(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3905935号
(P3905935)
(45)発行日　平成19年4月18日(2007.4.18)　(24)登録日　平成19年1月19日(2007.1.19)

(51)Int.Cl.　　F I
H01S 5/30 (2006.01)　　H01S 5/30
H01L 33/00 (2006.01)　　H01L 33/00　C

請求項の数 3　(全 18 頁)

(21)出願番号　特願平8-38118
(22)出願日　平成8年2月26日(1996.2.26)
(65)公開番号　特開平9-129984
(43)公開日　平成9年5月16日(1997.5.16)
審査請求日　平成13年6月8日(2001.6.8)
審判番号　不服2004-720(P2004-720/J1)
審判請求日　平成16年1月8日(2004.1.8)
(31)優先権主張番号　特願平7-225381
(32)優先日　平成7年9月1日(1995.9.1)
(33)優先権主張国　日本国(JP)

(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
(72)発明者　板谷　和彦
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　山本　雅裕
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　小野村　正明
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

最終頁に続く

(54)【発明の名称】半導体素子及び半導体素子の製造方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

六方晶型を有する窒素を含む化合物半導体からなる素子部を有する半導体素子において、立方晶型を有するIII-V族化合物半導体からなる結晶部を前記素子部と一体にして備え、前記結晶部は［０１１］方位又は［０１１¯］方位に対して垂直な劈開面を有し、前記素子部は前記六方晶型の窒素を含む化合物半導体の整数表記で決定される＜１１２¯０＞方位に対して垂直な劈開面を有し、前記＜１１２¯０＞方位と前記［０１１］方位又は［０１１¯］方位とが一致し、かつ、前記素子部と前記結晶部との接着界面が前記素子部および前記結晶部の前記劈開面に対して垂直になるように、前記素子部と前記結晶部とを一体にしていることを特徴とする半導体素子。

【請求項２】

サファイア基板上に六方晶型を有する窒素を含む化合物半導体からなる素子部を成長させ、別途に用意したIII-V族化合物半導体からなる立方晶型の半導体基板と接触させ、少なくとも熱処理を含む工程を経て、前記素子部と前記半導体基板とを接着せしめる半導体素子の製造方法であって、前記立方晶型の半導体基板における［０１１］方位又は［０１１¯］方位と、前記素子部を構成する六方晶型の窒素を含む化合物半導体の整数表記で決定される＜１１２¯０＞方位とを一致させて、前記素子部と前記半導体基板とを接着せしめ、前記素子部は、ＡｌＮ層を有し、前記ＡｌＮ層をエッチングすることにより、前記六方晶型の窒素を含む化合物半導体の成長時に用いた前記基板を除去し、その後、前記接着せしめた前記素子部と前記半導体基板とを劈開することにより、前記［０１１］方位又は

［０１１¯］方位に対して垂直かつ前記素子部と前記半導体基板との接着界面に対して垂直な劈開面を前記半導体基板に形成し、前記＜１１２¯０＞方位に対して垂直かつ前記接着界面に対して垂直な劈開面を前記素子部に形成することを特徴とする半導体素子の製造方法。

【請求項３】

基板上に六方晶型を有する窒素を含む化合物半導体からなる素子部を成長させ、別途に用意したIII-V族化合物半導体からなる立方晶型の半導体基板と接触させ、少なくとも熱処理を含む工程を経て、前記素子部と前記半導体基板とを接着せしめる半導体素子の製造方法であって、前記立方晶型の半導体基板における［０１１］方位又は［０１１¯］方位と、前記素子部を構成する六方晶型の窒素を含む化合物半導体の整数表記で決定される＜１１２¯０＞方位とを一致させて、前記素子部と前記半導体基板とを接着せしめ、前記素子部は、ＡｌＮ層を有し、前記ＡｌＮ層をエッチングすることにより、前記六方晶型の窒素を含む化合物半導体の成長時に用いた前記基板を除去し、その後、前記接着せしめた前記素子部と前記半導体基板とを劈開することにより、前記［０１１］方位又は［０１１¯］方位に対して垂直かつ前記素子部と前記半導体基板との接着界面に対して垂直な劈開面を前記半導体基板に形成し、前記＜１１２¯０＞方位に対して垂直かつ前記接着界面に対して垂直な劈開面を前記素子部に形成することを特徴とする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】

本発明は化合物半導体材料を用いた半導体素子及びその製造方法に係わり、特に、ＧａＮ、ＡｌＧａＮ、ＩｎＧａＮなど窒素を含む化合物半導体からなる半導体素子及びその製造方法に関する。

【０００２】

【従来の技術】

近年、高密度光ディスクシステム等への応用を目的として短波長の半導体レーザの開発が進められている。この種のレーザでは記録密度を高めるために発振波長を短くすることが要求されている。

【０００３】

短波長の半導体レーザとしてＩｎＧａＡｌＰ材料による６００ｎｍ帯光源は、ディスクの読み込み、書き込みのどちらも可能なレベルにまで特性改善され、すでに実用化されている。さらなる記録密度向上を目指して青色半導体レーザの開発が盛んに行われている。

【０００４】

このような開発において、すでにII－VI族系による半導体レーザは発振動作が確認されている。しかしながら、信頼性が１時間程度にリミットされるなど実用化への障壁は多く、また波長も４８０ｎｍ以下は困難であるなど、次世代の光ディスクシステム等への応用には材料的なリミットが数多く存在する。

【０００５】

一方、ＧａＮ系の半導体レーザは、３５０ｎｍ以下まで短波長が可能で信頼性に関してもＬＥＤにおいては１万時間以上の信頼性が確認されるなど有望であり、盛んに研究、開発が行われている。このようにナイトライド系は材料的に次世代の光ディスクシステム光源に必要な条件を満たす優れた材料である。

【０００６】

一方、半導体レーザ形成のためには、共振器を作りつけるためにミラーが必要となる。通常の半導体レーザでは自然へき開面を用いてミラーを形成している。これは立方晶型のせん亜鉛構造において、［０１１］あるいは［０１１¯］（１¯は１のインバースを表す。以下同じ）方向に結合エネルギーの小さな面が存在することを利用したものである。

【０００７】

ところで、ナイトライド系には立方晶型と六方晶型が存在する。ナイトライド系のＬＥＤを得るには、現在のところ、サファイヤ上に成長する六方晶型が最も良好な結晶が得られ

ている。しかしながら、六方晶型には通常の半導体レーザ形成時に用いる自然へき開面のモードは明確には存在しないため、共振器ミラー形成が非常に困難で、素子作製プロセスの歩留まりが低いという問題が生じていた。

【０００８】

また基板に導電性のないサファイヤを用いるため、素子に電流を積層方向に流すことができず、横方向から電流注入を強いられていた。この問題のために、素子抵抗は５０Ωを越える大きなものとなり、レーザ発振自身が困難となり、例え発振しても、著しく素子の信頼性が損なわれていた。また、上記問題のために、電流狭窄構造にも制限が与えられ、高抵抗であることと相俟って、例えレーザ発振が実現しても印加電圧による素子劣化を起こすという難点を有していた。また、サファイア基板は放熱性が悪いことから、レーザ発振に必要な高電流注入では、熱による結晶劣化を招いていた。

【０００９】

また、素子を放熱性のある部品に装着する上でも問題が生じており、種々の色を実現するモノリシック構造，すなわち一体構造等の形成も極めて困難であった。

【００１０】

【発明が解決しようとする課題】

このように従来の、ナイトライド系発光素子では共振器ミラー形成が非常に困難で、素子抵抗が著しく高く、レーザにおいては連続発振が困難であり、ＬＥＤの場合も素子抵抗が著しく高いという問題点があった。

【００１１】

本発明は上記事情を考慮してなされたもので、その第１の目的は、半導体レーザ等における共振器ミラーを容易に形成可能とした半導体素子及びその製造方法を提供することにある。

【００１２】

第２の目的は、素子抵抗が十分に低く、信頼性の高い半導体素子及びその製造方法を提供することにある。

第３の目的は、ミラー形成及び電流狭窄構造形成が容易であるばかりか、素子抵抗が十分に低く、さらには集積化に優れたナイトライド系の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。

【００１３】

【課題を解決するための手段】

本発明の骨子は、立方晶型半導体基板をナイトライド系発光素子に接着し、立方晶型半導体基板の自然劈開性を用いて共振器ミラーを形成するものであり、また、立方晶基板は導電性または電流狭窄構造を有する発光素子層を含むようにすることで直接抵抗を減少させ、かつ信頼性をも向上させたものである。

【００１４】

また、サファイアなど、ナイトライド系発光層を成長させるために用いた基板は、エッチングまたは研磨により取り除くものである。また、立方晶型結晶の間にはアモルファス層を形成することで新たな結晶欠陥を形成せずに接着せしめるものである。

【００１５】

本発明によれば、六方晶型を有するナイトライド系半導体層が接着させた立方晶型を有する半導体基板に誘導され、自然劈開に近い、良好なミラーを形成できる。立方晶型結晶半導体と六方晶型発光素子は熱圧着法による界面の固相反応で数原子オーダーのアモルファス層を形成することで、格子不整による欠陥発生を防止することができるばかりか、原子どうしの結合が強く、また、接着界面における電気的接触抵抗を良好にできる。

【００１６】

また、夫々内部電流狭窄構造を有する赤色半導体レーザと青色半導体レーザを直接接着することで、従来の光ディスクシステムの光源と近い将来実用化される光ディスクの光源を集積させることが可能となるため、安価で且つ光学系を簡単にできる光ディスクシステムに応用できる。

【００１７】
次に、上記課題を解決するための手段について、各請求項に即して具体的に説明する。
まず、請求項１に対応する発明は、六方晶型を有する窒素を含む化合物半導体からなる素子部を有する半導体素子において、立方晶型を有するIII-V族化合物半導体からなる結晶部を前記素子部と一体にして備え、前記結晶部は［０１１］方位又は［０１１¯］方位に対して垂直な劈開面を有し、前記素子部は前記六方晶型の窒素を含む化合物半導体の整数表記で決定される＜１１２¯０＞方位に対して垂直な劈開面を有し、前記＜１１２¯０＞方位と前記［０１１］方位又は［０１１¯］方位とが一致し、かつ、前記素子部と前記結晶部との接着界面が前記素子部および前記結晶部の前記劈開面に対して垂直になるように、前記素子部と前記結晶部とを一体にしていることを特徴とする半導体素子である。

【００２３】
一方、請求項２に対応する発明は、サファイア基板上に六方晶型を有する窒素を含む化合物半導体からなる素子部を成長させ、別途に用意したIII-V族化合物半導体からなる立方晶型の半導体基板と接触させ、少なくとも熱処理を含む工程を経て、前記素子部と前記半導体基板とを接着せしめる半導体素子の製造方法であって、前記立方晶型の半導体基板における［０１１］方位又は［０１１¯］方位と、前記素子部を構成する六方晶型の窒素を含む化合物半導体の整数表記で決定される＜１１２¯０＞方位とを一致させて、前記素子部と前記半導体基板とを接着せしめ、前記素子部は、ＡｌＮ層を有し、前記ＡｌＮ層をエッチングすることにより、前記六方晶型の窒素を含む化合物半導体の成長時に用いた前記基板を除去し、その後、前記接着せしめた前記素子部と前記半導体基板とを劈開することにより、前記［０１１］方位又は［０１１¯］方位に対して垂直かつ前記素子部と前記半導体基板との接着界面に対して垂直な劈開面を前記半導体基板に形成し、前記＜１１２¯０＞方位に対して垂直かつ前記接着界面に対して垂直な劈開面を前記素子部に形成することを特徴とする半導体素子の製造方法である。

【００２４】
次に、請求項３に対応する発明は、基板上に六方晶型を有する窒素を含む化合物半導体からなる素子部を成長させ、別途に用意したIII-V族化合物半導体からなる立方晶型の半導体基板と接触させ、少なくとも熱処理を含む工程を経て、前記素子部と前記半導体基板とを接着せしめる半導体素子の製造方法であって、前記立方晶型の半導体基板における［０１１］方位又は［０１１¯］方位と、前記素子部を構成する六方晶型の窒素を含む化合物半導体の整数表記で決定される＜１１２¯０＞方位とを一致させて、前記素子部と前記半導体基板とを接着せしめ、前記素子部は、ＡｌＮ層を有し、前記ＡｌＮ層をエッチングすることにより、前記六方晶型の窒素を含む化合物半導体の成長時に用いた前記基板を除去し、その後、前記接着せしめた前記素子部と前記半導体基板とを劈開することにより、前記［０１１］方位又は［０１１¯］方位に対して垂直かつ前記素子部と前記半導体基板との接着界面に対して垂直な劈開面を前記半導体基板に形成し、前記＜１１２¯０＞方位に対して垂直かつ前記接着界面に対して垂直な劈開面を前記素子部に形成することを特徴とする半導体素子の製造方法である。

【００２６】
この素子部は、例えば半導体光発光素子であり、六方晶型の半導体光発光素子としては例えばサファイヤ上に成長するナイトライド系半導体素子が考えられる。

【００２７】
このナイトライド系の六方晶型半導体には、自然へき開面のモードが明確には存在しないが、立方晶型の結晶部と素子部とが一体となっているので、立方晶型の結晶部をへき開することにより、このへき開に誘導されて六方晶型の素子部に自然へき開に近い、良好なミラーを形成できる。

【００２８】
したがって、このような六方晶型の素子部と立方晶型の結晶部とを一体化させた半導体素子にあっては、例えばレーザ共振器ミラーが容易に形成可能となる。また、請求項１に対応する発明の半導体素子においては、結晶部における［０１１］方位又は［０１１-］方

位が、素子部を構成する半導体の整数表記で決定される方位と一致しているので、素子部と結晶部との一体化を例えば接着により行った場合に、原子同士の結合による接着が可能で接着強度も強く、また、六方晶型のへき開モードをより良く誘導することができる。また、接着界面における電気的接触も良好にできる。

【００２９】

さらに、請求項１に対応する発明の半導体素子においては、結晶部における［０１１］方位又は［０１１-］方位と一致する半導体の整数表記で決定される方位は、＜１１２-０＞（２-は２のインバースを表す。以下同じ）方位であり、この場合、より一層確実に六方晶型のへき開モードをより良く誘導することができる。

【００３２】

そして、半導体発光素子構造部を形成する半導体層のひとつの劈開面方位が、立方晶構造の導電性半導体基板の劈開面方位と一致している。

したがって、立方晶構造の導電性半導体基板をへき開すれば、半導体発光素子構造部が誘導へき開され、六方晶構造の半導体発光素子構造部に自然へき開に近い、良好なミラーを形成できる。

【００３４】

そして、半導体発光素子構造部と導電性半導体基板との間には、当該半導体発光素子構造部及び当該導電性半導体基板の構成元素を有するアモルファス層が形成されている。

【００３５】

一方、請求項２に対応する発明の半導体素子の製造方法においては、まず、サファイア基板上に六方晶型の半導体からなる素子部が成長される。

【００３６】

次に、別途に用意した立方晶型の半導体基板と接触させ、少なくとも熱処理を含む工程を経て、素子部と半導体基板とを接着せしめる。

このようにして素子部と半導体基板とが直接接着されるので、上記請求項１に記載した半導体素子の製造が可能となる。

【００３７】

次に、請求項３に対応する発明の半導体素子の製造方法においては、素子部は、ＡｌＮ層を有し、例えば接着後、そのＡｌＮ層をエッチングし、六方晶型の半導体の成長時に用いた基板がリフトオフされることにより除去される。

【００３８】

したがって、請求項２に対応する発明と同様に作用する他、上記成長時使用基板が例えばサファイアなどの高抵抗基板であったとき、これを除去することにより、素子に電流を積層方向に流すことが可能となる。これにより、素子抵抗上昇を回避でき、素子構造も簡略化してレーザ，ＬＥＤ等の信頼性を向上させることができる。また、例えば素子抵抗の低い、レーザ発振を容易に可能とした半導体素子を製造することができる。

【００４１】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について説明する。

（第１の発明の実施の形態）

図１は本発明の第１の実施の形態に係る半導体素子としての青色半導体レーザ装置の概略構成を示す断面図である。

【００４２】

この半導体レーザ装置においては、結晶部としてのＩｎＰ基板１１上に、直接接着されたサファイヤ基板１２が設けられている。

サファイヤ基板１２上には、ＭＯＣＶＤ法による結晶成長により、ｎ－ＧａＮ層１３（Ｓｉドープ、３～５×$10^{18}$$cm^{-3}$）と、ｎ－$Al_{0.5}Ga_{0.5}N$クラッド層１４（Ｓｉドープ、５×$10^{17}$$cm^{-3}$、層厚０．１５μｍ）と、ＧａＮ活性層１５（アンドープ、層厚０．１μｍ）と、ｐ－$Al_{0.5}Ga_{0.5}N$クラッド層１６（Ｍｇドープ、５×$10^{17}$$cm^{-3}$、層厚０．１５μｍ）と、ＧａＮコンタクト層１７（Ｍｇドープ、１～３×10^{18}ｃｍ

$^{-3}$、層厚０．１μｍ）とが順次設けられている。なお、以上のサファイヤ基板１２上の半導体積層部分は、請求項における素子部の一例である。

【００４３】

また、特に図示しないが、ｎ－ＧａＮ層１３とサファイヤ基板１２との間には、ＭＯＣＶＤ成長時に５５０℃で低温成長させたＧａＮバッファー層が設けられている。

【００４４】

さらに、ＧａＮコンタクト層１７上面には、ｐ側電極１８が設けられており、ｎ－ＧａＮ層１３上のｎ－$Al_{0.5}Ga_{0.5}N$クラッド層１４が積層されていない上面部分には、ｎ側電極１９が設けられている。

【００４５】

上記構成の青色半導体レーザ装置においては、まず、六方晶型のサファイヤ基板１２上に同じく六方晶の各結晶が成長させられた後に、もしくは結晶成長前に、その成長面と反対面に立方晶型のＩｎＰ基板が直接接着されている。

【００４６】

この直接接着にあたっては、サファイヤ基板１２とＩｎＰ基板１１は、硫酸系溶液で前処理、純粋洗浄、乾燥の後、圧着された。そして、窒素と水素の混合雰囲気内で６００℃にてアニールされることにより、直接接着がされた。

【００４７】

ここで、ＩｎＰ半導体基板１１の自然へき開方向［０１１］とサファイヤ基板の＜１１２$^{-}$０＞方位は一致するようにした。なお、サファイヤ基板層厚４０μｍまで研磨されている。一方、ＩｎＰ基板層厚５０μｍとしている。

【００４８】

このように、サファイヤ基板１２を含む結晶成長部分とＩｎＰ基板１１とが一体となった後に、共振器のためのミラーを作るべく、この一体構造はへき開された。

【００４９】

この構造は、ＩｎＰ基板１１の自然へき開面（０１１）に沿って容易にへき開され、また、へき開面も良好でミラー面が作成された。これはサファイヤ基板１２とＩｎＰ基板１１が原子同士の接着が行われ、接着強度も強く、また、六方晶型のある結晶面を、ＩｎＰ基板１１のせん亜鉛鉱構造の明確な自然へき開による推進力で誘導へき開させられているためと考えられる。

【００５０】

次に、上記構成の青色半導体レーザ装置の発振動作を説明する。

本実施の形態のレーザ装置は、しきい値１５０ｍＡで室温連続発振した。発振波長は３６５ｎｍ、動作電圧は１０Ｖであった。本レーザでは特に素子抵抗の面では改善はされないが、ＩｎＰ基板１１が銅製のヒートシンクに容易にマウントが可能であり、熱抵抗の改善効果も確認されている。

【００５１】

上述したように、本発明の実施の形態に係る青色半導体レーザ装置及びその製造方法によれば、サファイヤ基板１２にＩｎＰ基板１１を直接接着し、サファイヤ基板１２上に積層された六方晶型の素子部としてのレーザ発振部をＩｎＰ基板１１のせん亜鉛鉱構造の明確な自然へき開による推進力で誘導へき開するようにしたので、半導体レーザ等における共振器ミラーを容易に形成することができる。

【００５２】

また、ＩｎＰ半導体基板１１の自然へき開方向［０１１］とサファイヤ基板の＜１１２$^{-}$０＞方位とが一致するようにしたので、原子同士の結合による接着により接着強度も強く、素子部と結晶部との一体化が強固なものとなり、また、六方晶型のへき開モードをより良く誘導することができる。また、接着界面における電気的接触も良好にすることができる。

【００５３】

さらに、ＩｎＰ基板１１の自然なへき開方向［０１１$^{-}$］とサファイヤ基板１２の＜１１

２‾０＞方位とが一致するようにしても、上記場合と同様に誘導へき開ができ、良好なミラー面を作成できる。

【００５４】

なお、ＩｎＰ基板１１は、直接接着を行いやすい基板であるので、より確実な接着、誘導へき開が可能である。

（第２の発明の実施の形態）

図２は本発明の第２の実施の形態に係る半導体素子としての青色半導体レーザ装置の概略構成を示す断面図である。

【００５５】

この半導体レーザ装置においては、結晶部としてのｎ－ＩｎＰ基板２１上に、ｎ－ＧａＮ層２２（Ｓｉドープ、３～５×$10^{18}$$cm^{-3}$）と、ｎ－$Al_{0.5}Ga_{0.5}N$クラッド層２３（Ｓｉドープ、５×$10^{17}$$cm^{-3}$、層厚０．２μｍ）と、$In_{0.1}Ga_{0.9}N$活性層２４（アンドープ、層厚２００オングストローム）と、ｐ－$Al_{0.5}Ga_{0.5}N$クラッド層２５（Ｍｇドープ、５×$10^{17}$$cm^{-3}$、層厚０．２μｍ）と、ＧａＮコンタクト層２６（Ｍｇドープ、１～３×$10^{18}$$cm^{-3}$、層厚０．１μｍ）とが順次設けられている。

【００５６】

ここでｎ－ＧａＮ層２２、ｎ－$Al_{0.5}Ga_{0.5}N$クラッド層２３、$In_{0.1}Ga_{0.9}N$活性層２４、ｐ－$Al_{0.5}Ga_{0.5}N$クラッド層２５、ＧａＮコンタクト層２６からなる各層、すなわち素子部としてのダブルヘテロ構造部３３は、六方晶型であるサファイヤ基板上で、ＭＯＣＶＤ法による結晶成長により設けられたものである。したがって当該ダブルヘテロ構造部３３は、六方晶型である。

【００５７】

このダブルヘテロ構造部３３におけるｎ－ＧａＮ層２２は、立方晶型のｎ－ＩｎＰ基板２１と直接接着されている。

また、この半導体レーザ装置においては、開口を有するストライプ状に構成されたSiO_2からなる電流狭窄層２７がＧａＮコンタクト層２６の上に設けられ、さらに上記開口を介してＧａＮコンタクト層２６と直接接触するようにｐ側電極２８が設けられている。一方、ｎ－ＩｎＰ基板２１の下側、すなわちｎ－ＧａＮ層２２接着面の反対面にはｎ側電極２９が設けられている。

【００５８】

ここで、本構造の製造方法を図３を用いて説明する。

図３（ａ）はＭＯＣＶＤ法により成長したナイトライド系エピ成長層の概略図を示す。

【００５９】

ここで、サファイヤ基板３１上には、ＡｌＮバッファー層３２（アンドープ、層厚２００オングストローム）が成長され、さらに、活性層２４を含む、ダブルヘテロ構造部３３が成長されている。

【００６０】

結晶成長後、このナイトライド系エピ成長層を図３（ｂ）のように基板と直接接着する。この基板はｎ－ＩｎＰ基板２１であり、ダブルヘテロ構造部３３の接着面はｎ－ＧａＮ層２２である。接着は硫酸系溶液で前処理、純粋洗浄、乾燥の後、圧着し、窒素と水素の混合雰囲気内で６００℃にてアニールし、直接接着を行った。

【００６１】

また、直接接着に際し、ＩｎＰ半導体基板２１の自然へき開方向［０１１］とナイトライドエピの＜１１２‾０＞方位は一致するようにしている。ｎ－ＩｎＰ基板２１は９０μｍまで研磨してある。

【００６２】

接着後、２００℃に加熱した燐酸中に静置すると３２のＡｌＮ層が横方向からエッチングされ、サファイヤ基板３１全体がリフトオフされ、図３（ｃ）のようにＩｎＰ半導体基板上にナイトライド系エピ成長層が直接載せた構造となる。

【００６３】

このように、ダブルヘテロ構造部３３とｎ－ＩｎＰ基板２１とが一体となった後に、共振器のためのミラーを作るべく、この一体構造はへき開された。そして、第１の実施の形態の場合と同様に誘導へき開により良好なミラー面が作成された。

【００６４】

さらに、SiO_2のデポエッチング、電極形成などを経た後、図２の構造が完成する。なお、図３（ａ），（ｂ）においては、図３（ｃ），図２と上下を逆に表示している。

【００６５】

次に、上記構成の青色半導体レーザ装置の発振動作を説明する。

本構造の素子ではしきい値７５ｍＡで５０℃まで連続発振した。発振波長は３９５ｎｍ、動作電圧は８Ｖであった。本レーザでは特に素子抵抗の面では改善がなされた。第１の実施の形態の場合のように、横方向から電流を注入する方式では抵抗が高くなるが、本実施例のように基板方向に電流を流すことで著しい素子抵抗の改善がなされていると考えられる。

【００６６】

上述したように、本発明の実施の形態に係る青色半導体レーザ装置及びその製造方法によれば、六方晶型の素子部としてのダブルヘテロ構造部３３成長後、ダブルヘテロ構造部３３からサファイヤ基板３１をリフトオフにより除去し、ダブルヘテロ構造部３３にｎ－ＩｎＰ基板１１を直接接着するようにしたので、第１の実施の形態の場合と同様に誘導へき開により、半導体レーザ等における共振器ミラーを容易に形成することができる。

【００６７】

また、ｎ－ＩｎＰ基板２１の自然へき開方向［０１１］とダブルヘテロ構造部３３の＜１１２¯０＞方位とが一致するようにしたので、原子同士の結合による接着により接着強度も強く、素子部と結晶部との一体化が強固なものとなり、また、六方晶型のへき開モードをより良く誘導することができる。また、接着界面における電気的接触も良好にすることができる。

【００６８】

また、ｎ－ＩｎＰ基板２１の自然なへき開方向［０１１¯］とダブルヘテロ構造部の＜１１２¯０＞方位とが一致するようにしても、上記場合と同様に誘導へき開ができ、良好なミラー面を作成できる。

【００６９】

さらに、ｎ－ＩｎＰ基板１１の下面に電極を設けて積層方向に電流を流すようにしたので、素子抵抗上昇を回避でき、素子構造も簡略化して信頼性を向上させることができる。また、例えば素子抵抗の低い、レーザ発振を容易に可能とした半導体素子を製造することができる。

【００７０】

なお、本実施の形態では、レーザの場合を取り扱ったが、本発明はこれに限られるものでなく、例えばＬＥＤの場合であっても、低抵抗、高信頼性を有する半導体素子を提供することができる。

（第３の発明の実施の形態）

図４は本発明の第３の実施の形態に係る半導体素子としての青色半導体レーザ装置の概略構成を示す断面図である。

【００７１】

この半導体レーザ装置においては、結晶部としてのＧａＰ基板５１上に、ｎ－ＧａＮ層５２（Ｓｉドープ、$3\sim5\times10^{18}cm^{-3}$）と、ｎ－$Al_{0.5}Ga_{0.5}N$クラッド層５３（Ｓｉドープ、$5\times10^{17}cm^{-3}$、層厚０．３μｍ）と、ＧａＮ光閉じ込め層５４（アンドープ、層厚０．１μｍ）と、$In_{0.1}Ga_{0.9}N$活性層５５（アンドープ、層厚１００オングストローム）と、ＧａＮ光閉じ込め層５６（アンドープ、層厚０．１μｍ）と、ｐ－$Al_{0.5}Ga_{0.5}N$クラッド層５７（Ｍｇドープ、$5\times10^{17}cm^{-3}$、層厚０．３μｍ）と、ＧａＮコンタクト層５８（Ｍｇドープ、$1\sim3\times10^{18}cm^{-3}$、層厚０．１μｍ）と、ＩｎＮコンタクト層５９（Ｍｇドープ、$1\sim3\times10^{18}cm^{-3}$、層厚１００オングスト

ローム）と、ＧａＰコンタクト層６０（Ｍｇドープ、１～３×１０^{18}ｃｍ$^{-3}$、層厚１．５μｍ）と、ｐ側電極７１とが順次設けられ、さらに、ＧａＰ基板上５１の下側、すなわちｎ－ＧａＮ層５２接着面と反対面にｎ側電極７２が設けられている。

【００７２】

本実施の形態においても第２の実施の形態の場合と同様に、六方晶型のサファイヤ基板上にＭＯＣＶＤ法によって結晶成長が行われている。

この結晶成長においては、まず、バッファー層としてのＡｌＮ層が設けられ、以下、順にＩｎＮコンタクト層５９と、ＧａＮコンタクト層５８と、ｐ－Ａｌ$_{0.5}$Ｇａ$_{0.5}$Ｎクラッド層５７と、ＧａＮ光閉じ込め層５６と、Ｉｎ$_{0.1}$Ｇａ$_{0.9}$Ｎ活性層５５、ＧａＮ光閉じ込め層５４と、ｎ－Ａｌ$_{0.5}$Ｇａ$_{0.5}$Ｎクラッド層５３と、ｎ－ＧａＮ層５２とまで含む素子部としてのダブルヘテロ構造部が形成される。

【００７３】

そして、ダブルヘテロ構造部成長後、ＧａＰ基板５１とｎ－ＧａＮ層５２とを上記実施の形態の場合と同様に直接接着し、バッファー層として挿入してあるＡｌＮ層を横方向からエッチング、リフトオフすることでダブルヘテロ構造部の成長時に用いたサファイヤ基板を取り除く。

【００７４】

その後、本実施の形態では、コンタクト層を設けるための第２の結晶成長を行う。

上記ダブルヘテロ構造部はサファイア基板上で成長させた六方晶型である。このダブルヘテロ構造部のＩｎＮコンタクト層５９、ＧａＮコンタクト層５８、ｐ－Ａｌ$_{0.5}$Ｇａ$_{0.5}$Ｎクラッド層５７の部分に図４に示すようにリッジを形成した後、再度ＭＯＣＶＤ法により立方晶型のＧａＰコンタクト層６０を成長させた。

【００７５】

このＧａＰコンタクト層６０の成長においては、再成長時に低温（５００℃）にて薄いＧａＰ層（２００オングストローム、図示せず）を成長した後、昇温し、８００℃にて１．５μｍの成長を行うことで、単結晶性の良い抵抗の低い立方晶型のコンタクト層とすることができた。

【００７６】

さらに、電極形成などを経た後、図４の構造が完成する。

次に、上記構成の青色半導体レーザ装置の発振動作を説明する。

本構造の素子ではしきい値４５ｍＡで８０℃まで連続発振した。発振波長は３９５ｎｍ、基本横モード発振し、５０００時間までの安定動作も確認した。動作電圧は４Ｖであった。ＩｎＮコンタクト層５９はＧａＮ層とＧａＰ層との間の大きなバンドギャップ差に基づくヘテロスパイクの影響を緩和するために挿入した。これがない場合に比べて、３Ｖ以上の電圧低下を実現できた。

【００７７】

上述したように、本発明の実施の形態に係る青色半導体レーザ装置及びその製造方法によれば、第２の実施の形態の場合と同様な構成を有し又製造方法を用いた他、リッジ形成を行い、また、ＧａＰコンタクト層６０を設けたので、第１の実施の形態の場合と同様な効果を奏する他、発振光を収束性の良いものとし、また、低抵抗なものとすることができる。

【００７８】

また、ＧａＰ基板５１は、青色波長域の光吸収が少なく、発振光の効率を向上させることができる

なお、本実施の形態においては、上記先の実施の形態の場合と同様に、ダブルヘテロ構造部のＧａＰ基板５１の＜１１２$^{-}$　０＞方位と［０１１］もしくは［０１１$^{-}$］方向とを一致させ、ＧａＰ基板５１によってダブルヘテロ構造部の誘導へき開を行っている。

【００７９】

もっとも、本発明の実施の形態に係る青色半導体レーザ装置の製造方法によれば、六方晶型のＩｎＮコンタクト層５９、ＧａＮコンタクト層５８、ｐ－Ａｌ$_{0.5}$Ｇａ$_{0.5}$Ｎクラッ

ド層５７部分上に一旦低温成長層を設けることで、ＭＯＣＶＤ法による立方晶型のＧａＰコンタクト層６０を成長させることができるので、例えばＧａＰ基板５１の代わりにＧａＰコンタクト層６０を誘導へき開用の結晶部として用いることも可能である。

【００８０】

なお、ＧａＰコンタクト層６０を誘導へき開用の結晶部として用いる場合、直接接着によるＧａＰ基板５１は必ずしも必要ではなく、直接接着法によらない本発明に係る半導体素子の製造が可能となる。

（第４の発明の実施の形態）

図５は本発明の第４の実施の形態に係る半導体素子としての多色半導体レーザ装置の概略構成を示す断面図である。

【００８１】

この多色半導体レーザ装置では、ＩｎＰ基板６１上にＧａＮ層６２（アンドープ），さらにＡｌＮ、ＧａＮの５対からなるブラッグ反射層６３が設けられ、さらに、ブラッグ反射層６３上に青色レーザ部６４と、黄色レーザ部６５と、赤色レーザ部６６とが設けられて成っている。

【００８２】

また、各レーザ部６４，６５，６６上には、ｐ側電極が設けられ、その反対端であるＩｎＰ基板６１下面にはｎ側電極６８が設けられている。

なお、ＩｎＰ基板６１とＧａＮ層６２とは、上記実施の形態で説明したようにサファイヤ基板上でＧａＮ層６２を成長させたのちに、直接接着したものである。

【００８３】

ブラッグ反射層６３は、ＡｌＮ、ＧａＮの５対からなり、ＩｎＰ基板６１とＧａＮ層６２とを直接接合させた後にＭＯＣＶＤ法により結晶成長させたものである。ここで、一番上の層はｎ－ＧａＮ層（Ｓｉドープ、$5\times10^{18}cm^{-3}$）であるので、この上面層はコンタクト層としても使用可能である。また、ブラッグ反射層６３における反射可能な波長域は、ほぼ青色から緑色に調整した。

【００８４】

青色レーザ部６４は、ＩｎＧａＮ活性層を有するダブルヘテロ構造部からなり、ＭＯＣＶＤ法によってブラッグ反射層６３から連続的に結晶成長させたものである。また、この青色レーザ部６４のミラー面は、ＩｎＰ基板６１を用いた誘導へき開により作成される。

【００８５】

黄色レーザ部６５は、ＩｎＧａＡｌＰ活性層を有するダブルヘテロ構造部からなっている。この黄色レーザ部６５は、別途にＭＯＣＶＤ法で成長させたダブロヘテロ構造部をプロセス、チップ化した後、他の実施の形態の場合と同様にして、ブラッグ反射層６３上に直接接着させたものである。

【００８６】

赤色レーザ部６６は、ＩｎＧａＰ活性層を有するダブルヘテロ構造部からなっている。この赤色レーザ部６６も黄色レーザ部６５と同様にして設けられた。

上述したように、本発明の実施の形態に係る多色青色半導体レーザ装置によれば、先の実施の形態で説明した構成，製造方法により青色レーザを実現できる他、黄色レーザ部６５と赤色レーザ部６６とを直接接着により、青色レーザ部６４と一体化させるようにしたので、上記各実施の形態における場合と同様な効果の他、ほぼフルカラーの仕様がそれぞれ実現でき、また、光源部がモノリシック化（一体構造化）されているため、モールド、光学設計が容易である。

【００８７】

なお、本実施の形態では、多色半導体レーザ装置としたが、各レーザ部を同様な構成のＬＥＤ発光部に置き換え、多色ＬＥＤ光源とすることも可能である。

また、多色ＬＥＤ光源とした場合は誘導へき開を行う必要がないので、ＩｎＰ基板６１の代わりにサファイヤ基板とし、ブラッグ反射層の一番上のｎ－ＧａＮ層をコンタクト層として、ブラッグ反射層の最上面にｎ側電極を帯状に各チップを取り巻くように配置しても

よい。この場合は、サファイヤ基板から青色ＬＥＤ部を連続成長させ形成させることができる。

【００８８】

さらに、このような多色ＬＥＤ光源では、ほぼフルカラーの仕様が２０ｍＡの動作でそれぞれ実現でき、また、どの発光素子に関しても素子抵抗が十分に低く、信頼性にも優れた素子を得ることができる。

（第５の発明の実施の形態）

図６は本発明の第５の実施の形態に係る青色半導体レーザ装置の概略構成を示す断面図である。

【００８９】

同図に示す半導体レーザ装置においては、ｎ－ＧａＮコンタクト層１１１（Ｓｉドープ、$5\times10^{18}cm^{-3}$、層厚１μｍ）と、ｎ－$Al_{0.2}Ga_{0.8}N$クラッド層１１２（Ｓｉドープ、$5\times10^{17}cm^{-3}$、層厚０．３μｍ）と、$In_{0.1}Ga_{0.9}N$量子井戸（アンドープ、層厚５ｎｍ）とＧａＮ障壁層（アンドープ、層厚１０ｎｍ）からなる活性層１１３と、ｐ－$Al_{0.2}Ga_{0.8}N$クラッド層１１４（Ｍｇドープ、$5\times10^{17}cm^{-3}$、層厚０．３μｍ）と、ｐ－ＧａＮクラッド層１１５（Ｍｇドープ、$5\times10^{18}cm^{-3}$、層厚０．２μｍ）と、ｎ－ＧａＮ電流阻止層１１６（Ｓｉドープ、$5\times10^{18}cm^{-3}$、層厚０．５μｍ）と、ｐ－ＧａＮコンタクト層１１７（Ｍｇドープ、$5\times10^{18}cm^{-3}$、層厚０．２μｍ）とが順次積層され、ｐ－ＧａＡｓ基板１１８と、ＧａＮとＧａＡｓからなるアモルファス層１１９（１０ｎｍ）とが設けられ、さらにｎ側電極１２０と、１２１はｐ側電極１２１とが設けられている。

【００９０】

同図において、六方晶構造結晶であるｎ－ＧａＮコンタクト層１１１からｐ－ＧａＮコンタクト層１１７までは、サファイア基板上における２回のＭＯＣＶＤ法により成長している。

【００９１】

すなわち、サファイア基板上にｎ－ＧａＮコンタクト層１１１からｎ－ＧａＮ電流阻止層１１６までの半導体層を結晶成長後、ｎ－ＧａＮ電流阻止層１１６は＜１１２¯０＞方位と垂直方向に幅１０μｍでストライプ状にエッチングを施しｐ－ＧａＮクラッド層１１５を露出させ、さらにｐ－ＧａＮコンタクト層１１７を再成長させる。

【００９２】

次にｐ－ＧａＮコンタクト層１１７の表面を鏡面研磨し、Ｘ線回折法等で表面のｐ－ＧａＮコンタクト層１１７の＜１１２¯０＞方位を見出し、その面で切断する。

【００９３】

このように面方位が見出された素子部１１１～１１７を含む基板と別途に用意し、予め＜０１１＞方位を見出したｐ－ＧａＡｓ鏡面基板１１８からなる基板とを図７に示すように接着する。

【００９４】

図７は半導体レーザ装置における結晶接着工程を示す説明図である。

同図においては、ヒータ８１を有する窒素雰囲気炉８０においてカーボンサセプター８２上にて、上記素子部１１１～１１７からなる六方晶半導体発光素子を有する基板８３と、ｐ－ＧａＡｓ鏡面基板１１８である立方晶導電性半導体基板８４とをカーボンブロック８５で挟んで接着する。

【００９５】

ここで、六方晶半導体発光素子を有する基板８３の（１１２¯０）面と、立方晶導電性半導体基板８４の（０１１）面とは、カーボンサセプター８２と対向するように位置する。

【００９６】

このように、基板８３の＜１１２¯０＞方位と（００１）ｐ－ＧａＡｓ鏡面基板１１８／８４の＜０１１＞方位を窒素雰囲気炉のカーボンサセプター８２に縦にして表面どおし

を接触させ、７００℃にて加圧接着させることで、界面に図６に示す１０ｎｍ程度のアモルファス層１１９を形成する。

【００９７】

窒素雰囲気炉８０から取り出した基板８３及び８４からなる接着された基板においては、研磨またはドライエッチング等の手法によりサファイア層が取り除かれ、ｎ－ＧａＮコンタクト層１１１が露出され、さらにｐ－ＧａＡｓ基板１１８を８０μｍまで鏡面研磨する。

【００９８】

次に、この接着・研磨等された基板において、そのｎ－ＧａＮコンタクト層１１１表面にはｎ側電極１２０を、ｐ－ＧａＡｓ基板１１８表面にはｐ側電極１２１を形成する。

【００９９】

このようにして得られたウェハ（基板）をＧａＡｓ半導体基板の＜０１１＞に対して劈開する。このようにして得られた六方晶結晶端面は、ＧａＡｓ基板の自然劈開の推進力による誘導で５ｎｍ以下の平坦さが得られた。

【０１００】

次に、上記構成の青色半導体レーザ装置の発振動作を説明する。

本実施の形態のレーザ装置は、閾値電流７０ｍＡで室温連続発振した。発振波長は４２０ｎｍ、動作電圧は４Ｖであり、さらに５０℃、３０ｍＷ駆動における素子寿命は５０００時間であった。

【０１０１】

上述したように、本発明の実施の形態に係る青色半導体レーザ装置及びその製造方法によれば、六方晶構造の半導体発光素子構造部としての素子部１１１～１１７の劈開面方位と、立方晶構造の導電性半導体基板としてのｐ－ＧａＡｓ基板１１８の劈開面方位と一致させるようにしたので、ＧａＡｓ半導体基板１１８の＜０１１＞に対して劈開することで、六方晶結晶端面を誘導劈開により平坦なものとすることができる。

【０１０２】

これにより、良好な発振特性を有する青色半導体レーザ装置を容易に得ることができる。

また、上述したように、本発明の実施の形態に係る青色半導体レーザ装置及びその製造方法によれば、素子部１１１～１１７とｐ－ＧａＡｓ基板１１８と間に両構成の元素を含むＧａＮとＧａＡｓからなるアモルファス層１１９が形成されるようにしたので、結晶構造や格子定数の異なるＧａＮ層とＧａＡｓ基板の接触において、固相反応によるアモルファス層形成により構成原子が安定な結合状態を作ることで結晶欠陥を発生しないために劣化を防止できるばかりか、接触面積を広くできるので放熱性が良好で接触抵抗を低減することができる。

【０１０３】

また、導電性が無いサファイア基板を完全に取り除くことで縦方向に電流注入ができるために放熱性の良いアセンブリが可能である。

このように、ミラー形成及び電流狭窄構造形成が容易であるばかりか、直列抵抗を減少させて素子抵抗が十分に低くし、かつ信頼性をも向上させ、さらには集積化に優れたナイトライド系の半導体発光素子を得ることができる。また、その製造方法を実現させることができる。

（第６の発明の実施の形態）

図８は本発明の第６の実施の形態に係る青色半導体レーザ装置の概略構成を示す断面図である。

【０１０４】

同図に示す半導体レーザ装置においては、ｎ－ＧａＮコンタクト層２１１（Ｓｉドープ、$5\times10^{18}cm^{-3}$、層厚１μｍ）と、ｎ－$Al_{0.2}Ga_{0.8}N$クラッド層２１２（Ｓｉドープ、$5\times10^{17}cm^{-3}$、層厚０．３μｍ）と、$In_{0.1}Ga_{0.9}N$量子井戸（アンドープ、層厚５ｎｍ）とＧａＮ障壁層（アンドープ、層厚１０ｎｍ）からなる活性層２１３と、ｐ－$Al_{0.2}Ga_{0.8}N$クラッド層２１４（Ｍｇドープ、$5\times10^{17}cm^{-3}$、層厚０．

３μｍ）と、ｐ－ＧａＮコンタクト層２１５（Ｍｇドープ、５×１０^{18}ｃｍ$^{-3}$、層厚０．２μｍ）と、SiO_2 絶縁膜２１６と、Ｎｉ／Ａｕ電極２１７と、ＡｕＺｎ／Ａｕオーミック電極２１８と、ｐ－ＧａＡｓ基板２１９とが順次設けられ、さらに、ｎ側電極２１０と、ｐ側電極２２０とが設けられている。

【０１０５】

同図中の六方晶構造結晶２１１から２１５は、サファイア基板上に１回のＭＯＣＶＤ法により成長している。その後設けられたSiO_2 絶縁膜２１６にはｐ－ＧａＮコンタクト層２１５の＜１１２$^{-}$０＞方位と垂直方向に幅１０μｍでストライプ状にエッチングが施され、Ｎｉ／Ａｕ電極２１７が形成される。さらにこの後、蒸着によりＡｕＺｎ／Ａｕオーミック電極２１８が設けられる。

【０１０６】

このようにして得られた半導体発光素子構造部を含む基板と、ｐ－ＧａＡｓ鏡面基板２１９とが、第５の実施の形態の場合と同様に図７に示すようにして接着される。

【０１０７】

すなわちこの基板の＜１１２$^{-}$０＞方位と（００１）ｐ－ＧａＡｓ鏡面基板２１９の＜０１１＞方位を一致させ窒素雰囲気５００℃にて加圧接着する。窒素雰囲気炉８０から取り出した接着基板は、研磨またはドライエッチング等の手法によりサファイア層を取り除き、ｎ－ＧａＮコンタクト層２１１を露出させ、さらにｐ－ＧａＡｓ基板２１９を８０μｍまで鏡面研磨する。

【０１０８】

次に、ｎ－ＧａＮコンタクト層２１１表面には、ｎ側電極２１０を、ｐ－ＧａＡｓ基板２１９表面にはｐ側電極２２０を形成する。このようにして得られたウェハをＧａＡｓ半導体基板２１９の＜０１１＞に対して劈開する。このようにして得た六方晶結晶端面は、ＧａＡｓ基板２１９の自然劈開の推進力による誘導で８ｎｍ以下の平坦さが得られた。

【０１０９】

次に、上記構成の青色半導体レーザ装置の発振動作を説明する。

本実施の形態の青色半導体レーザ装置は、閾値電流１２０ｍＡで室温連続発振した。発振波長は４２０ｎｍ、動作電圧は８Ｖであり、さらに５０℃、３０ｍＷ駆動における素子寿命は２０００時間であった。

【０１１０】

上述したように、本発明の実施の形態に係る青色半導体レーザ装置及びその製造方法によれば、結晶構造や格子定数の異なるＧａＮ層とＧａＡｓ基板の接触において金属を介するようにしたので、第５の実施の形態の場合と同様な効果を有する他、結晶欠陥の伝搬を防止することができ、素子劣化を防止できるばかりか、放熱性をも良好にすることができる。

（第７の発明の実施の形態）

図９は本発明の第７の実施の形態に係る青色半導体レーザと赤色半導体レーザを集積した半導体レーザ装置の概略構成を示す断面図である。

【０１１１】

同図に示す半導体レーザ装置においては、青色素子用ｎ側電極３１０と、ｎ－ＧａＮコンタクト層３１１（Ｓｉドープ、５×１０^{18}ｃｍ$^{-3}$、層厚１μｍ）と、ｎ－$Al_{0.2}Ga_{0.8}N$クラッド層３１２（Ｓｉドープ、５×１０^{17}ｃｍ$^{-3}$、層厚０．３μｍ）と、$In_{0.1}Ga_{0.9}N$量子井戸（アンドープ、層厚５ｎｍ）とＧａＮ障壁層（アンドープ、層厚１０ｎｍ）からなる活性層３１３と、ｐ－$Al_{0.2}Ga_{0.8}N$クラッド層３１４（Ｍｇドープ、５×１０^{17}ｃｍ$^{-3}$、層厚０．３μｍ）と、ｐ－ＧａＮクラッド層３１５（Ｍｇドープ、５×１０^{18}ｃｍ$^{-3}$、層厚０．２μｍ）と、ｎ－ＧａＮ電流阻止層３１６（Ｓｉドープ、５×１０^{18}ｃｍ$^{-3}$、層厚０．５μｍ）と、ｐ－ＧａＮコンタクト層３１７（Ｍｇドープ、５×１０^{18}ｃｍ$^{-3}$、層厚０．２μｍ）とが青色半導体レーザ部として順に設けられ、一方、ｎ－ＧａＡｓ基板３０１上に、ｎ－ＩｎＧａＡｌＰクラッド層３０２と、量子井戸活性層３０３と、ｐ－ＩｎＧａＡｌＰクラッド層３０４と、ｎ－ＧａＡｓ電流阻止層３０５と、

ｐ－ＧａＡｓコンタクト層３０６とが赤色半導体レーザ部として順に設けられ、かつ、両レーザ部のｐ－ＧａＮコンタクト層３１７とｐ－ＧａＡｓコンタクト層３０６とがＧａＮとＧａＡｓからなるアモルファス層３１８を介して接着されている。さらに、この半導体レーザ装置においては、赤色素子用ｎ側電極３０７と、ｐ側共通電極３０８とが設けられている。

【０１１２】

同図中の青色半導体レーザ部となる六方晶構造結晶３１１から３１７は、第５の実施の形態と同様に、サファイア基板上に２回のＭＯＣＶＤ法により成長され、ｐ－ＧａＮコンタクト層３１７表面は鏡面研磨する。一方、同図中の赤色半導体レーザ部となる立方晶構造結晶３０２から３０６は、ｎ－ＧａＡｓ基板３０１上に３回のＭＯＣＶＤ法により成長され、ｐ－ＧａＡｓコンタクト層３０６表面は鏡面研磨する。

【０１１３】

次に、第５の実施の形態の場合と同様に図７に示されるように、青色半導体レーザ部の基板表面の＜１１２¯０＞方位と赤色半導体レーザ部の基板表面の＜０１１＞方位が窒素雰囲気炉８０のカーボンサセプター８２に面するように縦に配置し、且つ共振器ストライプが重なるように表面どおしを接触させ、７００℃にて加圧接着させることで、界面に１０ｎｍ程度のアモルファス層３１８を形成する。

【０１１４】

窒素雰囲気炉８０から取り出した基板は、研磨またはドライエッチング等の手法によりサファイア層を取り除き、ｎ－ＧａＮコンタクト層３１１を露出させ、さらにｎ－ＧａＡｓ基板３０１を８０μｍまで鏡面研磨する。

【０１１５】

次に、ｎ－ＧａＮコンタクト層３１１表面には青色素子用ｎ側電極３１０を、ｎ－ＧａＡｓ基板３０１表面には赤色素子用ｎ側電極３０７を形成する。最後に、青色レーザ素子部３１０から３１７まで及びアモルファス層３１８の一部を研磨またはドライエッチング等の手法により取り除き、共通のｐ側電極３０８形成する。

【０１１６】

このようにして得られたウェハをＧａＡｓ半導体基板の＜０１１＞に対して劈開する。このようにして青色半導体レーザ端面及び赤色半導体レーザ端面は、ＧａＡｓ基板の自然劈開の推進力による誘導で５ｎｍ以下の平坦さで同時に得られた。

【０１１７】

以上のように作成された本実施の形態の半導体レーザ装置では、閾値電流７０ｍＡ、発振波長４２０ｎｍ、動作電圧４Ｖの青色半導体レーザと、閾値電流３０ｍＡ、発振波長６５０ｎｍ、動作電圧２．４Ｖの赤色半導体レーザが得られ、集積化による遜色は無かった。

【０１１８】

上述したように、本発明の実施の形態に係る半導体レーザ装置及びその製造方法によれば、六方晶構造結晶からなる青色半導体レーザ部と立方晶構造結晶からなる赤色半導体レーザ部との劈開方位を合わせて接着面にアモルファス層３１８が形成されるように接着し、かつ、誘導劈癖して良好なミラー面を作るようにしたので、第５の実施の形態の場合と同様な効果が得られる他、従来の光ディスク用赤色光源と次世代光ディスク用青色光源を一体化する多色光源の集積化レーザ装置を容易に製造することができる。

【０１１９】

本集積化レーザ装置により、システムの互換性を図ることが容易になり、特にレーザ光源のパッケージングや光学系アライメントの共有による低コスト化やサイズ縮小を容易にすることができる。

【０１２０】

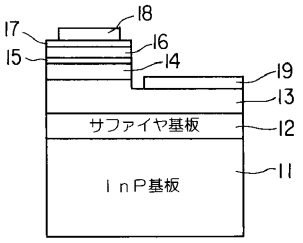
なお、上記各実施の形態において説明した構造は、再現良く簡単なプロセスで製造することができるものであり、その有用性は絶大である。

さらに、本発明は各実施の形態に限られるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々に変形することが可能である。

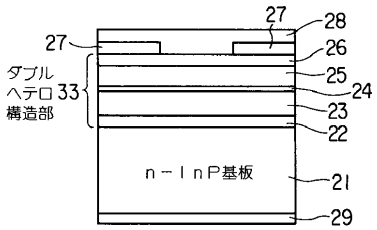
【０１２１】
例えば六方晶型を有する半導体層としてＳｉＣなども適用可能で、立方晶型として他のII Ｉ－Ｖ族化合物半導体、II－VI族化合物半導体、Ｓｉ、Ｇｅなどを用いても良い。さらに、成長層した立方晶型の一部に六方晶型が混在しても良い。また、導電性が逆の場合にも適応できることは言うまでもない。その他、受光素子、トランジスターなどの電子デバイス分野へも適用が可能であり、また組み合わせにも適用が可能である。
【０１２２】
【発明の効果】
以上詳述したように本発明によれば、六方晶型の半導体素子部に立方晶型の結晶を一体にして設け、立方晶型のへき開により素子部を誘導へき開するようにしたので、半導体レーザ等における共振器ミラーを容易に形成することができる半導体素子及びその製造方法を提供することができる。
【０１２３】
また、サファイヤ等の高抵抗基板を除去し、半導体積層方向に通電させることが可能となったので、素子抵抗が十分に低く、信頼性の高い半導体素子及びその製造方法を提供することができる。
【０１２４】
さらに、ミラー形成及び電流狭窄構造形成が容易であるばかりか、素子抵抗が十分に低く、さらには集積化に優れたナイトライド系の半導体発光素子及びその製造方法を提供することができる。
【図面の簡単な説明】
【図１】本発明の第１の実施の形態に係る半導体素子としての青色半導体レーザ装置の概略構成を示す断面図。
【図２】本発明の第２の実施の形態に係る半導体素子としての青色半導体レーザ装置の概略構成を示す断面図。
【図３】同実施の形態の半導体素子の製造方法についての説明図。
【図４】本発明の第３の実施の形態に係る半導体素子としての青色半導体レーザ装置の概略構成を示す断面図。
【図５】本発明の第４の実施の形態に係る半導体素子としての青色半導体レーザ装置の概略構成を示す断面図。
【図６】本発明の第５の実施の形態に係る青色半導体レーザ装置の概略構成を示す断面図。
【図７】半導体レーザ装置における結晶接着工程を示す説明図。
【図８】本発明の第６の実施の形態に係る青色半導体レーザ装置の概略構成を示す断面図。
【図９】本発明の第７の実施の形態に係る青色半導体レーザと赤色半導体レーザを集積した半導体レーザ装置の概略構成を示す断面図。
【符号の説明】
１１…ＩｎＰ基板、１２…サファイヤ基板、１３…ｎ－ＧａＮ層、１４…ｎ－ＡｌＧａＮクラッド層、１５…ＧａＮ活性層、１６…ｐ－ＡｌＧａＮクラッド層、１７…ＧａＮコンタクト層、１８…ｐ側電極、１９…ｎ側電極、２１…ｎ－ＩｎＰ基板、２２…ｎ－ＧａＮ層、２３…ｎ－ＡｌＧａＮクラッド層、２４…ＩｎＧａＮ活性層、２５…ｐ－ＡｌＧａＮクラッド層、２６…ＧａＮコンタクト層、２７…SiO_2 による電流狭窄層、２８…ｐ側電極、２９…ｎ側電極、３１…サファイヤ基板、３２…ＡｌＮバッファー層、３３…ダブロヘテロ構造部、５１…ＧａＰ基板、５２…ｎ－ＧａＮ層、５３…ｎ－ＡｌＧａＮクラッド層、５４…ＧａＮ光閉じ込め層、５５…ＩｎＧａＮ活性層、５６…ＧａＮ光閉じ込め層、５７…ｐ－ＡｌＧａＮクラッド層、５８…ＧａＮコンタクト層、５９…ＩｎＮコンタクト層、６０…ＧａＰコンタクト層、７１…ｐ側電極、７２…ｎ側電極、６１…ＩｎＰ基板、６２…ＧａＮ層、６３…ＡｌＮ，ＧａＮの５対からなるブラッグ反射層、６４…青色レーザ部、６５…黄色レーザ部、６６…赤色レーザ部、６７…ｐ側電極、６８…ｎ側電極、

８０…窒素雰囲気炉、８１…ヒータ、８２…カーボンサセプター、８３…六方晶半導体発光素子を有する基板８３、８４…立方晶導電性半導体基板、８５…カーボンブロック、１１１…ｎ－ＧａＮコンタクト層、１１２…ｎ－ＡｌＧａＮクラッド層、１１３…ＩｎＧａＮを有する活性層、１１４…ｐ－ＡｌＧａＮクラッド層、１１５…ｐ－ＧａＮクラッド層、１１６…ｎ－ＧａＮ電流阻止層、１１７はｐ－ＧａＮコンタクト層、１１８…ｐ－ＧａＡｓ基板、１１９…ＧａＮとＧａＡｓからなるアモルファス層、１２０…ｎ側電極、１２１…ｐ側電極、２１１…ｎ－ＧａＮコンタクト層、２１２…ｎ－ＡｌＧａＮクラッド層、２１３…ＩｎＧａＮを有する活性層、２１４…ｐ－ＡｌＧａＮクラッド層、２１５…ｐ－ＧａＮコンタクト層、２１６…SiO_2 絶縁膜、２１７…ｐ側電極金属、２１８…オーミック電極、２１９…ｐ－ＧａＡｓ基板、２１０…ｎ側電極、２２０…ｐ側電極、３１０…青色素子用ｎ側電極、３１１…ｎ－ＧａＮコンタクト層、３１２…ｎ－ＡｌＧａＮクラッド層、３１３…ＩｎＧａＮを有する活性層、３１４…ｐ－ＡｌＧａＮクラッド層、３１５…ｐ－ＧａＮクラッド層、３１６…ｎ－ＧａＮ電流阻止層、３１７はｐ－ＧａＮコンタクト層、３１８…ＧａＮとＧａＡｓからなるアモルファス層、３０１…ｎ－ＧａＡｓ基板、３０２…ｎ－ＩｎＧａＡｌＰクラッド層、３０３…量子井戸活性層、３０４…ｐ－ＩｎＧａＡｌＰクラッド層、３０５…ｎ－ＧａＡｓ電流阻止層、３０６…ｐ－ＧａＡｓコンタクト層、３０７…赤色素子用ｎ側電極、３０８…ｐ側共通電極。

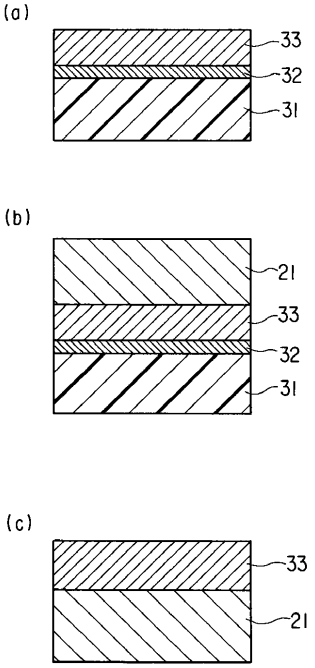
【図１】



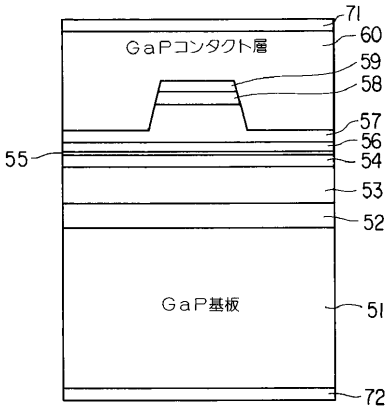
【図２】



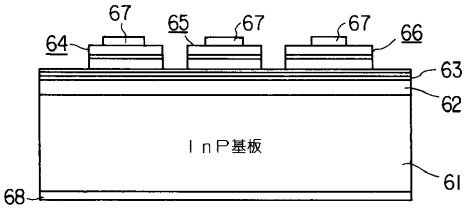
【図３】



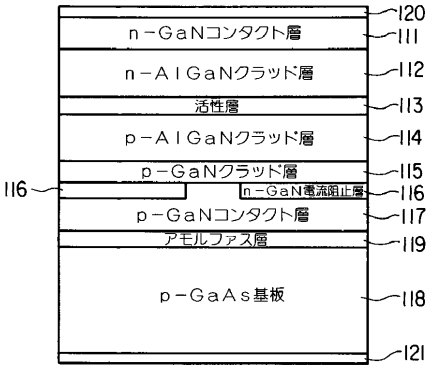
【図４】



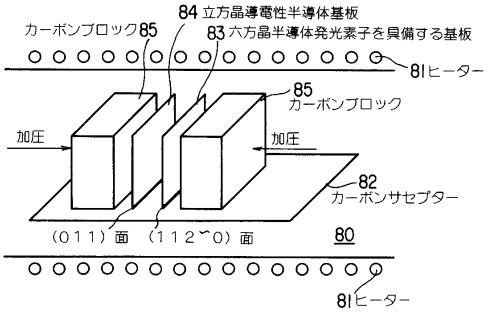
【図５】



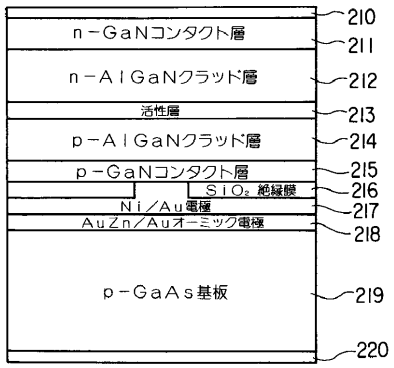
【図６】



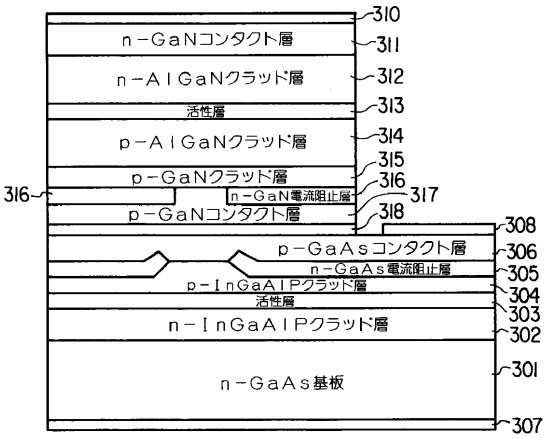
【図７】



【図８】



【図９】



フロントページの続き

(72)発明者 藤本 英俊
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 波多腰 玄一
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 菅原 秀人
神奈川県川崎市幸区堀川町７２番地 株式会社東芝川崎事業所内
(72)発明者 石川 正行
神奈川県川崎市幸区堀川町７２番地 株式会社東芝川崎事業所内
(72)発明者 ジョン・レニー
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 斎藤 真司
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

合議体
審判長 向後 晋一
審判官 吉野 三寛
審判官 鈴木 俊光

(56)参考文献 特開昭５８－１３８０８６（ＪＰ，Ａ）
特開昭６２－１２２１１９（ＪＰ，Ａ）
特開平４－１８４３０４（ＪＰ，Ａ）
特開平６－１６４０５５（ＪＰ，Ａ）
特開平９－８４０３（ＪＰ，Ａ）
特開平８－２５０８０２（ＪＰ，Ａ）
特開平８－１１６０９２（ＪＰ，Ａ）
Ａｐｐｌ．Ｐｈｙｓ．Ｌｅｔｔ．６８〔１５〕（１９９６）ｐ．２１４７－２１４９

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