザ光の形状を得ることが可能な窒化物系半導体レーザ素子を得ることができる。

【００４０】

また、第１実施形態では、光出射側の共振器端面１０ａ近傍の領域Ａ１に位置する平坦部４ａの共振器方向の長さを、約１０μｍに設定することによって、領域Ａ１に位置する平坦部４ａの共振器方向の長さが小さくなり過ぎることに起因して、領域Ａ１における水平方向の光閉じ込めが不十分になるのを抑制することができる。さらに、劈開法を用いて素子を各チップに分離する際に、領域Ａ１に位置する平坦部４ａの共振器方向の長さが小さくなり過ぎることに起因して、素子が素子の中心領域を含む領域Ｂ１において分離される素子作製不良を抑制することができる。また、領域Ｂ１よりもエッチングダメージが大きい領域Ａ１に位置する平坦部４ａの共振器方向の長さが大きくなり過ぎることに起因して、活性層３に導入される結晶欠陥が多くなるのを抑制することができる。

【００４１】

また、第１実施形態では、ｐ側クラッド層４の領域Ｂ１に位置する平坦部４ｂの厚みｔＢ１を、約１５０ｎｍに設定することによって、領域Ｂ１に位置する平坦部４ｂの厚みｔＢ１を小さくし過ぎることに起因して、平坦部４ｂに加わるエッチングダメージが大きくなるのを抑制することができるので、平坦部４ｂ下に位置する活性層３に発生する結晶欠陥の量を減少させることができる。これにより、活性層３の結晶欠陥部分による光吸収の増大をより減少させることができるので、発光効率をより向上させることができる。また、領域Ｂ１に位置する平坦部４ｂの厚みｔＢ１を大きくし過ぎることに起因して、しきい

値電流が増大するのを抑制することができるので、消費電力が増大するのを抑制することができる。

【００４２】

図５～図１１は、図１に示した第１実施形態による窒化物系半導体レーザ素子の製造プロセスを説明するための斜視図である。次に、図１および図５～図１１を参照して、第１実施形態による窒化物系半導体レーザ素子の製造プロセスについて説明する。

【００４３】

まず、図５に示すように、ＭＯＣＶＤ（Ｍｅｔａｌ Ｏｒｇａｎｉｃ Ｃｈｅｍｉｃａｌ Ｖａｐｏｒ Ｄｅｐｏｓｉｔｉｏｎ）法を用いて、ｎ型ＧａＮ基板１上に、約１．５μｍの厚みを有するｎ型ＡｌＧａＮからなるｎ側クラッド層２および活性層３を順次成長させる。なお、活性層３を成長させる際には、まず、約３ｎｍの厚みを有するアンドープのＩｎＧａＮからなる３つの井戸層（図示せず）と、約２０ｎｍの厚みを有するアンドープのＩｎＧａＮからなる３つの障壁層（図示せず）とを交互に成長させることにより、ＭＱＷ構造の多層膜を形成する。これにより、３つの井戸層および３つの障壁層からなるＭＱＷ構造を有する多層膜より構成される活性層３が形成される。次に、活性層３上に、約７５ｎｍの厚みを有するアンドープのＩｎＧａＮからなる光ガイド層（図示せず）、約２０ｎｍの厚みを有するアンドープのＡｌＧａＮからなるキャップ層（図示せず）および約５００ｎｍの厚みを有するＭｇがドープされたｐ型ＡｌＧａＮ層（図示せず）を順次成長させる。これにより、光ガイド層、キャップ層およびｐ型ＡｌＧａＮ層より構成されるｐ側クラッド層４が形成される。この後、ｐ側クラッド層４上に、約３ｎｍの厚みを有するアンドープのＩｎＧａＮからなるコンタクト層５を成長させる。

【００４４】

この後、真空蒸着法などを用いて、コンタクト層５上に、約１ｎｍの厚みを有するＰｔ層（図示せず）、約１００ｎｍの厚みを有するＰｄ層（図示せず）および約１００ｎｍの厚みを有するＡｕ層（図示せず）を順次形成する。これにより、Ｐｔ層、Ｐｄ層およびＡｕ層によって構成されるｐ側オーミック電極８が形成される。

【００４５】

次に、図６に示すように、ｐ側オーミック電極８上のリッジ部６（図１参照）の形成領域に、レジスト１１を形成する。

【００４６】

次に、図７に示すように、CF_4系ガスによるＲＩＥ（Ｒｅａｃｔｉｖｅ Ｉｏｎ Ｅｔｃｈｉｎｇ）法を用いて、レジスト１１をマスクとして、ｐ側オーミック電極８の所定領域を除去する。続いて、Cl_2系ガスによるＲＩＥ法を用いて、レジスト１１をマスクとして、コンタクト層５の上面からｐ側クラッド層４の途中の深さ（ｐ側クラッド層４の上面から約３５０ｎｍの深さ）までの所定領域を除去する。この後、レジスト１１を除去する。

【００４７】

次に、図８に示すように、素子の中心領域を含む領域Ｂ１に位置するｐ側クラッド層４、コンタクト層５およびｐ側オーミック電極８のみを覆うように、レジスト１２を形成する。

【００４８】

次に、図９に示すように、Cl_2系ガスによるＲＩＥ法を用いて、レジスト１２および領域Ａ１に位置するｐ側オーミック電極８をマスクとして、ｐ側クラッド層４の平坦部４ｂの上面から約５０ｎｍの深さまでの所定領域を除去する。これにより、ｐ側クラッド層４の凸部以外の平坦部４ａおよび４ｂは、光出射側の共振器端面１０ａ（図１参照）近傍の領域Ａ１と、領域Ａ１以外の素子の中心領域を含む領域Ｂ１とで異なる厚みとなる。具体的には、領域Ａ１では、ｐ側クラッド層４の平坦部４ａの厚みｔＡ１が約１００ｎｍとなり、凸部の平坦部４ａの上面からの高さが約４００ｎｍとなる。その一方、領域Ｂ１では、ｐ側クラッド層４の平坦部４ｂの厚みｔＢ１が約１５０ｎｍとなり、凸部の平坦部４ｂの上面からの高さが約３５０ｎｍとなる。これにより、ｐ側クラッド層４の凸部とコン

タクト層５とによって構成されるリッジ部６が形成される。この後、レジスト１２を除去することによって、図１０に示す状態にする。

【００４９】

次に、図１１に示すように、プラズマＣＶＤ法を用いて、全面を覆うように、約２００ｎｍの厚みを有するSiO_2膜（図示せず）を形成した後、ｐ側オーミック電極８の上面および側面上に位置するSiO_2膜を除去することによって、SiO_2膜からなる電流ブロック層７を形成する。

【００５０】

最後に、図１に示したように、真空蒸着法などを用いて、ｎ型ＧａＮ基板１の裏面上の所定領域に、約６ｎｍの厚みを有するＡｌ層（図示せず）、約１０ｎｍの厚みを有するＰｄ層（図示せず）および約３００ｎｍの厚みを有するＡｕ層（図示せず）を順次形成する。これにより、Ａｌ層、Ｐｄ層およびＡｕ層によって構成されるｎ側オーミック電極９が形成される。このようにして、第１実施形態による窒化物系半導体レーザ素子が形成される。

【００５１】

次に、上記の製造プロセスに沿って実際に作製した第１実施形態による窒化物系半導体レーザ素子について、レーザ光の広がり角および発光効率を調べた結果について説明する。この第１実施形態では、レーザ光の垂直方向の広がり角θ１および水平方向の広がり角θ２が、それぞれ、約１８°および約１０°になることが判明した。すなわち、θ１／θ２＝約１．８となり、レーザ光の形状が真円（θ１／θ２＝１）に近づくことが確認できた。また、発光効率が約１．５Ｗ／Ａとなり、高い発光効率を得られることが確認できた。

【００５２】

（第２実施形態）

図１２は、本発明の第２実施形態による窒化物系半導体レーザ素子の構造を示した斜視図である。図１３および図１４は、それぞれ、図１２の３００－３００線および４００－４００線に沿った断面図である。図１２～図１４を参照して、この第２実施形態では、上記第１実施形態と異なり、ｐ側オーミック電極に接触するように、光出射側の共振器端面近傍の領域以外の素子の中心領域を含む領域にｐ側パッド電極を形成し、かつ、ｐ側オーミック電極の厚みを第１実施形態よりも小さくすることにより、ｐ側オーミック電極のシート抵抗値を約１０Ω／□にする場合について説明する。なお、第２実施形態による窒化物系半導体レーザ素子は、上記第１実施形態と同様、約３００μｍの幅Ｗと、約６００μｍの共振器の長さＬとを有する。

【００５３】

この第２実施形態による窒化物系半導体レーザ素子では、図１２に示すように、ｎ型ＧａＮ基板１上に、上記第１実施形態と同様の組成および厚みを有するｎ側クラッド層２および活性層３が順次形成されている。活性層３上には、上記第１実施形態のｐ側クラッド層４と同様の組成を有するｐ側クラッド層２４が形成されている。このｐ側クラッド層２４は、約１．５μｍの幅を有するとともに、共振器方向に延びるストライプ状（細長状）の凸部を有する。なお、ｐ側クラッド層２４は、本発明の「第２半導体層」の一例である。

【００５４】

ここで、第２実施形態では、ｐ側クラッド層２４の凸部以外の平坦部２４ａおよび２４ｂは、光出射側の共振器端面２０ａ近傍の領域Ａ２と、領域Ａ２以外の素子の中心領域を含む領域Ｂ２とで異なる厚みを有する。具体的には、領域Ａ２では、図１３に示すように、ｐ側クラッド層２４の平坦部２４ａの厚みｔＡ２は、約６０ｎｍであり、凸部の平坦部２４ａの上面からの高さは、約４４０ｎｍである。また、領域Ｂ２では、図１４に示すように、ｐ側クラッド層２４の平坦部２４ｂの厚みｔＢ２は、約１５０ｎｍであり、凸部の平坦部２４ｂの上面からの高さは、約３５０ｎｍである。すなわち、領域Ａ２の平坦部２４ａの厚みｔＡ２（約６０ｎｍ）は、領域Ｂ２の平坦部２４ｂの厚みｔＢ２（約１５０ｎ

ｍ）よりも小さい。なお、領域Ａ２およびＢ２は、それぞれ、本発明の「第１領域」および「第２領域」の一例であり、平坦部２４ａおよび２４ｂは、それぞれ、本発明の「第１平坦部」および「第２平坦部」の一例である。また、領域Ａ２の共振器方向の長さは、約１０μｍであり、領域Ｂ２の共振器方向の長さは、約５９０μｍである。

【００５５】

また、図１２に示すように、ｐ側クラッド層２４の凸部上には、上記第１実施形態のコンタクト層５と同様の組成および厚みを有するコンタクト層２５が形成されている。なお、コンタクト層２５は、本発明の「第２半導体層」の一例である。このコンタクト層２５とｐ側クラッド層２４の凸部とによって、約１．５μｍの幅を有するとともに、共振器方向に延びるストライプ状（細長状）のリッジ部２６が構成されている。また、ｐ側クラッド層２４の平坦部２４ａおよび２４ｂの上面と、リッジ部２６の側面上とには、上記第１実施形態の電流ブロック層７と同様の組成および厚みを有する電流ブロック層２７が形成されている。

【００５６】

ここで、第２実施形態では、リッジ部２６を構成するコンタクト層２５上に、約１０Ω／□のシート抵抗値を有するように厚みが設定されたｐ側オーミック電極２８が形成されている。このｐ側オーミック電極２８は、コンタクト層２５側から順に、約１ｎｍの厚みを有するＰｔ層（図示せず）および約１０ｎｍの厚みを有するＰｄ層によって構成されている。なお、ｐ側オーミック電極２８は、本発明の「第１電極層」の一例である。また、第２実施形態では、ｐ側オーミック電極２８に接触するように、光出射側の共振器端面２０ａ近傍の領域Ａ２以外の素子の中心領域を含む領域Ｂ２にｐ側パッド電極３０が形成されている。具体的には、ｐ側パッド電極３０の光出射側の端部３０ａは、光出射側の共振器端面２０ａ近傍の領域Ａ２から約１０μｍの間隔Ｌ２を隔てて配置されている。なお、ｐ側パッド電極３０は、ｐ側オーミック電極２８側から順に、約１００ｎｍの厚みを有するＴｉ層（図示せず）、約２００ｎｍの厚みを有するＰｄ層（図示せず）および約３μｍの厚みを有するＡｕ層（図示せず）によって構成されている。なお、ｐ側パッド電極３０は、本発明の「第２電極層」の一例である。

【００５７】

また、ｎ型ＧａＮ基板１の裏面上の所定領域には、上記第１実施形態と同様の組成および厚みを有するｎ側オーミック電極９が形成されている。

【００５８】

そして、第２実施形態による窒化物系半導体レーザ素子では、活性層３で生成された光が共振器端面２０ａおよび２０ｂで反射することによりレーザ発振する。

【００５９】

次に、第２実施形態の窒化物系半導体レーザ素子の構成において、ｐ側オーミック電極２８のシート抵抗値を３段階（約１０Ω／□、約１Ω／□および約０．１Ω／□）に変化させてＭＴＴＦ（Ｍｅａｎ　Ｔｉｍｅ　Ｔｏ　Ｆａｉｌｕｒｅ：平均故障時間）を測定した結果を、以下の表２に示す。

【００６０】

【表２】

p側オーミック電極のシート抵抗値（Ω／□）	MTTF（時間）
10	約5000
1	約4000
0.1	約700

上記表２を参照して、ｐ側オーミック電極２８のシート抵抗値が約１０Ω／□および約１Ω／□の場合では、それぞれ、ＭＴＴＦが約５０００時間および約４０００時間と長く

なることが判明した。これは、ｐ側オーミック電極２８において共振器方向（水平方向）に電流が流れにくくなったために、素子の中心領域を含む領域Ｂ２よりも結晶欠陥の量が多い領域Ａ２に流れる電流を減少させることができたためであると考えられる。これにより、領域Ａ２に位置する活性層３の結晶欠陥部分に電流が流れることに起因する結晶欠陥の増大が抑制されたので、ＭＴＴＦが約４０００時間以上と長くなったと考えられる。その一方、ｐ側オーミック電極２８のシート抵抗値が約０．１Ω／□の場合では、ＭＴＴＦが約７００時間と短くなることが判明した。この結果から、ｐ側オーミック電極２８のシート抵抗値を約１Ω／□以上に設定すれば、ＭＴＴＦを約４０００時間以上に長くすることができると考えられる。

【００６１】

第２実施形態では、上記のように、光出射側の共振器端面２０ａ近傍の領域Ａ２に位置する平坦部２４ａの厚みｔＡ２（約６０ｎｍ）を、領域Ａ２以外の素子の中心領域を含む領域Ｂ２に位置する平坦部２４ｂの厚みｔＢ２（約１５０ｎｍ）よりも小さくすることによって、上記第１実施形態と同様、光出射側の共振器端面２０ａ近傍の領域Ａ２における水平方向の光閉じ込めを強くすることができる。これにより、レーザ光の発光スポットの水平方向の広がりを小さくすることができるので、レーザ光の水平方向の広がり角θ２を大きくすることができる。その結果、上記第１実施形態と同様、レーザ光の形状を真円に近づけることができる。この場合、ｐ側クラッド層２４の凸部（リッジ部２６）をエッチングにより形成する際に、ｐ側クラッド層２４の領域Ｂ２に位置する平坦部２４ｂの厚みｔＢ２（約１５０ｎｍ）が領域Ａ２に位置する平坦部２４ａの厚みｔＡ２（約６０ｎｍ）よりも大きくなるようにエッチングするとともに、活性層３を含む部分をエッチングしないので、上記第１実施形態と同様、活性層３の結晶欠陥の量を減少させることができる。その結果、上記第１実施形態と同様、活性層３の結晶欠陥部分による光吸収の増大を抑制することができるので、高い発光効率を有する窒化物系半導体レーザ素子を得ることができる。このように、第２実施形態では、上記第１実施形態と同様、高い発光効率を有し、かつ、真円形状に近いレーザ光の形状を得ることが可能な窒化物系半導体レーザ素子を得ることができる。

【００６２】

また、第２実施形態では、ｐ側オーミック電極２８に接触するように、光出射側の共振器端面２０ａ近傍の領域Ａ２以外の素子の中心領域を含む領域Ｂ２にｐ側パッド電極３０を形成することによって、ｐ側オーミック電極２８の光出射側の共振器端面２０ａ近傍の領域Ａ２にのみ、ｐ側パッド電極３０から電流を注入することができる。また、ｐ側オーミック電極２８のシート抵抗値を約１０Ω／□に設定することによって、ｐ側パッド電極３０から電流を注入する場合に、ｐ側オーミック電極２８において共振器方向（水平方向）に電流が流れにくくなるので、光出射側の共振器端面２０ａ近傍の領域Ａ２を流れる電流の電流密度を、領域Ａ２以外の素子の中心領域を含む領域Ｂ２を流れる電流の電流密度よりも小さくすることができる。これにより、領域Ａ２に位置する活性層３の結晶欠陥が、領域Ｂ２に位置する活性層３の結晶欠陥よりも多くなったとしても、領域Ａ２に位置する活性層３の結晶欠陥部分に流れる電流を減少させることができる。その結果、活性層３の結晶欠陥部分に多くの電流が流れることに起因して結晶欠陥が増大するのを抑制することができるので、素子の長寿命化を図ることができる。また、ｐ側パッド電極３０の光出射側の端部３０ａを、光出射側の共振器端面２０ａ近傍の領域Ａ２から約１０μｍの間隔Ｌ２を隔てて配置することによって、容易に、光出射側の共振器端面２０ａ近傍の領域Ａ２を流れる電流の電流密度を、領域Ａ２以外の素子の中心領域を含む領域Ｂ２を流れる電流の電流密度よりもより小さくすることができる。具体的には、約１０μｍの長さを有するｐ側オーミック電極２８の抵抗値は、約７０Ωであり、素子の直列抵抗値（約１５Ω）よりも大きくなる。このため、ｐ側パッド電極３０の端部３０ａと領域Ａ２との間に位置するｐ側オーミック電極２８において、ｐ側パッド電極３０の端部３０ａから領域Ａに向かって電流を流れにくくすることができる。

【００６３】

また、第２実施形態の光出射側の共振器端面２０ａ近傍の領域Ａ２において、ｐ側クラッド層２４は、ｐ型ＡｌＧａＮ層が全てエッチングされているとともに、光ガイド層も途中の深さまでがエッチングされている。このようにエッチング深さが大きくなったとしても、エッチング深さが活性層３にまで達していなければ、上記した効果を得ることができる。

【００６４】

なお、第２実施形態のその他の効果は、上記第１実施形態と同様である。

【００６５】

次に、図１２を参照して、第２実施形態の製造プロセスとしては、まず、図５～図１１に示した第１実施形態と同様のプロセスを用いて、電流ブロック層２７までを形成する。ただし、ｐ側オーミック電極２８を形成する際には、コンタクト層２５側から順に、約１ｎｍの厚みを有するＰｔ層（図示せず）および約１０ｎｍの厚みを有するＰｄ層を順次形成する。この後、真空蒸着法などを用いて、ｐ側オーミック電極２８に接触するように、素子の中心領域を含む領域Ｂ２にｐ側パッド電極３０を形成する。具体的には、ｐ側パッド電極３０の光出射側の端部３０ａが、光出射側の共振器端面２０ａ近傍の領域Ａ２から約１０μｍの間隔Ｌ２を隔てて配置されるように、ｐ側パッド電極３０を形成する。なお、ｐ側パッド電極３０を形成する際には、ｐ側オーミック電極２８側から順に、約１００ｎｍの厚みを有するＴｉ層（図示せず）、約２００ｎｍの厚みを有するＰｄ層（図示せず）および約３μｍの厚みを有するＡｕ層（図示せず）を順次形成する。

【００６６】

最後に、真空蒸着法などを用いて、ｎ型ＧａＮ基板１の裏面上の所定領域に、上記第１実施形態と同様の組成および厚みを有するｎ側オーミック電極９を形成する。このようにして、第２実施形態による窒化物系半導体レーザ素子が形成される。

【００６７】

次に、上記の製造プロセスに沿って実際に作製した第２実施形態による窒化物系半導体レーザ素子について、レーザ光の広がり角および発光効率を調べた結果について説明する。この第２実施形態では、レーザ光の垂直方向の広がり角θ１および水平方向の広がり角θ２が、それぞれ、約１８°および約１３°になることが判明した。すなわち、θ１／θ２＝約１．４となり、上記第１実施形態よりもレーザ光の形状が真円（θ１／θ２＝１）に近づくことが確認できた。また、発光効率が約１．５Ｗ／Ａとなり、上記第１実施形態と同様、高い発光効率を得られることが確認できた。

【００６８】

（第３実施形態）

図１５は、本発明の第３実施形態による窒化物系半導体レーザ素子の構造を示した斜視図である。図１６および図１７は、それぞれ、図１５の５００－５００線および６００－６００線に沿った断面図である。図１５～図１７を参照して、この第３実施形態では、上記第１および第２実施形態と異なり、厚みの異なるｐ側クラッド層の平坦部のそれぞれの上面を接続するように、傾斜部を設ける場合について説明する。なお、第３実施形態による窒化物系半導体レーザ素子は、上記第１実施形態と同様、約３００μｍの幅Ｗと、約６００μｍの共振器の長さＬとを有する。

【００６９】

この第３実施形態による窒化物系半導体レーザ素子では、図１５に示すように、ｎ型ＧａＮ基板１上に、上記第１実施形態と同様の組成および厚みを有するｎ側クラッド層２および活性層３が順次形成されている。活性層３上には、上記第１実施形態のｐ側クラッド層４と同様の組成を有するｐ側クラッド層４４が形成されている。このｐ側クラッド層４４は、約１．５μｍの幅を有するとともに、共振器方向に延びるストライプ状（細長状）の凸部を有する。なお、ｐ側クラッド層４４は、本発明の「第２半導体層」の一例である。

【００７０】

ここで、第３実施形態では、ｐ側クラッド層４４の凸部以外の平坦部４４ａおよび４４

ｂは、光出射側の共振器端面４０ａ近傍の領域Ａ３と、領域Ａ３以外の素子の中心領域を含む領域Ｂ３とで異なる厚みを有する。具体的には、領域Ａ３では、図１６に示すように、ｐ側クラッド層４４の平坦部４４ａの厚みｔＡ３は、約１００ｎｍであり、凸部の平坦部４４ａの上面からの高さは、約４００ｎｍである。また、領域Ｂ３では、図１７に示すように、ｐ側クラッド層４４の平坦部４４ｂの厚みｔＢ３は、約１５０ｎｍであり、凸部の平坦部４４ｂの上面からの高さは、約３５０ｎｍである。なお、領域Ａ３およびＢ３は、それぞれ、本発明の「第１領域」および「第２領域」の一例であり、平坦部４４ａおよび４４ｂは、それぞれ、本発明の「第１平坦部」および「第２平坦部」の一例である。また、領域Ａ３の共振器方向の長さは、約１０μｍであり、領域Ｂ３の共振器方向の長さは、約５９０μｍである。また、第３実施形態では、図１５に示すように、ｐ側クラッド層４４の平坦部４４ａと平坦部４４ｂとの間に、平坦部４４ａの上面と平坦部４４ｂの上面とを接続するように、約６０°の傾斜角度を有する傾斜部４４ｃが設けられている。

【００７１】

また、ｐ側クラッド層４４の凸部上には、上記第１実施形態のコンタクト層５と同様の組成および厚みを有するコンタクト層４５が形成されている。なお、コンタクト層４５は、本発明の「第２半導体層」の一例である。このコンタクト層４５とｐ側クラッド層４４の凸部とによって、約１．５μｍの幅を有するとともに、共振器方向に延びるストライプ状（細長状）のリッジ部４６が構成されている。また、ｐ側クラッド層４４の平坦部４４ａおよび４４ｂの上面と、リッジ部４６の側面上とには、上記第１実施形態の電流ブロック層７と同様の組成および厚みを有する電流ブロック層４７が形成されている。また、リッジ部４６を構成するコンタクト層４５上には、上記第１実施形態と同様の組成および厚みを有するｐ側オーミック電極４８が形成されている。

【００７２】

また、ｎ型ＧａＮ基板１の裏面上の所定領域には、上記第１実施形態と同様の組成および厚みを有するｎ側オーミック電極９が形成されている。

【００７３】

そして、第３実施形態による窒化物系半導体レーザ素子では、活性層３で生成された光が共振器端面４０ａおよび４０ｂで反射することによりレーザ発振する。

【００７４】

第３実施形態では、上記のように、光出射側の共振器端面４０ａ近傍の領域Ａ３に位置する平坦部４４ａの厚みｔＡ３（約１００ｎｍ）を、領域Ａ３以外の素子の中心領域を含む領域Ｂ３に位置する平坦部４４ｂの厚みｔＢ３（約１５０ｎｍ）よりも小さくすることによって、上記第１実施形態と同様、光出射側の共振器端面４０ａ近傍の領域Ａ３における水平方向の光閉じ込めを強くすることができる。これにより、レーザ光の発光スポットの水平方向の広がりを小さくすることができるので、レーザ光の水平方向の広がり角θ２を大きくすることができる。その結果、上記第１実施形態と同様、レーザ光の形状を真円に近づけることができる。この場合、ｐ側クラッド層４４の凸部（リッジ部４６）をエッチングにより形成する際に、ｐ側クラッド層４４の領域Ｂ３に位置する平坦部４４ｂの厚みｔＢ３（約１５０ｎｍ）が領域Ａ３に位置する平坦部４４ａの厚みｔＡ３（約１００ｎｍ）よりも大きくなるようにエッチングするとともに、活性層３を含む部分をエッチングしないので、上記第１実施形態と同様、活性層３の結晶欠陥の量を減少させることができる。その結果、上記第１実施形態と同様、活性層３の結晶欠陥部分による光吸収の増大を抑制することができるので、高い発光効率を有する窒化物系半導体レーザ素子を得ることができる。このように、第３実施形態では、上記第１実施形態と同様、高い発光効率を有し、かつ、真円形状に近いレーザ光の形状を得ることが可能な窒化物系半導体レーザ素子を得ることができる。

【００７５】

また、第３実施形態では、ｐ側クラッド層４４の平坦部４４ａと平坦部４４ｂとの間に、平坦部４４ａの上面と平坦部４４ｂの上面とを接続するように、約６０°の傾斜角度を有する傾斜部４４ｃを設けることによって、平坦部４４ａと平坦部４４ｂとの間の境界面

が傾斜するので、厚みの異なる平坦部４４ａと平坦部４４ｂとが垂直の境界面により接続されている場合に比べて、境界面において光出射側とは反対側の共振器端面４０ｂ方向に光が反射されにくくなる。これにより、平坦部４４ａと平坦部４４ｂとの間の境界面と、光出射側とは反対側の共振器端面４０ａとの間の不要なレーザ発振モードの発生を抑制することができる。これにより、高出力領域まで、高い発光効率を有するレーザ発振モード（光出射側の共振器端面４０ａと、光出射側とは反対側の共振器端面４０ｂとの間のレーザ発振モード）を維持することができるので、発光効率をより向上させることができる。また、厚みの異なる平坦部４４ａと平坦部４４ｂとが垂直の境界面により接続されている場合に比べて、平坦部４４ａと平坦部４４ｂとの間の境界面の下端部（エッジ部）が滑らかになる。これにより、平坦部４４ａと平坦部４４ｂとの間の境界面のエッジ部における光損失を抑制することができるので、これによっても、発光効率をより向上させることができる。

【００７６】

なお、第３実施形態のその他の効果は、上記第１実施形態と同様である。

【００７７】

図１８～図２０は、図１５に示した第３実施形態による窒化物系半導体レーザ素子の製造プロセスを説明するための斜視図である。次に、図１５および図１８～図２０を参照して、第３実施形態による窒化物系半導体レーザ素子の製造プロセスについて説明する。

【００７８】

まず、図１８に示すように、図５～図７に示した第１実施形態と同様のプロセスを用いて、ｐ側オーミック電極４８、コンタクト層４５およびｐ側クラッド層４４の所定領域をエッチングすることにより、ｐ側クラッド層４４の凸部までを形成する。この後、素子の中心領域を含む領域Ｂ３に位置するｐ側クラッド層４４、コンタクト層４５およびｐ側オーミック電極４８のみを覆うように、レジスト５１を形成する。この際、露光条件などを制御することによって、光出射側の共振器端面４０ａ（図１５参照）近傍の領域Ａ３と、素子の中心領域を含む領域Ｂ３との境界に位置するレジスト５１の面５１ａが、エッチング後の傾斜角度が約６０°になるような傾斜角度を有するように、レジスト５１を形成する。

【００７９】

次に、図１９に示すように、Cl_2系ガスによるＲＩＥ法を用いて、領域Ａ３に位置するｐ側オーミック電極４８をマスクとして、ｐ側クラッド層４４の領域Ａ３に位置する平坦部４４ａの厚みｔＡ３が約１００ｎｍになるまで、レジスト５１とｐ側クラッド層４４とを同時にエッチングする。これにより、ｐ側クラッド層４４の凸部以外の平坦部４４ａおよび４４ｂは、光出射側の共振器端面４０ａ（図１５参照）近傍の領域Ａ３と、領域Ａ３以外の素子の中心領域を含む領域Ｂ３とで異なる厚みとなる。具体的には、領域Ａ３では、ｐ側クラッド層４４の平坦部４４ａの厚みｔＡ３が約１００ｎｍとなり、凸部の平坦部４４ａの上面からの高さが約４００ｎｍとなる。その一方、領域Ｂ３では、ｐ側クラッド層４４の平坦部４４ｂの厚みｔＢ３が約１５０ｎｍとなり、凸部の平坦部４４ｂの上面からの高さが約３５０ｎｍとなる。また、ｐ側クラッド層４４の平坦部４４ａと平坦部４４ｂとの間には、平坦部４４ａの上面と平坦部４４ｂの上面とを接続するように、約６０°の傾斜角度を有する傾斜部４４ｃが設けられる。これにより、ｐ側クラッド層４４の凸部とコンタクト層４５とによって構成されるリッジ部４６が形成される。この後、レジスト５１を除去することによって、図２０に示す状態にする。

【００８０】

次に、図１５に示したように、図１１に示した第１実施形態と同様のプロセスを用いて、ｐ側クラッド層４４の平坦部４４ａおよび４４ｂの上面と、リッジ部４６の側面上とに、上記第１実施形態の電流ブロック層７と同様の組成および厚みを有する電流ブロック層４７を形成する。

【００８１】

最後に、真空蒸着法などを用いて、ｎ型ＧａＮ基板１の裏面上の所定領域に、上記第１

実施形態と同様の組成および厚みを有するｎ側オーミック電極９を形成する。このようにして、第３実施形態による窒化物系半導体レーザ素子が形成される。

【００８２】

（第４実施形態）

図２１は、本発明の第４実施形態による窒化物系半導体レーザ素子の構造を示した斜視図である。図２２は、図２１の７００－７００線および９００－９００線に沿った断面図であり、図２３は、図２１の８００－８００線に沿った断面図である。図２１～図２３を参照して、この第４実施形態では、上記第１～第３実施形態と異なり、ｐ側クラッド層において、光出射側とは反対側の共振器端面近傍の領域にも、素子の中心領域を含む領域に位置する平坦部の厚みよりも小さい厚みを有する平坦部を設ける場合について説明する。なお、第４実施形態による窒化物系半導体レーザ素子は、上記第１実施形態と同様、約３００μｍの幅Ｗと、約６００μｍの共振器の長さＬとを有する。

【００８３】

この第４実施形態による窒化物系半導体レーザ素子では、図２１に示すように、ｎ型ＧａＮ基板１上に、上記第１実施形態と同様の組成および厚みを有するｎ側クラッド層２および活性層３が順次形成されている。活性層３上には、上記第１実施形態のｐ側クラッド層４と同様の組成を有するｐ側クラッド層６４が形成されている。このｐ側クラッド層６４は、約１．５μｍの幅を有するとともに、共振器方向に延びるストライプ状（細長状）の凸部を有する。なお、ｐ側クラッド層６４は、本発明の「第２半導体層」の一例である。

【００８４】

ここで、第４実施形態では、ｐ側クラッド層６４の凸部以外の平坦部６４ａ、６４ｂおよび６４ｃは、光出射側の共振器端面６０ａ近傍の領域Ａ４および光出射側とは反対側の共振器端面６０ｂ近傍の領域Ｃ４と、領域Ａ４およびＣ４以外の素子の中心領域を含む領域Ｂ４とで異なる厚みを有する。具体的には、領域Ａ４およびＣ４では、図２２に示すように、ｐ側クラッド層６４の平坦部６４ａおよび６４ｃの厚みｔＡ４は、約１００ｎｍであり、凸部の平坦部６４ａおよび６４ｃの上面からの高さは、約４００ｎｍである。また、領域Ｂ４では、図２３に示すように、ｐ側クラッド層６４の平坦部６４ｂの厚みｔＢ４は、約１５０ｎｍであり、凸部の平坦部６４ｂの上面からの高さは、約３５０ｎｍである。すなわち、領域Ａ４およびＣ４の平坦部６４ａおよび６４ｃの厚みｔＡ４（約１００ｎｍ）は、領域Ｂ４の平坦部６４ｂの厚みｔＢ４（約１５０ｎｍ）よりも小さい。なお、領域Ａ４、Ｂ４およびＣ４は、それぞれ、本発明の「第１領域」、「第２領域」および「第３領域」の一例であり、平坦部６４ａ、６４ｂおよび６４ｃは、それぞれ、本発明の「第１平坦部」、「第２平坦部」および「第３平坦部」の一例である。また、領域Ａ４およびＣ４の共振器方向の長さは、約１０μｍであり、領域Ｂ４の共振器方向の長さは、約５８０μｍである。

【００８５】

また、図２１に示すように、ｐ側クラッド層６４の凸部上には、上記第１実施形態のコンタクト層５と同様の組成および厚みを有するコンタクト層６５が形成されている。なお、コンタクト層６５は、本発明の「第２半導体層」の一例である。このコンタクト層６５とｐ側クラッド層６４の凸部とによって、約１．５μｍの幅を有するとともに、共振器方向に延びるストライプ状（細長状）のリッジ部６６が構成されている。また、ｐ側クラッド層６４の平坦部６４ａ、６４ｂおよび６４ｃの上面と、リッジ部６６の側面上とには、上記第１実施形態の電流ブロック層７と同様の組成および厚みを有する電流ブロック層６７が形成されている。また、リッジ部６６を構成するコンタクト層６５上には、上記第１実施形態と同様の組成および厚みを有するｐ側オーミック電極６８が形成されている。

【００８６】

また、ｎ型ＧａＮ基板１の裏面上の所定領域には、上記第１実施形態と同様の組成および厚みを有するｎ側オーミック電極９が形成されている。

【００８７】

そして、第４実施形態による窒化物系半導体レーザ素子では、活性層３で生成された光が共振器端面６０ａおよび６０ｂで反射することによりレーザ発振する。

【００８８】

第４実施形態では、上記のように、光出射側の共振器端面６０ａ近傍の領域Ａ４に位置する平坦部６４ａの厚みｔＡ４（約１００ｎｍ）を、領域Ａ４以外の素子の中心領域を含む領域Ｂ４に位置する平坦部６４ｂの厚みｔＢ４（約１５０ｎｍ）よりも小さくすることによって、上記第１実施形態と同様、光出射側の共振器端面６０ａ近傍の領域Ａ４における水平方向の光閉じ込めを強くすることができる。これにより、レーザ光の発光スポットの水平方向の広がりを小さくすることができるので、レーザ光の水平方向の広がり角θ２を大きくすることができる。その結果、上記第１実施形態と同様、レーザ光の形状を真円に近づけることができる。この場合、ｐ側クラッド層６４の凸部（リッジ部６６）をエッチングにより形成する際に、ｐ側クラッド層６４の領域Ｂ４に位置する平坦部６４ｂの厚みｔＢ４（約１５０ｎｍ）が領域Ａ４に位置する平坦部６４ａの厚みｔＡ４（約１００ｎｍ）よりも大きくなるようにエッチングするとともに、活性層３を含む部分をエッチングしないので、上記第１実施形態と同様、活性層３の結晶欠陥の量を減少させることができる。その結果、上記第１実施形態と同様、活性層３の結晶欠陥部分による光吸収の増大を抑制することができるので、高い発光効率を有する窒化物系半導体レーザ素子を得ることができる。このように、第４実施形態では、上記第１実施形態と同様、高い発光効率を有し、かつ、真円形状に近いレーザ光の形状を得ることが可能な窒化物系半導体レーザ素子を得ることができる。

【００８９】

また、第４実施形態では、光出射側とは反対側の共振器端面６０ｂ近傍の領域Ｃ４にも、平坦部６４ｂの厚みｔＢ４（約１５０ｎｍ）よりも小さい厚みｔＡ４（約１００ｎｍ）を有する平坦部６４ｃを設けることによって、光出射側とは反対側の共振器端面６０ｂを光出射面として用いたとしても、レーザ光の形状を真円に近づけることができる。これにより、２つの共振器端面６０ａおよび６０ｂのうち、どちらの共振器端面６０ａおよび６０ｂを光出射面として用いたとしても、レーザ光の形状を真円に近づけることができる。これにより、素子を組み立てる際に、どちらの共振器端面６０ａおよび６０ｂを光出射面に設定したとしても、真円形状に近いレーザ光の形状を得ることが可能な半導体レーザ素子を作製することができる。

【００９０】

図２４～図２６は、図２１に示した第４実施形態による窒化物系半導体レーザ素子の製造プロセスを説明するための斜視図である。次に、図２１および図２４～図２６を参照して、第４実施形態による窒化物系半導体レーザ素子の製造プロセスについて説明する。

【００９１】

まず、図２４に示すように、図５～図７に示した第１実施形態と同様のプロセスを用いて、ｐ側オーミック電極６８、コンタクト層６５およびｐ側クラッド層６４の所定領域をエッチングすることにより、ｐ側クラッド層６４の凸部までを形成する。この後、素子の中心領域を含む領域Ｂ４に位置するｐ側クラッド層６４、コンタクト層６５およびｐ側オーミック電極６８のみを覆うように、レジスト７１を形成する。

【００９２】

次に、図２５に示すように、Cl_2系ガスによるＲＩＥ法を用いて、レジスト７１と、領域Ａ４およびＣ４に位置するｐ側オーミック電極６８とをマスクとして、ｐ側クラッド層６４の平坦部６４ｂの上面から約５０ｎｍの深さまでの所定領域を除去する。これにより、ｐ側クラッド層６４の凸部以外の平坦部６４ａ、６４ｂおよび６４ｃは、光出射側の共振器端面６０ａ（図２１参照）近傍の領域Ａ４および光出射側とは反対側の共振器端面６０ｂ（図２１参照）近傍の領域Ｃ４と、領域Ａ４およびＣ４以外の素子の中心領域を含む領域Ｂ４とで異なる厚みとなる。具体的には、領域Ａ４およびＣ４では、ｐ側クラッド層６４の平坦部６４ａおよび６４ｃの厚みｔＡ４が約１００ｎｍとなり、凸部の平坦部６４ａおよび６４ｃの上面からの高さが約４００ｎｍとなる。その一方、領域Ｂ４では、ｐ

側クラッド層６４の凸部以外の平坦部６４ｂの厚みｔＢ４が約１５０ｎｍとなり、凸部の平坦部６４ｂの上面からの高さが約３５０ｎｍとなる。これにより、ｐ側クラッド層６４の凸部とコンタクト層６５とによって構成されるリッジ部６６が形成される。この後、レジスト７１を除去することによって、図２６に示す状態にする。

【００９３】

次に、図２１に示したように、図１１に示した第１実施形態と同様のプロセスを用いて、ｐ側クラッド層６４の平坦部６４ａ、６４ｂおよび６４ｃの上面と、リッジ部６６の側面上とに、上記第１実施形態の電流ブロック層７と同様の組成および厚みを有する電流ブロック層６７を形成する。

【００９４】

最後に、真空蒸着法などを用いて、ｎ型ＧａＮ基板１の裏面上の所定領域に、上記第１実施形態と同様の組成および厚みを有するｎ側オーミック電極９を形成する。このようにして、第４実施形態による窒化物系半導体レーザ素子が形成される。

【００９５】

なお、今回開示された実施形態は、すべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は、上記した実施形態の説明ではなく特許請求の範囲によって示され、さらに特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれる。

【００９６】

たとえば、上記第１～第４実施形態では、窒化物系半導体からなる半導体レーザ素子に本発明を適用する場合について説明したが、本発明はこれに限らず、窒化物系半導体以外の半導体からなる半導体レーザ素子にも適用可能である。

【００９７】

また、上記第１～第４実施形態では、光出射側の共振器端面近傍の領域の共振器方向の長さを、約１０μｍに設定したが、本発明はこれに限らず、光出射側の共振器端面近傍の領域の共振器方向の長さが、約３μｍ以上５０μｍ以下の範囲内であればよい。

【００９８】

また、上記第１、第３および第４実施形態では、ｐ側クラッド層の素子の中心領域を含む領域に位置する平坦部の厚みを、約１５０ｎｍに設定したが、本発明はこれに限らず、ｐ側クラッド層の素子の中心領域を含む領域に位置する平坦部の厚みを、約１００ｎｍ以上約２５０ｎｍ以下に設定すれば、発光効率を高くすることができ、かつ、しきい値電流を低くすることができる。

【００９９】

また、上記第２実施形態では、ｐ側パッド電極３０の光出射側の端部３０ａを、光出射側の共振器端面２０ａ近傍の領域Ａ２から約１０μｍの間隔Ｌ２を隔てて配置したが、本発明はこれに限らず、ｐ側パッド電極の光出射側の端部が共振器端面にまで達していなければ、ｐ側パッド電極の光出射側の端部を光出射側の共振器端面近傍の領域に配置してもよい。

【０１００】

また、上記第２実施形態では、ｐ側オーミック電極のシート抵抗値を、約１０Ω／□に設定したが、本発明はこれに限らず、ｐ側オーミック電極のシート抵抗値を、約１Ω／□以上に設定すれば、ＭＴＴＦ（平均故障時間）を長くすることができる。これにより、素子の寿命を長くすることができる。

【０１０１】

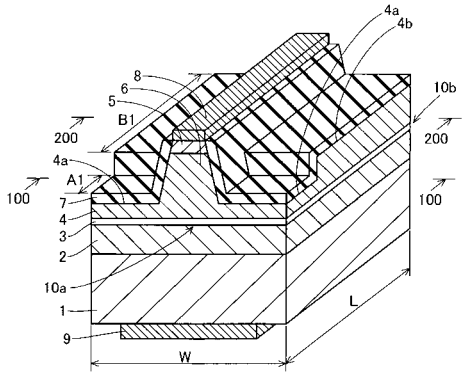
また、上記第３実施形態では、厚みの異なるｐ側クラッド層の平坦部のそれぞれの上面を接続するように、約６０°の傾斜角度を有する傾斜部を設けたが、本発明はこれに限らず、約６０°以外の傾斜角度を有する傾斜部によって、厚みの異なるｐ側クラッド層の平坦部のそれぞれの上面を接続してもよい。

【符号の説明】

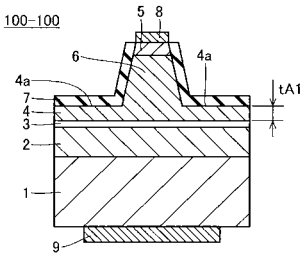
【０１０２】

２　ｎ側クラッド層（第１半導体層）
３　活性層
４、２４、４４、６４　ｐ側クラッド層（第２半導体層）
４ａ、２４ａ、４４ａ、６４ａ　平坦部（第１平坦部）
４ｂ、２４ｂ、４４ｂ、６４ｂ　平坦部（第２平坦部）
５、２５、４５　コンタクト層
２８　ｐ側オーミック電極（第１電極層）
３０　ｐ側パッド電極（第２電極層）
６４ｃ　平坦部（第３平坦部）
Ａ１、Ａ２、Ａ３、Ａ４　領域（第１領域）
Ｂ１、Ｂ２、Ｂ３、Ｂ４　領域（第２領域）
Ｃ４　領域（第３領域）

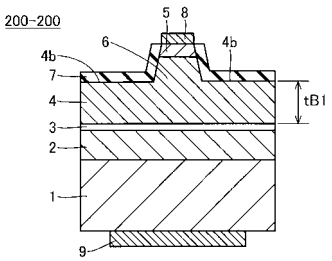
【図１】



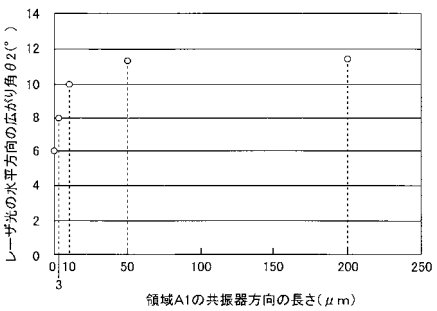
【図２】



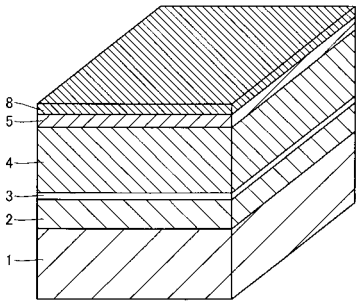
【図３】



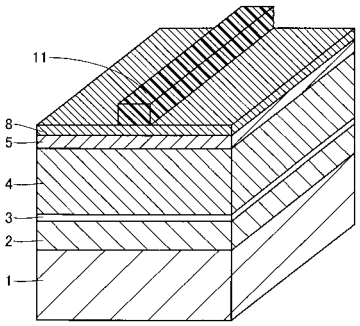
【図４】



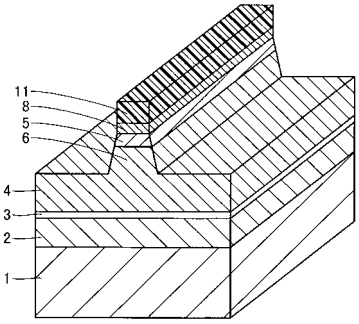
【図５】



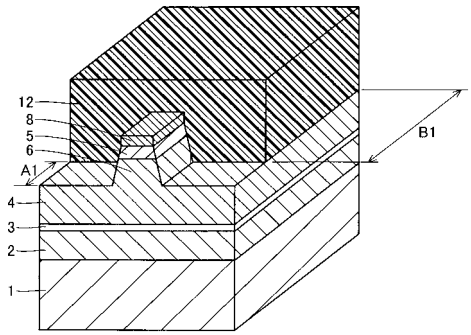
【図６】



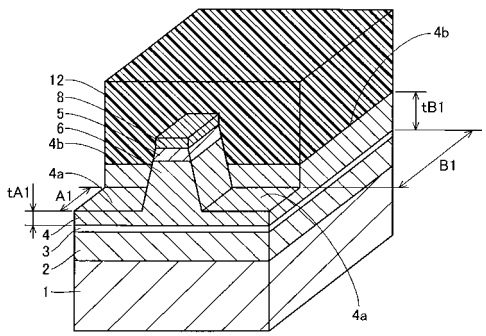
【図７】



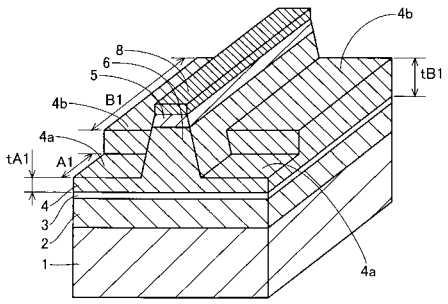
【図８】



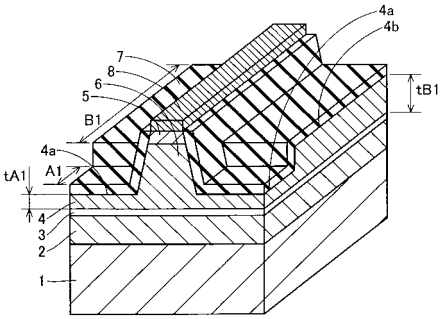
【図９】



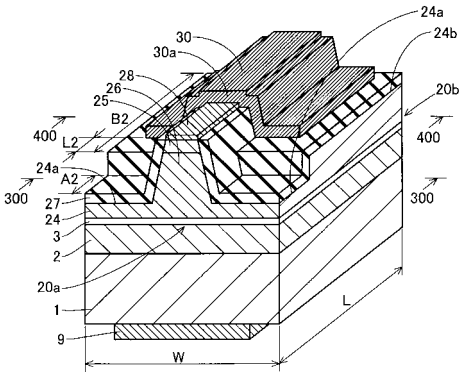
【図１０】



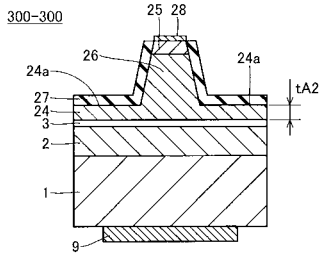
【図１１】



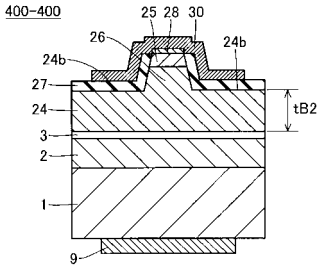
【図１２】



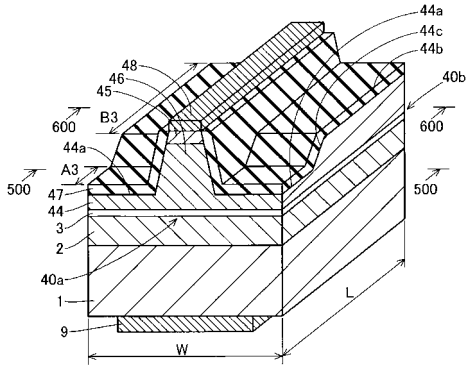
【図１３】



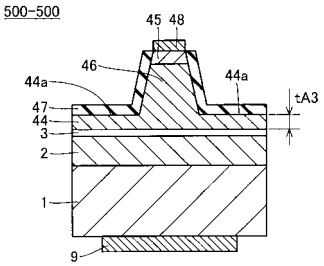
【図１４】



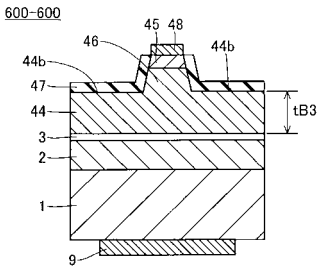
【図１５】



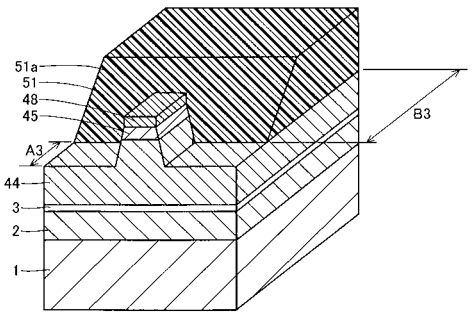
【図１６】



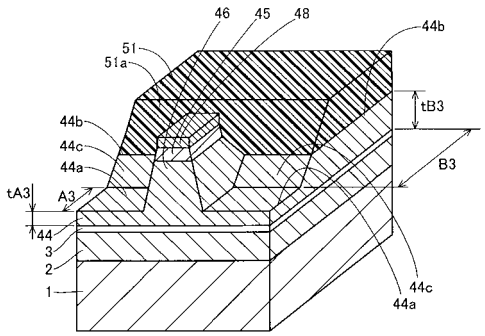
【図１７】



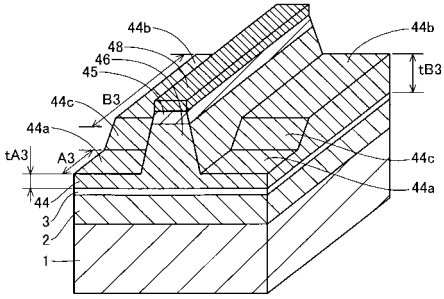
【図１８】



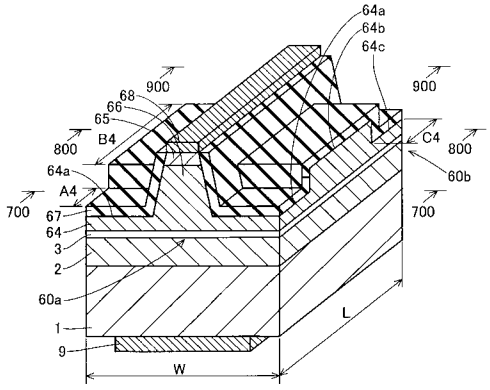
【図１９】



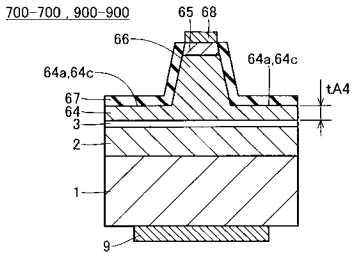
【図２０】



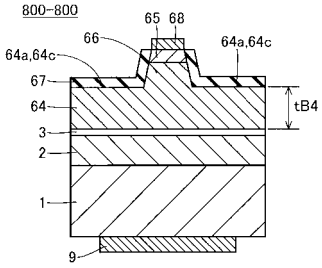
【図２１】



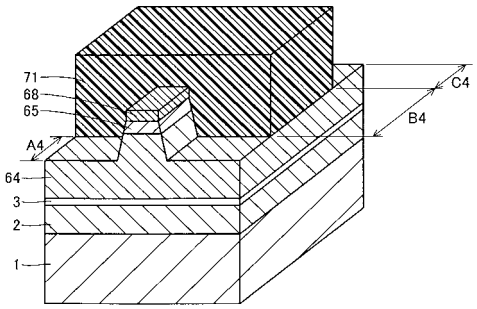
【図２２】



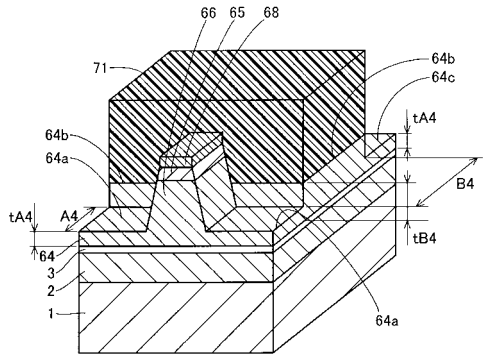
【図２３】



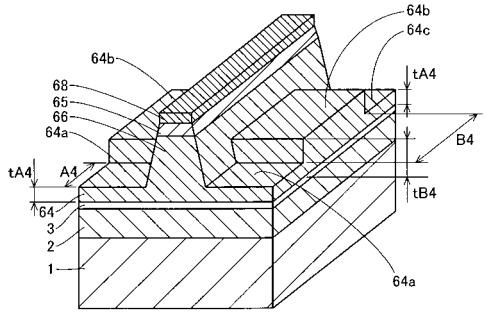
【図２４】



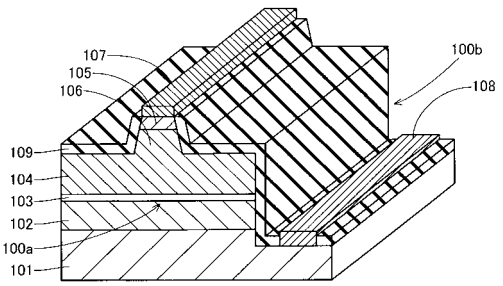
【図２５】



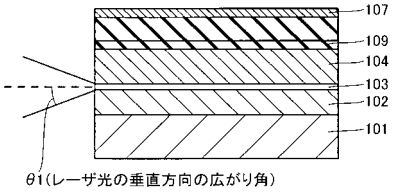
【図２６】



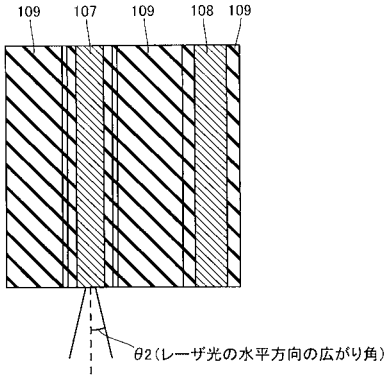
【図２７】



【図２８】



【図２９】



フロントページの続き

(72)発明者　別所　靖之
大阪府守口市京阪本通２丁目５番５号　三洋電機株式会社内
(72)発明者　畑　雅幸
大阪府守口市京阪本通２丁目５番５号　三洋電機株式会社内
(72)発明者　野村　康彦
大阪府守口市京阪本通２丁目５番５号　三洋電機株式会社内

Ｆターム(参考) 5F173 AA08　AF32　AH22　AK20　AK21　AP05　AP33　AR23　AR53