(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3559453号
(P3559453)
(45)発行日　平成16年9月2日(2004.9.2)　(24)登録日　平成16年5月28日(2004.5.28)

(51)Int.Cl.[7]　F I
H01S　5/183　H01S　5/183

請求項の数 10　(全 18 頁)

(21)出願番号　特願平10-182519
(22)出願日　平成10年6月29日(1998.6.29)
(65)公開番号　特開2000-22277(P2000-22277A)
(43)公開日　平成12年1月21日(2000.1.21)
審査請求日　平成14年2月7日(2002.2.7)

(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　100064285
弁理士　佐藤　一雄
(74)代理人　100073379
弁理士　佐藤　政光
(74)代理人　100088889
弁理士　橘谷　英俊
(74)代理人　100108062
弁理士　日向寺　雅彦
(72)発明者　藤　本　英　俊
神奈川県川崎市幸区小向東芝町１　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】発光素子

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
第１の面と、第２の面と、を有し、波長λの光に対して透明な透明基板と、
前記透明基板の前記第１の面上に形成される回折格子レンズと、
前記回折格子レンズ上に形成される第１導電型半導体層と、
前記第１導電型半導体層上に形成され、窒化物半導体からなり、電流注入により波長λの光を放射する活性層と、
前記活性層上に形成される第２導電型半導体層と、
前記透明基板の前記第２の面側に形成され、波長λの前記光に対して不透明な材料からなり、前記光の波長λよりも小さな開口のピンホールを有し、前記ピンホールで前記活性層からの前記光を絞り込む波面変換部と、
前記第１導電型半導体層に電気的に接続される第１電極と、
前記第２導電型半導体層に電気的に接続される第２電極と、
を備え、前記回折格子レンズは前記活性層から放射された前記光を集光して前記波面変換部の前記ピンホールに供給することを特徴とする面発光型の発光素子。
【請求項２】
波長λの光に対して透明な透明基板と、
前記透明基板上に形成される第１導電型半導体層と、
前記第１導電型半導体層上に形成され、窒化物半導体からなり、電流注入により波長λの光を放射する活性層と、

前記活性層上に形成され、電極形成面と、前記電極形成面よりも厚さ方向に突出して前記活性層からの光を外部に導く突出部と、を有する第２導電型半導体層と、
前記第２導電型半導体層の前記突出部上でかつ前記電極形成面より厚さ方向に離間した位置に形成され、波長λの前記光に対して不透明な材料からなり、前記光の波長λよりも小さな開口のピンホールを有し、前記ピンホールで前記活性層からの前記光を絞り込む波面変換部と、
前記第１導電型半導体層に電気的に接続される第１電極と、
前記第２導電型半導体層の前記電極形成面上に形成され、表面が前記波面変換部よりも前記活性層側に後退している第２電極と、
前記活性層からみて前記波面変換部とは反対側に形成され、前記活性層から放射された前記光を集光して前記波面変換部の前記ピンホールに供給する回折格子レンズと、
を備えることを特徴とする面発光型の発光素子。
【請求項３】
第１の面と、第２の面と、を有し、波長λの光に対して透明な透明基板と、
前記透明基板の前記第１の面上に形成される第１導電型半導体層と、
前記第１導電型半導体層上に形成され、窒化物半導体からなり、電流注入により波長λの光を放射する活性層と、
前記活性層上に形成され、電極形成面と、前記電極形成面よりも厚さ方向に突出して前記活性層からの光を外部に導く突出部と、を有する第２導電型半導体層と、
前記第２導電型半導体層の前記突出部上でかつ前記電極形成面より厚さ方向に離間した位置に形成され、波長λの前記光に対して不透明な材料からなり、前記光の波長λよりも小さな開口のピンホールを有し、前記ピンホールで前記活性層からの前記光を絞り込む波面変換部と、
前記第１導電型半導体層に電気的に接続される第１電極と、
前記第２導電型半導体層の前記電極形成面上に形成され、表面が前記波面変換部よりも前記活性層側に後退している第２電極と、
前記透明基板の前記第２の面側に形成され、前記活性層から放射された前記光を集光して前記波面変換部の前記ピンホールに供給する回折格子レンズと、
を備えることを特徴とする面発光型の発光素子。
【請求項４】
第１の面と、表面が球面形状の第２の面と、を有し、波長λの光に対して透明な透明基板と、
前記透明基板の前記第１の面上に形成される第１導電型半導体層と、
前記第１導電型半導体層上に形成され、窒化物半導体からなり、電流注入により波長λの光を放射する活性層と、
前記活性層上に形成され、電極形成面と、前記電極形成面よりも厚さ方向に突出して前記活性層からの光を外部に導く突出部と、を有する第２導電型半導体層と、
前記第２導電型半導体層の前記突出部上でかつ前記電極形成面より厚さ方向に離間した位置に形成され、波長λの前記光に対して不透明な材料からなり、前記光の波長λよりも小さな開口のピンホールを有し、前記ピンホールで前記活性層からの前記光を絞り込む波面変換部と、
前記第１導電型半導体層に電気的に接続される第１電極と、
前記第２導電型半導体層の前記電極形成面上に形成され、表面が前記波面変換部よりも前記活性層側に後退している第２電極と、
前記透明基板の前記第２の面側に形成され、前記活性層から放射された前記光を集光して前記波面変換部の前記ピンホールに供給する球面形状の反射鏡と、
を備えることを特徴とする面発光型の発光素子。
【請求項５】
前記活性層からの前記光が前記ピンホールで絞られて得られる出力光が、エバネッセント波を含むことを特徴とする請求項１乃至４のいずれかに記載の発光素子。

【請求項６】
前記活性層がＩｎＧａＮを含むことを特徴とする請求項１乃至５のいずれかに記載の発光素子。
【請求項７】
前記活性層からの前記光の波長λが４００ｎｍ以上５００ｎｍ以下であることを特徴とする請求項１乃至６のいずれかに記載の発光素子。
【請求項８】
前記波面変換部が、膜厚２００ｎｍ以下のシリコンからなることを特徴とする請求項１乃至７のいずれかに記載の発光素子。
【請求項９】
前記波面変換部が、ゲルマニウム、窒化インジウム、炭素、インジウム、金、アルミニウム、白金、銀、のいずれかからなることを特徴とする請求項１乃至７のいずれかに記載の発光素子。
【請求項１０】
前記発光素子は、垂直共振器型面発光レーザであることを特徴とする請求項１乃至９のいずれかに記載の発光素子。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
本発明は、窒化物半導体を用いた発光素子及びその製造方法に係わり、特に、極めて微小なスポット・サイズの光を取り出すことができる発光素子及びその製造方法に関する。
【０００２】
【従来の技術】
近年、青色から紫外域の波長帯の発光ダイオードや半導体レーザ用の材料としてＧａＮなどの窒化物半導体を用いたものが知られている。この材料系は、直接遷移型のバンド構造を有し、高い発光効率が得られる点で注目されている。特に窒化物半導体を用いた半導体レーザは、発振波長が４００ｎｍ程度と非常に短いため、片面で１５ＧＢ（ギガバイト）以上の容量を有する高密度光ディスクのための書き込みあるいは読み出し用の光源として期待され、研究・開発が進められている。
【０００３】
なお、本明細書において「窒化物半導体」とは、$In_xAl_yGa_zN$（$x \leqq 1$，$y \leqq 1$，$z \leqq 1$，$x+y+z=1$）なる化学式において組成比ｘ，ｙ及びｚをそれぞれの範囲内で変化させたすべての組成の半導体を含むものとする。例えば、ＩｎＧａＮ（ｘ＝０．４、ｙ＝０、ｚ＝０．６）も「窒化物半導体」に含まれるものとする。さらに、３族元素であるＩｎ，Ａｌ，Ｇａの一部をＢ（ボロン）に置き換えたものや、５族元素であるＮの一部をＡｓ（砒素）やＰ（リン）に置き換えたものも含まれるものとする。この際、３族元素としては上記の３つの元素（Ｉｎ，Ａｌ，Ｇａ）のいずれか１つが含まれ、また、５族元素としては必ずＮ（窒素）が含まれるものとする。
【０００４】
【発明が解決しようとする課題】
このような半導体レーザにおいては、発振領域すなわち発光部から放出された光は、取り出される距離とともに急激に広がる。このため、光ディスク・システムの光源として用いる場合には、レンズによって光を絞らなければならなかった。
【０００５】
しかしながら、半導体レーザは一般的に発振スポットが小さく、また発振波長が４００ｎｍ程度と短いためにレンズの径や曲率などの設計が非常に難しく、またレーザとレンズとの間の光軸合わせも非常に難しいという問題があった。
【０００６】
また、レンズで絞られる回折限界スポット径は波長に比例するため、光源の短波長化は高密度化のための重要な要素技術である。しかしながら、単に波長が短いだけでは、出射光

を極小スポットに絞ることはできない。すなわち、良好なビーム特性を得るための横モード制御構造等の開発が必要である。しかし、窒化物半導体は、一般にその結晶成長技術や加工技術が十分に開発されておらず、複雑な横モード制御構造を実現することは困難であるという問題もあった。すなわち、ＩｎＧａＡｌＮ系レーザでは室温連続発振は達成されているものの、光ディスクに使用できるビーム特性の実現にはまだ多くの課題が残されている。

【０００７】

さらに、光の波長が短くなると、使用する光学系の精度や調整に関しても、精密な制御が要求される。これは波長およびスポット径が小さくなるため、レンズの収差等もそれに比例して、小さい値に抑えなければならないからである。したがって短波長になる程、このような高精度光学系の実現およびその調整が困難となるという問題もあった。

【０００８】

以上説明したように、窒化物半導体系レーザでは横モード制御構造の作製が困難であり、光ディスクに使用できるビーム特性の実現は困難であった。また、このような短波長発光素子を光ディスク等の光源に用いる場合、波長に見合った高精度光学系の実現および光学系の高精度な調整も困難であった。

【０００９】

本発明は、上記事情を考慮してなされたもので、その目的とするところは、光ディスク等に使用できる良好なビーム特性を備えた発光素子を提供することにある。

【００１０】

【課題を解決するための手段】

本発明の骨子は、短波長発光素子に波面変換部を集積させて設けることにより、光ディスク・システム等に使用できる良好なビーム特性の実現を可能とすることにある。すなわち、本発明の発光素子は、窒化物半導体からなる発光部と、前記発光部から放出される光の放射形状を、その波長よりも小さい放射形状に変換し出力光として放出する第１の波面変換部と、を備えたことを特徴とする。

【００１１】

ここで、前記第１の波面変換部は、前記発光部から放出される光の波長よりも小さい開口径のピンホールを有し、前記出力光は、前記ピンホールを介して放出されるエバネッセント波を含むことを特徴とし、極めて微小なスポット・サイズの光を得ることができる。

【００１２】

また、前記発光部から放出される光を集束して前記第１の波面変換部に供給する第２の波面変換部をさらに備えたことを特徴とし、高い強度のエバネッセント波を得ることができる。

【００１３】

または、本発明の発光素子は、基板と、前記基板上に設けられた発光層と、前記基板上に設けられた光出射面と、を備え、前記発光層から放出された光を前記光出射面を介して前記基板に対して略垂直な方向に取り出すようにした発光素子であって、前記光出射面と、電極が形成された面との間に段差が設けられていることを特徴とし、エバネッセント波の出力面を光ディスクなどの対象物に十分に接近して配置することが可能となる。

【００１４】

または、本発明の発光素子は、光出射面と、前記光出射面に対して略平行な面上に設けられたｐ側電極と、前記光出射面に対して略平行な面上に設けられたｎ側電極と、を備えた発光素子であって、前記光出射面と前記ｐ側電極とは、互いに異なる平面内に設けられ、前記光出射面と前記ｎ側電極とは、互いに異なる平面内に設けられていることを特徴とし、エバネッセント波の出力面を光ディスクなどの対象物に十分に接近して配置することが可能となる。

【００１５】

また、前記第２の波面変換部は、前記発光部の基板に接して形成されたレンズからなることを特徴とする。

【００１６】
また、前記発光部は、面発光型の構造となっていることを特徴とする。
【００１７】
また、前記ピンホールが形成された第１の波面変換部は、前記発光部から放出される光に対する吸収係数が高い材料からなることを特徴とする。
【００１８】
また、前記第１の波面変換部は、窒化物半導体層の端面上に形成された誘電体膜を介して設けられていることを特徴とする。
【００１９】
一方、本発明の発光素子の製造方法は、窒化物半導体からなる発光部と、前記発光部から放出される光の波長よりも小さい開口径を有するピンホールとを有し、前記発光部から放出される光を前記ピンホールを介してエバネッセント波として取り出す発光素子の製造方法であって、窒化物半導体からなる発光部を形成する工程と、ピンホールが開口されるべき薄膜を形成する工程と、前記発光部から放出された光を前記薄膜に照射することにより前記ピンホールを開口する工程と、を備えたことを特徴とし、エバネッセント波を取り出すためのピンホールを確実且つ的確に形成することができる。
【００２０】
【発明の実施の形態】
本発明によれば、簡略な構成の波面変換部を利用することによりエバネッセント波を取り出すことが可能となり、従来よりも極めて微小なスポット・サイズの光を利用することができる。その結果として、従来のＤＶＤシステムの１００倍以上という超高密度の光ディスク・システムを実現することが可能となる。
【００２１】
以下、図面を参照しつつ本発明の実施の形態を説明する。
図１は、本発明の実施の形態に関わる発光素子を表す概略図である。同図（ａ）は発光素子の平面図、同図（ｂ）はそのＡ－Ａ’線断面図である。同図の発光素子１００は、窒化物半導体により構成された、いわゆる端面放射型の半導体レーザであり、その一方の端面に波面変換部１５０が設けられ、そのピンホールｈからエバネッセント（ｅｖａｎｅｓｃｅｎｔ）波を取り出すことができる。
【００２２】
すなわち、同図（ａ）において、矢印で示した長手方向がレーザの共振器の方向である。そして、図中の１５０が本発明の主眼である波面変換部である。本具体例においては、この波面変換部１５０はシリコン（Ｓｉ）により構成され、レーザ光が出射する部分に、その波長と同程度以下のピンホールｈがあけられている。また、図中の１５１は、波面変換部とレーザ端面との間に介在するスペーサとなる誘電体膜である。本具体例では、厚さがレーザ波長と同程度以下の酸化シリコン（SiO_2）膜を用いる。また、他方の端面には、光反射率が高い高反射膜１６０が設けられている。
【００２３】
このような構成の素子により、エバネッセント波を利用することが可能となる。すなわち、波面変換部１５０に設けられているピンホールｈの直径が、レーザから放出される光の波長と同程度以下であると、ピンホールｈを介して外側には伝搬光としてのレーザ光は出射されず、波面変化部１５０から離れるに従って急激に減衰するエバネッセント波となる。このようなエバネッセント波の場の大きさはピンホールｈの直径と同程度である。つまり、ピンホールｈの直径と同程度の極めて微小なスポットサイズの光を得ることができる。
【００２４】
このようなエバネッセント波を用いることにより、レンズを必要とせず、ピンホールｈの直径と同程度のサイズにまで光を絞り込むことができる。従って、ピンホールｈを図示しない光ディスクに近接して配置すれば、レーザ光の波長よりも小さい微小なピット（ディスク上に形成される凹凸）を検出しまたは形成でき、超高密度の光ディスク・システムを

実現できる。

【００２５】

さらに詳細に説明すると、従来のレンズによる光学系を用いた方法においては、集束光のビーム・スポット径Ｄは、Ｄ＝λ／ＮＡ と表される。ここで、λは光の波長であり、ＮＡはレンズの開口数（ｎｕｍｅｒｉｃａｌ ａｐｅｒｔｕｒｅ）である。ここで、従来のＤＶＤ（ｄｉｇｉｔａｌ ｖｅｒｓａｔｉｌｅ ｄｉｓｃ）システムの規格を例に挙げると、光の波長は、６５０ｎｍであり、レンズの標準的な開口数は、約０．６である。従って、集束光のビーム・スポット径Ｄは、約１μｍであることがわかる。

【００２６】

これに対して、本発明によれば、ピンホールｈの直径と同程度のサイズのエバネッセント波を得ることができる。例えば、ピンホールｈの直径を１００ｎｍとすれば、エバネッセント波のビーム・スポットは、概ね１００ｎｍ以下である。光ディスク上に形成されるピットの最小サイズは、光のビーム・スポット径に比例する。つまり、光ディスクの記録容量は、光のビーム・スポット径の２乗に反比例する。従って、本発明によれば、ピンホールｈの開口径を１００ｎｍとした場合でも、光ディスクの記録容量を従来のＤＶＤシステムの１００倍以上に高めることができる。しかも、レンズなどの外部の光学系が必要とされないので、微妙な光軸合わせが不要となり、製造コストも低く、信頼性も極めて高い光ピックアップを実現することができる。ここで、本発明による発光素子を光ディスクに接近して配置し、エバネッセント波でデータの読み出しや書き込みを実現するためには、例えば、アクチュエータとして圧電素子を利用しても良い。

【００２７】

次に、同図（ｂ）を参照しつつ、本実施形態の半導体レーザの構成の具体例について説明する。半導体レーザは、ｃ面を主面とするサファイア基板１０１と、その上に形成された窒化物半導体による積層構造とを備える。その積層構造の一例を示すと、基板側から順に、５０ｎｍのＧａＮバッファ層１０２、ＧａＮ高温バッファ層１０３（アンドープ、厚さＯ．５μｍ、キャリア濃度１×10^{17} cm^{-3}）、ｎ型ＧａＮコンタクト層１０４（Ｓｉドープ、厚さ４μｍ、キャリア濃度２×10^{18} cm^{-3}）、ｎ型ＡｌＧａＮクラッド層１０５（Ａｌ組成比８％、Ｓｉドープ、厚さ０．５μｍ、キャリア濃度１×10^{18} cm^{-3}）、ｎ型ＧａＮガイド層１０６（Ｓｉドープ、厚さ０．３μｍ、キャリア濃度１×10^{17} cm^{-3}）、ＩｎＧａＮ／ＩｎＧａＮ多重量子井戸（ＭＱＷ）構造の活性層１０７（５ペア、井戸層：Ｉｎ組成比１８％、厚さ４ｎｍ、障壁層：Ｉｎ組成比４％、厚さ２ｎｍ）、ｐ型ＧａＮガイド層１０８（Ｍｇドープ、厚さ０．３μｍ、キャリア濃度１×10^{17} cm^{-3}）、ｐ型ＡｌＧａＮクラッド層１０９（Ａｌ組成比８％、Ｍｇドープ、厚さ０．５μｍ、キャリア濃度２×10^{17} cm^{-3}）が積層されている。

【００２８】

さらに、このｐ型ＡｌＧａＮクラッド層１０９の上に、幅５μｍのストライプ状の孔を有するｎ型ＩｎＧａＮ電流阻止層１１０（Ｓｉドープ、Ｉｎ組成比１５％、厚さ０．２μｍ、キャリア濃度１×10^{18} cm^{-3}）が形成され、この上にＩｎＧａＮ層の孔も埋めるように全面にｐ型ＧａＮコンタクト層１１１（Ｍｇドープ、厚さ０．３μｍ、キャリア濃度３×10^{17} cm^{-3}）、高濃度ｐ型ＧａＮコンタクト層１１２（Ｍｇドープ、厚さ０．１μｍ、キャリア濃度５×10^{17} cm^{-3}）が形成されている。

【００２９】

このようなレーザ構造に電流を供給するための電極としては、ｎ型コンタクト層１０４に対してはチタン（Ｔｉ）と金（Ａｕ）とを積層した電極１４０、ｐ型コンタクト層１１２に対しては半導体層側から白金（Ｐｔ）、チタン（Ｔｉ）、白金（Ｐｔ）、金（Ａｕ）を順に積層した電極１３０を用いることができる。

【００３０】

次に、このようなレーザ素子の製造方法を簡単に説明する。窒化物半導体の積層構造は、例えば、ＭＯＣＶＤ（Ｍｅｔａｌ－Ｏｒｇａｎｉｃ Ｃｈｅｍｉｃａｌ Ｖａｐｏｒ Ｄｅｐｏｓｉｔｉｏｎ：有機金属化学気相成長）法あるいはＭＢＥ（Ｍｏｌｅｃｕｌａｒ

Ｂｅａｍ　Ｅｐｉｔａｘｙ：分子線エピタキシー）法などにより成長することができる。ＭＯＣＶＤ法による場合の原料としては、トリメチル・ガリウムやトリメチル・アルミニウム、トリメチル・インジウム、アンモニアなどを用いることができる。

【００３１】

ｎ側電極１４０を形成するためにｎ型コンタクト層１０４の一部を露出させる方法としては、積層構造をすべて成長した後に部分エッチングによって形成することも可能であるし、ｎ型コンタクト層１０４の成長後に選択成長を行なうことも可能である。

【００３２】

このようにして形成したレーザ素子は、劈開などにより端面を形成した後に、後方の端面に高反射膜１６０を形成し、前方の端面には、スペーサ１５１と波面変化部１５０とをそれぞれ形成する。高反射膜１６０としては、例えば、複数の誘電体薄膜を積層させたいわゆるブラッグ反射鏡を用いることができる。また、スペーサ１５１としては、例えば、酸化シリコンや窒化シリコンなどの誘電体膜を用いることができる。スペーサ１５１の役割は、第１に、レーザ端面において必要とされる光反射率を確保する点にある。従って、スペーサ１５１は、誘電体膜を積層させたブラッグ反射鏡としても良い。また、スペーサ１５１は、波面変換部１５０の付着強度を改善する役割も有する。従って、レーザ素子の端面と波面変換部１５０との付着強度が高い材料を用いることが望ましい。さらに、スペーサ１５１は、波面変換部１５０とレーザ端面とを電気的に絶縁する役割も有する。すなわち、図１（ｂ）からも分かるように、レーザ端面にはｎ型の半導体層とｐ型の半導体層の側面が露出しており、波面変換部１５０の材料として導電性のものを用いる場合には、ｐｎ接合が短絡しないように、端面を絶縁被覆する必要がある。この観点からは、スペーサ１５１は、絶縁性の材料により構成することが望ましい。スペーサ１５１の材料としては、酸化シリコンや窒化シリコンの他に、酸化チタン（TiO_2）や酸化アルミニウム（Al_2O_3）などの誘電体膜を用いることが望ましい。

【００３３】

一方、本実施形態の特徴は、波面変換部１５０の材料としてシリコンを用いる点にもある。

図２は、シリコンの光吸収係数の波長依存性を表すグラフ図である。同図に示したように、シリコンは長波長においては透明であるが、青色あるいはそれより短い波長域においては光の吸収係数が極めて大きい。例えば、波長４００ｎｍにおいては、吸収係数は$2\times10^{5}\ cm^{-1}$という大きな値を持つ。つまり、窒化物半導体のレーザ素子の波長帯においては、極めて高い吸収係数を有する。したがって、膜厚が２００ｎｍ程度もあれば、レーザ光をほとんど透過せずピンホール部のみにエバネッセント波を発生させることが可能となる。

【００３４】

ここで、エバネッセント波の強度は、ピンホール開口部において入口側の端部から指数関数的に減衰し、ピンホールの直径程度の範囲のみにおいて存在する。例えば、ピンホールｈの直径が０．１μｍ程度の場合には、エバネッセント波の存在範囲は、概ね０．１μｍ程度に過ぎない。従って、エバネッセント光を高い強度で外部に取り出すためには、波面変換部１５０の膜厚を十分に薄くすることが重要である。本実施形態のようにシリコンを用いた場合には、波面変換部１５０の膜厚を２００ｎｍ程度まで十分に薄くすることができ、外部に取り出すエバネッセント波の強度を大きくできる。波面変換部１５０を構成する膜の材料としては、シリコンの他に、例えば、ゲルマニウム（Ｇｅ）や窒化インジウム（ＩｎＮ）などの挟エネルギーギャップの半導体や、炭素（Ｃ）などの導電体、あるいはインジウム（Ｉｎ）、金（Ａｕ）、アルミニウム（Ａｌ）、白金（Ｐｔ）、銀（Ａｇ）等の金属などを挙げることができる。これらの金属材料を用いれば、さらに膜厚を薄くすることも可能である。

【００３５】

これらの材料は、蒸着法やスパッタリング法あるいはＣＶＤ法などの種々の方法により、レーザ素子の端面に所定の膜厚で堆積することができる。

【００３６】
また、波面変換部１５０にピンホールｈを形成する方法としては、レーザ素子において通常用いるよりも高い出力のレーザ光を瞬間的に出射させて微小な開口を設ける方法がある。通常、レーザ端面から出射されるレーザ光は、ガウス分布に近似した空間的強度分布を有する。従って、レーザ光の出力レベルや出射時間を適宜制御することにより、波面変換部１５０に開口するピンホールのサイズを調節することができる。
【００３７】
次に、本発明の第２の実施の形態について説明する。
【００３８】
図３は、本発明の第２の実施形態に関わる発光素子の要部構成を表す概略図である。同図は要部断面図であり、同図手前側の面は断面構造を表す。図示した発光素子２００は、いわゆる垂直共振器型面発光レーザを基本とし、その光出射面に波面変換部２２５が設けられている。
その素子構造を説明すると、サファイア基板２１０の上に、ＧａＮバッファ層２１１、ＧａＮ／ＧａＡｌＮ多層膜２１２、ｎ型ＧａＮコンタクト層２１３、ｎ型ＧａＡｌＮクラッド層２１４、ｎ型ＧａＮ導波層２１５、ＩｎＧａＮ多重量子井戸（ＭＱＷ：Ｍｕｌｔｉｐｌｅ　Ｑｕａｎｔｕｍ　Ｗｅｌｌ）活性層２１６、ｐ型ＧａＮ導波層２１７、ｐ型ＧａＡｌＮクラッド層２１８、ｎ型ＧａＡｌＮ電流狭窄層２１９が順次、成長形成されている。活性層２１６は、例えば、$In_xGa_{1-x}N$井戸層と$In_yGa_{1-y}N$障壁層（ｘ≧ｙ）とを交互に積層した多重量子井戸（ＭＱＷ）構造とすることができる。これらの結晶成長は、ＭＯＣＶＤ法あるいはＭＢＥ法などにより行うことができる。
【００３９】
ｎ型ＧａＡｌＮ電流狭窄層２１９は、円形の開口部を有するように一部がエッチング除去され、その上にｐ型ＧａＮコンタクト層２２０、ＧａＮ／ＧａＡｌＮ多層膜２２１が形成される。これらの結晶成長もＭＯＣＶＤ法あるいはＭＢＥ法によって行われる。
【００４０】
この層構造は図に示されたように両側が部分的に除去されてメサ状に加工されている。そして、メサの両側において、基板２１０とｎ型ＧａＮコンタクト層２１３の一部がそれぞれ露出される。そして、メサ部の側面にSiO_2膜２２２が形成されている。さらに、基板２１０の露出部上およびSiO_2膜２２２の上にはｐ側電極２２３が形成され、ｎ型ＧａＮコンタクト層２１３の露出部上にはｎ側電極２２４が形成されている。
また、ＧａＮ／ＧａＡｌＮ多層膜２２１の上にはシリコン（Ｓｉ）などからなる波面変換部２２５が形成されている。この波面変換部２２５の中央には直径約１００ｎｍのピンホールｈが設けられている。
【００４１】
図示した発光素子２００においては、ＧａＮ／ＧａＡｌＮ多層膜２１２とＧａＮ／ＧａＡｌＮ多層膜２２１とがそれぞれ共振器鏡の働きをしており、垂直方向に共振器が形成される、いわゆる垂直共振器型面発光レーザの構造を有する。
【００４２】
共振器端面に設けられた波面変換部２２５は、共振器内の光をエバネッセント（ｅｖａｎｅｓｃｅｎｔ）波に変換する機能を持っている。すなわち、活性層２１６から放出される光の波長は、約４００～５００ｎｍ程度であるのに対して、ピンホールｈの直径は約１００ｎｍであり、レーザ素子の発光波長より小さい。このために、ピンホールｈの外側には伝搬光としてのレーザ光は出射されず、ピンホールｈから離れると急激に減衰するエバネッセント波となる。従って、第１実施形態に関して前述したように、ピンホールｈの直径と同程度のスポットサイズの光を得ることができる。
【００４３】
また、本実施形態においても、図２に関して前述したように、シリコンを用いて波面変換部２２５を形成することにより膜厚を十分に薄くすることが可能で、エバネッセント波を高い強度でピンホールｈの外側に取り出すことができる。

【００４４】
さらに、本実施形態においては、面発光型のレーザの発光面においてメサ状に段差を設け、ｐ側電極２２３をその段差の底面Ｂまで延在して形成している。そして、ｐ側電極２２３とｎ側電極２２４とは、それぞれメサの底面においてワイアＷにより配線される。このように、ワイアボンディングの位置を素子の発光面よりも後退させることにより、図示しない光ディスクなどの対象物に対してワイアＷが干渉することなく、波面変換部２２５を十分に接近して配置することができるようになる。特に、本発明においては、極めて限られた場にのみ存在するエバネッセント波を利用するので、このように波面変換部２２５を対象物に十分に接近させることができる構成は、極めて重要である。
【００４５】
図４は、本実施形態にかかる発光素子の変形例を表す要部断面斜視図である。同図の発光素子２００’も垂直共振器型面発光レーザを基本とする。その基本部分は、図３に示したものと同一とすることができるので、同一の部分には同一の符号を付して詳細な説明は省略する。本変形例においては、結晶成長後にサファイア基板２１０を除去することにより電極を発光素子の上下の面に設けた点で、図３の発光素子２００とは異なる。
【００４６】
このような構成を実現するためには、多層反射膜２１２とバッファ層２１１との間などに厚さ８０μｍ程度のＧａＮ層２５０などを設ける必要がある。そして、バッファ層２１１をエッチングして基板２１０とともに除去する。層２５０は裏面からのコンタクト層として作用するので、キャリア濃度が10^{18}／cm^3以上のｎ型であることが望ましい。また、基板２１０を除去するためには、バッファ層２１１の材料としてＩｎＮなどの選択エッチングしやすい材料を用いたり、部分的に形成したSiO_2膜を利用するなどの工夫が必要である。また、多層反射膜２１２を結晶成長時に形成せず、その代わりに、ｎ側電極２２４を透明電極とし、その電極２２４の外側に反射膜を形成しても良い。
【００４７】
次に、本発明の第３の実施の形態について説明する。
図５は、本発明の第３の実施の形態に関わる発光素子の概略構成を示す要部断面斜視図である。同図の発光素子３００も垂直共振器型面発光レーザを基本とする。その基本部分は、第２実施形態に関して前述した発光素子２００と概略同様とすることができるので、同一の部分には同一の符号を付して詳細な説明は省略する。本実施形態の特徴は、共振器およびピンホールを複数形成して、いわゆるアレイ（ａｒｒａｙ）構造とした点にある。このような発光素子３００をピックアップヘッドとして用いれば、図示しない光ディスクの複数のトラックを同時に記録再生することができる。
【００４８】
なお、本実施形態では、共振器とピンホールｈとが１次元状に配列したアレイを例示したが、本発明は、もちろんこれに限定されるものではなく、２次元状にのアレイとすることも可能である。特に、図示したような面発光型の構造においては、２次元アレイを容易に実現できるという利点がある。
【００４９】
次に、本発明の第４の実施の形態について説明する。
図６は、本発明の第４の実施形態に関わる発光素子４００の概略構成を示す断面図である。同図の発光素子４００も垂直共振器型面発光レーザを基本とする。図中４５０はサファイア基板であり、この基板４５０の上にＧａＮバッファ層４５１、ｎ型ＧａＮコンタクト層４５３、ｎ型ＧａＡｌＮクラッド層４５４、ｎ型ＧａＮ導波層４５５、ＩｎＧａＮ多重量子井戸（ＭＱＷ）活性層４５６、ｐ型ＧａＮ導波層４５７、ｐ型ＧａＡｌＮクラッド層４５８、ｎ型ＧａＡｌＮ電流狭窄層４５９、ｐ型ＧａＮコンタクト層４６０が成長形成されている。また、４６１はSiO_2／TiO_2多層膜、４６２はSiO_2膜、４６３はSiO_2／TiO_2多層膜、４６４はｐ側電極、４６５はｎ側電極、４６６はピンホールｈを設けたシリコン膜である。
【００５０】

本実施形態の特徴は、第１の波面変換部として作用するシリコン膜４６６の他に、第２の波面変換部として作用するSiO_2／TiO_2多層膜４６３を有する点である。この第２の波面変換部はサファイア基板の裏面側を球面加工してその表面に多層膜４６３を形成することによって得られる。この球面反射鏡により光はピンホール部の多層膜鏡に戻されるため、安定で高効率の共振器が形成される。

次に、本発明の第５の実施の形態について説明する。

図７は、本発明の第５の実施形態に関わる発光素子の概略構成を示す図であり、同図（ａ）はその断面図、同図（ｂ）はその要部底面図である。同図の発光素子５００も垂直共振器型面発光レーザを基本とする。図中５７０はサファイア基板であり、この基板５７０の上にＧａＮバッファ層５７１、ｎ型ＧａＮコンタクト層５７３、ｎ型ＧａＡｌＮクラッド層５７４、ｎ型ＧａＮ導波層５７５、Ｉｎ型ＧａＮ多重量子井戸（ＭＱＷ）活性層５７６、ｐ型ＧａＮ導波層５７７、ｐ型ＧａＡｌＮクラッド層５７８、ｎ型ＧａＡｌＮ電流狭窄層５７９、ｐ型ＧａＮコンタクト層５８０が成長形成されている。また、５８１はSiO_2／TiO_2多層膜、５８２はSiO_2膜、５８４はｐ側電極、５８５はｎ側電極、５８６はピンホールｈを設けたシリコン膜であり、第１の波面変換部として作用する。また、５８７は回折格子レンズであり、第２の波面変換部として作用する。回折格子レンズ５８７は、例えばSiO_2膜などを用いたフレネル・レンズであり、同図（ｂ）に示したような平面パターンを有する。

【００５１】

本実施形態では、SiO_2／TiO_2多層膜５８１と回折格子レンズ５８７とが共振器鏡を構成している。回折格子レンズ５８７により反射された光はピンホール部の多層膜鏡５８１に戻されるため、安定で高効率の共振器が形成される。　さらに、回折格子レンズ５８７を透過した出射光を基板５７０の下側において収束させることが可能となる。つまり、シリコン膜５８６のピンホールｈを介してエバネッセント波を取り出すことができ、同時に、基板の裏面側においては、回折格子レンズにより収束された光を取り出すことができる。この裏面側の光は、例えば、光ディスク・システムのピックアップの位置を検出するためのプローブとして用いたり、レーザ出力を制御するためのモニタ光などとして利用することもできる。

【００５２】

もし、裏面側の光のみを利用する場合には、表面側のピンホールｈは不要であり、したがって、シリコン膜５８１を形成する必要は必ずしもない。一方、裏面側の収束光を利用しない場合には、回折格子レンズ５８７の反射率を高くして高反射型の回折格子レンズとすれば良い。

【００５３】

次に、本発明の第６の実施の形態について説明する。

図８は、本発明の第６の実施形態に関わる発光素子の概略構成を示す図であり、同図（ａ）はその断面図、同図（ｂ）はその要部平面パターン図である。同図の発光素子６００も垂直共振器型面発光レーザを基本とする。図中６１０はサファイア基板であり、この基板６１０の上に第１のＧａＮバッファ層６１１が堆積され、さらに、SiO_2層６１２、金属膜６１３、SiO_2層６１４が積層される。これらのSiO_2層と金属膜６１２～６１４は、エッチングにより一部除去され、同図（ｂ）に示したようなパターンの回折格子レンズ６３０を構成する。　この上に第２のＧａＮバッファ層６１５が成長形成される。この第２のバッファ層６１５の成長に際しては、回折格子レンズ６３０の開口を介して下層の第１のバッファ層６１１からエピタキシャル成長が生じ、さらに面内方向にラテラル成長が進行することによって、単結晶状の第２のバッファ層６１５が得られる。

【００５４】

その上に、ｎ型ＧａＮコンタクト層６１６、ｎ型ＧａＡｌＮクラッド層６１７、ｎ型ＧａＮ導波層６１８、ＩｎＧａＮ多重量子井戸（ＭＱＷ）活性層６１９、ｐ型ＧａＮ導波層６２０、ｐ型ＧａＡｌＮクラッド層６２１、ｎ型ＧａＡｌＮ電流狭窄層６２２、ｐ型ＧａＮ層６２３、ｐ型ＧａＮ／ｐ型ＧａＡｌＮ多層膜６２４が順次エピタキシャル成長される。

また、６２５はｐ側電極、６２６はｎ側電極、６２７はSiO_2／TiO_2多層膜、６２８はピンホールｈを設けたシリコン膜である。

【００５５】

本実施形態では、シリコン膜６２８が第１の波面変換部として作用し、サファイア基板上の回折格子レンズ６３０が第２の波面変換部として作用する。回折格子レンズ６３０により、レーザ光をサファイア基板裏面に収束させることが可能となる。そして、第１の波面変換部であるシリコン膜６２８のピンホールｈを介して、強度の高いエバネッセント波を取り出すことができる。

【００５６】

ここで、サファイア基板６１０の屈折率は１より大きいので、回折格子レンズ６３０の開口数（ＮＡ）を１より大きくすることが可能となる。この場合には、第１の波面変換部すなわちピンホールを設けたシリコン膜６２８がなくても、基板６１０より下側の光の場はエバネッセントとなり、波長より小さいスポットを得ることができる。もちろん、本実施形態に示したようにピンホールと組み合わせて、極小スポットのエバネッセント波を得ることも可能である。

【００５７】

次に、本発明の第７の実施の形態について説明する。

図９は、本発明の第７の実施形態に関わる発光素子の概略構成を表す図であり、同図（ａ）はその要部平面透視図、同図（ｂ）はそのＡ－Ａ’線断面図、同図（ｃ）は導波層端部のＡ－Ａ’線に沿った抵抗率及び屈折率の分布を表すグラフ図である。

同図の発光素子７００は、端面放射型レーザを基本とする。まず、同図（ｂ）を参照しつつその断面構造について概説すると、図中７１０はサファイア基板であり、この基板７１０の上にＧａＮバッファ層７１１、ｎ型ＧａＮコンタクト層７１２、ｎ型ＧａＡｌＮクラッド層７１３、ｎ型ＧａＮ導波層７１４、ＩｎＧａＮ多重量子井戸（ＭＱＷ）活性層７１５、ｐ型ＧａＮ導波層７１６、ｐ型ＧａＡｌＮクラッド層７１７、ｎ型ＧａＡｌＮ電流狭窄層７１８、ｐ型ＧａＮコンタクト層７１９が形成されている。また７２０はｐ側電極、７２１はｎ側電極である。

【００５８】

本実施形態においては、レーザ素子の片方の出射端面付近に波面変換部７２２が設けられている。波面変換部７２２は、端面の付近の部分のｐ型ＧａＮ導波層７１６の抵抗率を局所的に変化させた構造からなる。すなわち、図９（ｃ）に示したように、ストライプ中央では抵抗率が高く、外側では抵抗率が低い構造となっている。これにより、ストライプ外側部分の活性層へのキャリア注入がストライプ中央部に比べて大きくなるため、プラズマ効果によって、図９（ｃ）に示したように、ストライプ外側の実効的な屈折率が低くなる。したがって、この波面変換部は導波光に対してレンズ作用を有する。

【００５９】

図１０は、この波面変換部７２２により導波光が屈折される様子を説明する平面図である。すなわち、波面変化部７２２の内部での光の分布は、その屈折率と波面変換部７２２の長さＬとにより、いくつかの種類に分類される。

【００６０】

図１０（ａ）に表した例においては、導波光の焦点距離よりも波面変換部の長さＬの方が長い。その結果として、図示したように、導波光は端面の外側において集束する。図１０（ｂ）に表した例においては、導波光の焦点距離と波面変換部の長さＬとが同一である。その結果として、導波光はレーザの端面において集束する。図１０（ｃ）に示した例においては、波面変換部の長さＬは、導波光の焦点距離の２倍である。その結果として、図示したように、レーザ端面からは平行な光が出射する。

【００６１】

このように、本実施形態によれば、波面変換部７２２の屈折率分布と長さＬとを適宜調節することにより、出射光の強度分布を制御することができ、比較的広いストライプ幅でも良好な出射波面が得られる。

【００６２】
波面変換部７２２は、例えば、電子ビーム照射によって作製することができる。すなわち、ｐ型ＧａＮ導波層７１６を成長した後、電子ビーム照射によって、ストライプ部のアクセプタを活性化させる、この際、電子ビームの照射量に分布をもたせ、端面近傍においては、ストライプ外側部分の電子線ドーズ量を多くし、中央部の電子線ドーズ量を少なくする。これによって、外側が低抵抗、中央部が高抵抗となる構造が実現される。
【００６３】
なお、この方法による場合は、電子線照射でストライプ部を形成するため、ｎ型ＧａＡｌＮ電流狭窄層７１８は必ずしも必要ではない。すなわち、ストライプの外側に電子線照射を行わなければ、高抵抗であるため電流は流れず、電流狭窄を実現することができるからである。
【００６４】
一方、波面変換部７２２の形成方法としては、イオン注入を利用する方法もある。すなわち、ｐ型ＧａＮ導波層７１６に対して、マグネシウム（Ｍｇ）などのｐ型不純物をドーズ量に分布をつけて注入し、必要に応じてアニール処理を施すことにより、図９（ｃ）と同様の抵抗率の分布を有するｐ型ＧａＮ導波層７１６を形成することができる。
【００６５】
あるいは、ｐ型ＧａＮ導波層７１６の結晶成長に際して均一にｐ型の不純物をドーピングし、成長後に、水素（Ｈ）をドーズ量に分布をつけてイオン注入することによっても、図９（ｃ）と同様の抵抗率の分布を有するｐ型ＧａＮ導波層７１６を形成することができる。これは、結晶成長時にドープされたマグネシウムなどのｐ型不純物が、水素のイオン注入によって不活性化される現象を利用したものである。
【００６６】
さらに別の方法として、ｐ型ＧａＮ導波層７１６に対して、マグネシウムなどのｐ型不純物とシリコンなどのｎ型不純物とを両方ドーピングし、そのいずれか、あるいは両方の不純物の濃度分布を制御する方法でも良い。つまり、ｐ型不純物に対して、ｎ型不純物のドーピング量を変化させることにより、アクセプタの補償量を制御して、図８（ｃ）と同様の抵抗率の分布を有するｐ型ＧａＮ導波層７１６を形成することができる。
【００６７】
また、この例ではｐ型ＧａＮ導波層７１６の抵抗率を変化させているが、活性層７１５の抵抗率を変化させても良いことはいうまでもない。さらに、ｐ型ＧａＡｌＮクラッド層７１７の抵抗率を同様に変化させても良く、または、導波層７１６とクラッド層７１７の両方で抵抗率を変化させても良い。
【００６８】
次に、本発明の第８の実施の形態について説明する。
図１１は、本発明の第８の実施形態に関わる発光素子の概略構成を表す概略図であり、同図（ａ）はその要部平面透視図、同図（ｂ）はそのＡ－Ａ’線断面図、同図（ｃ）は導波層端部のＡ－Ａ’線に沿った抵抗率及び屈折率の分布を表すグラフ図である。同図の発光素子８００は、図９に表した発光素子７００の光出射側の端面にピンホールｈを有する波面変換部８３０を設けたものである。
【００６９】
ここで、発光素子８００の断面構造などは、図９に関して前述したものと同様であるので詳細な説明は省略する。
【００７０】
本実施形態においては、導波光を波面変換部７２２で集束し、波面変換部８３０のピンホールｈを介してエバネッセント波として外部に取り出すことができる。導波光をピンホールｈに集束させてエバネッセント波の強度を上げるためには、図１０（ｂ）に示したように端面に導波光が集束されるように、波面変換部７２２の屈折率分布と長さＬとを設定することが望ましい。
【００７１】

本実施形態によれば、端面放射型のレーザにおいて、さらに導波光を集束することにより、極めて高い強度のエバネッセント波を取り出すことができるという利点がある。

【００７２】

次に、本発明の第９の実施の形態について説明する。

図１２は、本発明の第９の実施の形態にかかる発光素子の構成を表す概略断面図である。この断面図は、発光層の共振器方向に縦割りした図である。また、同図においては、発光層１１１６の上下に適宜設けられるガイド層、クラッド層あるいはコンタクト層などは省略した。本実施形態によれば、利得の大きな領域を長距離にわたって形成することができるので、強度を稼ぐことができる点で面発光型よりも有利である。発光層１１１６で生成された光は、高反射膜１１３０と波面変換部１１２８との間で共振し、高反射膜１１３１により反射されて、波面変換部１１２８内に形成されたピンホールｈによって取り出すことができる。この時、高反射膜１１３１は４５度程度に傾斜して設けられた半導体面上に積層構造を有した誘電体膜を形成することが望ましい。

【００７３】

図１３は、本実施形態の変形例を表す概略断面図である。同図においても、発光層の上下に適宜設けられるガイド層、クラッド層あるいはコンタクト層などは省略した。図１２の発光素子とは、基板１１０１を加工したレンズ１２２９の上に、ピンホールｈを有する吸収層１２２８を形成した構造を有する。本発明変形例によれば、レンズ１２２９を設けることにより、ピンホールｈを介して取り出すことができるエバネッセント波の強度をさらに上げることができる。

【００７４】

以上、具体例を参照しつつ本発明の実施の形態について説明した。しかし、本発明は、これらの具体例に限定されるものではない。

例えば、前述した端面放出型レーザや面発光型レーザの素子構造は、一例に過ぎず、これらの他にも、各種の電流注入構造、電流阻止構造、各種の組成の材料を同様に用いることができる。

【００７５】

また、基板として用いることのできるものは、前述したサファイアに限定されず、その他にも、例えば、スピネル、ＭｇＯ、ＳｃＡｌＭｇO_4、ＬａＳｒＧａO_4、（ＬａＳｒ）（ＡｌＴａ）O_3などの絶縁性基板や、ＳｉＣ、Ｓｉ、ＧａＮなどの導電性基板も同様に用いてそれぞれの効果を得ることができる。

【００７６】

また、前述した端面放出型レーザや面発光型レーザの他にも、端面放出型ＬＥＤ（ｌｉｇｈｔ　ｅｍｉｔｔｉｎｇ　ｄｉｏｄｅ：発光ダイオード）や面発光型ＬＥＤを用いても同様に本発明の効果を得ることができる。

さらに、ピンホールの開口形状やそのサイズも前述したものに限定されず、発光部から放出される光の波長との関係において適宜決定して同様の効果を得ることができる。

【００７７】

【発明の効果】

以上詳述したように、本発明によれば、窒化物半導体からなる発光部と波面変換部とを設けることにより、良好な出射ビーム特性の実現が可能となる。

【００７８】

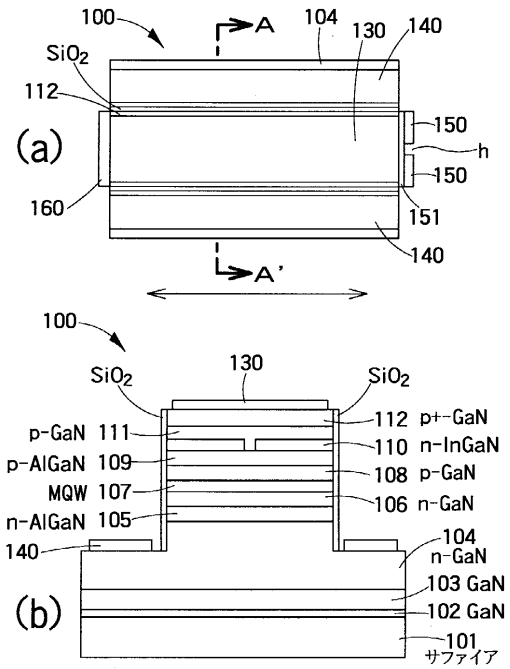
すなわち、ピンホールを介してエバネッセント波を取りだすことにより、レンズなどの光学系を用いることなく発光部からの光を絞りこむことができる。その結果として得られるエバネッセント波のスポット・サイズは、従来のＤＶＤシステムの１０分の１以下とすることができる。その結果として、従来のＤＶＤシステムの１００倍以上の記録容量を有する超高密度の光ディスク・システムあるいは光磁気ディスク・システムなどを実現することができる。

【００７９】

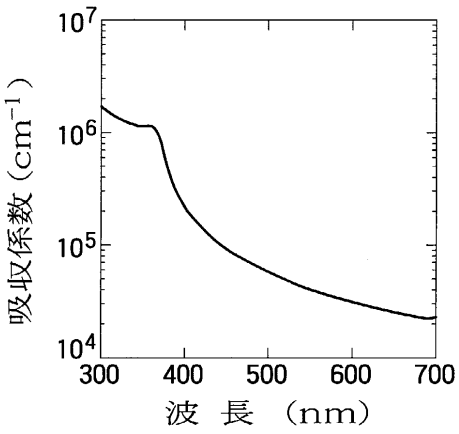
さらに、波長変化によるレンズそのものの調整やピックアップの中での光軸の調整が不要

となる。
【００８０】
以上詳述したように、本発明によれば、極めて微細なスポット・サイズを有する発光素子を実現することにより、超高密度光ディスク・システムを安価で且つ高信頼性で提供することが可能となり産業上のメリットは多大である。
【図面の簡単な説明】
【図１】本発明の実施の形態に関わる発光素子を表す概略図である。同図（ａ）は発光素子の平面図、同図（ｂ）はそのＡ－Ａ’線断面図である。
【図２】シリコンの光吸収係数の波長依存性を表すグラフ図である。
【図３】本発明の第２の実施形態に関わる発光素子の要部構成を表す概略図である。
【図４】第２実施形態の変形例を表す概略図である。
【図５】本発明の第３の実施の形態に関わる発光素子の概略構成を示す要部断面斜視図である。
【図６】本発明の第４の実施形態に関わる発光素子４００の概略構成を示す断面図である。
【図７】本発明の第５の実施形態に関わる発光素子の概略構成を示す図であり、同図（ａ）はその断面図、同図（ｂ）はその要部底面図である。
【図８】本発明の第６の実施形態に関わる発光素子の概略構成を示す図であり、同図（ａ）はその断面図、同図（ｂ）はその要部平面パターン図である。
【図９】本発明の第７の実施形態に関わる発光素子の概略構成を表す図であり、同図（ａ）はその要部平面透視図、同図（ｂ）はそのＡ－Ａ’線断面図、同図（ｃ）は導波層端部のＡ－Ａ’線に沿った抵抗率及び屈折率の分布を表すグラフ図である。
【図１０】波面変換部７２２により導波光が屈折される様子を説明する平面図である。
【図１１】本発明の第８の実施形態に関わる発光素子の概略構成を表す図であり、同図（ａ）はその要部平面透視図、同図（ｂ）はそのＡ－Ａ’線断面図、同図（ｃ）は導波層端部のＡ－Ａ’線に沿った抵抗率及び屈折率の分布を表すグラフ図である。
【図１２】本発明の第９の実施の形態にかかる発光素子の構成を表す概略断面図である。
【図１３】本実施形態の変形例を表す概略断面図である。
【符号の説明】
１００、２００、３００、４００、５００、６００、７００、８００　発光素子
１０１、２１０、４５０、５７０、６１０、７１０　基板
１０２、２１１、４５１、５７１、６１１、６１５、７１１　バッファ層
１０３　高温バッファ層１０３
１０４、２１３、４５３、５７３、６１６、７１２　ｎ型コンタクト層
１０５、２１４、４５４、５７４、６１７、７１３　ｎ型クラッド層
１０６、２１５、４５５、５７５、６１８、７１４　ｎ型ガイド層
１０７、２１６、４５６、５７６、６１９、７１５　活性層
１０８、２１７、４５７、５７７、６２０、７１６　ｐ型ガイド層
１０９、２１８、４５８、５７８、６２１、７１７　ｐ型クラッド層
１１０、２１９、４５９、５７９、６２２、７１８　電流阻止層
１１１、２２０、４６０、５８０、６２４、７１９　ｐ型コンタクト層
１１２　高濃度ｐ型コンタクト層
１３０、２２３、４６４、５８４、６２５、７２０　ｐ側電極
１４０、２２４、４６５、５８５、６２６、７２１　ｎ側電極
１５０、２２５、４６６、５８６、６２８、７２２　波面変換部
１５１　スペーサ
１６０、２２１　高反射鏡
４６３、５８７、６３０、８３０　第２の波面変換部
ｈ　ピンホール
ｗ　ワイア

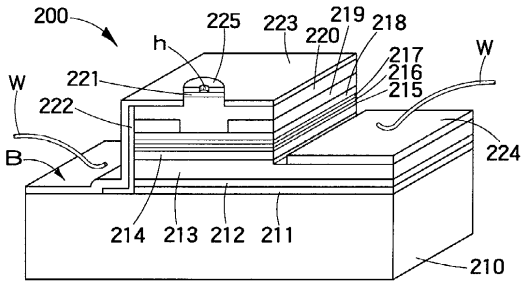
【図１】



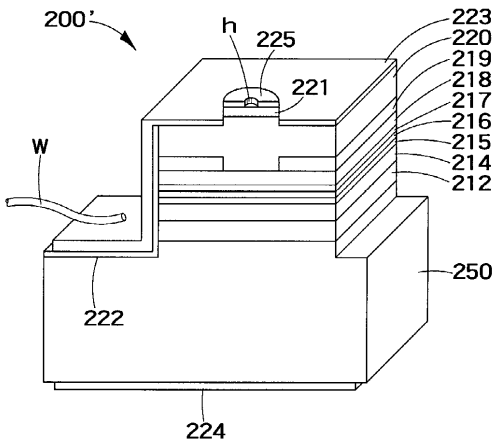
【図２】



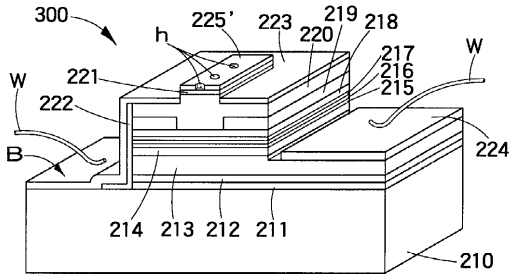
【図３】



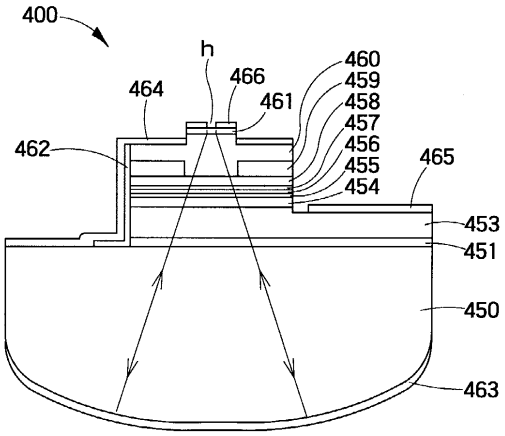
【図４】



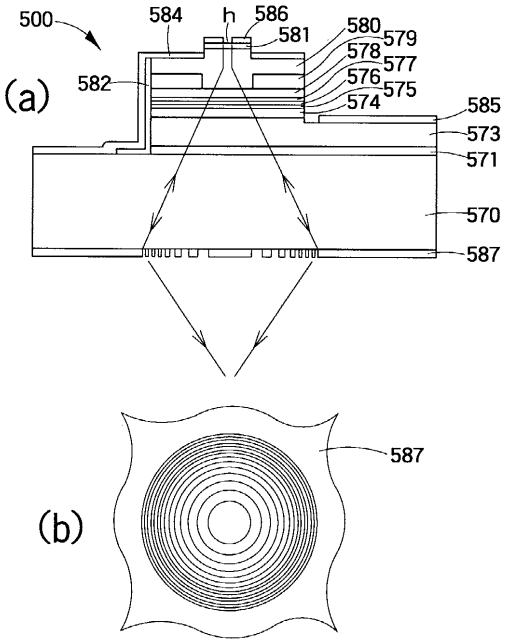
【図５】



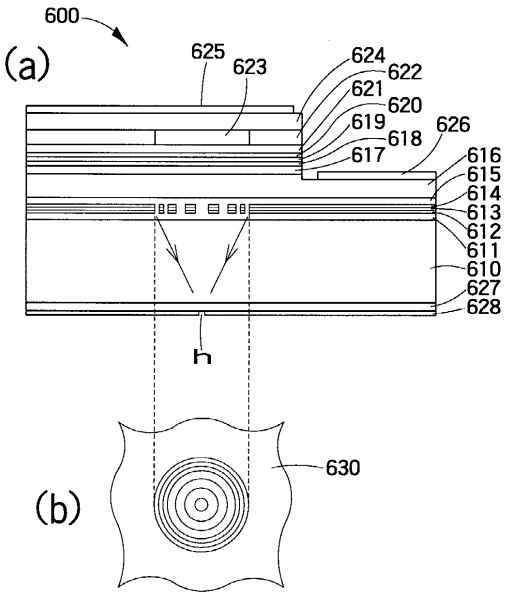
【図６】



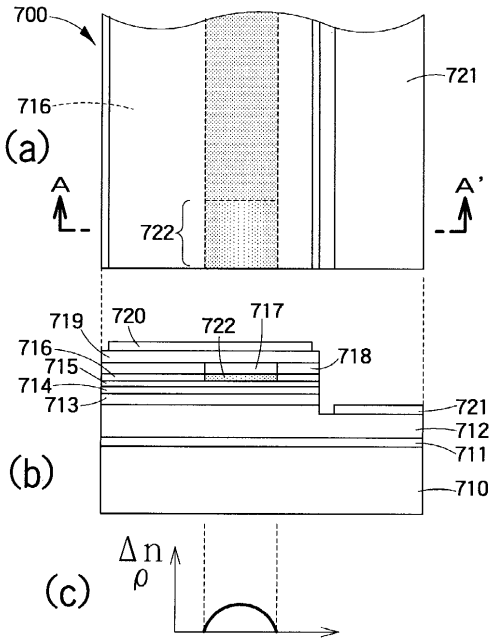
【図７】


500
584
h
586
581
580
579
578
577
576
575
574
582
585
573
571
570
587
(a)
587
(b)

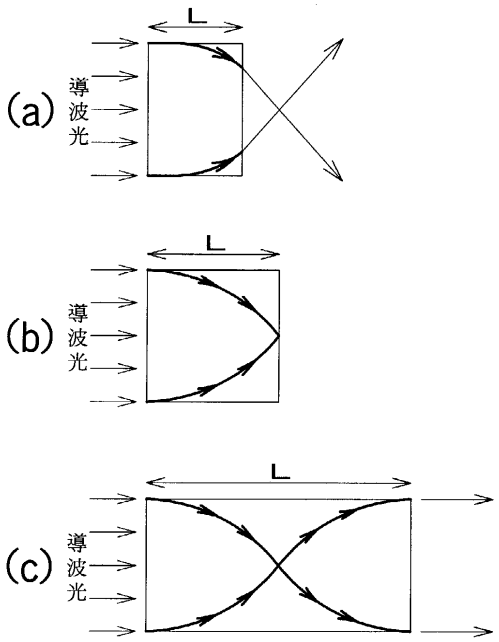
【図８】


600
(a)
625
623
624
622
621
620
619
618
617
626
616
615
614
613
612
611
610
627
628
h
630
(b)

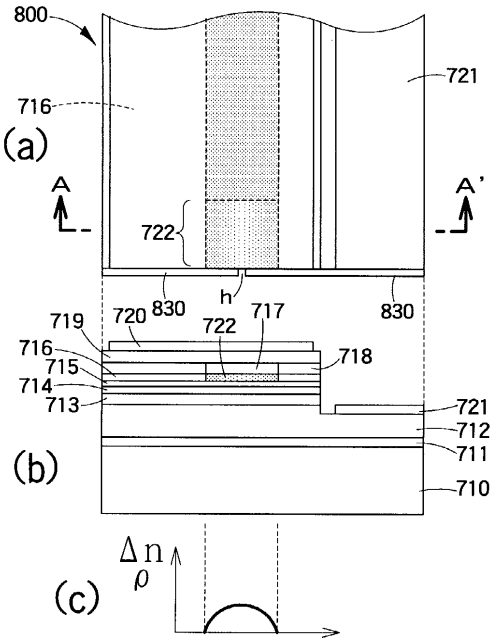
【図９】


700
721
716
(a)
A
A'
722
719
720
722
717
716
715
714
713
718
721
712
711
710
(b)
Δn
ρ
(c)

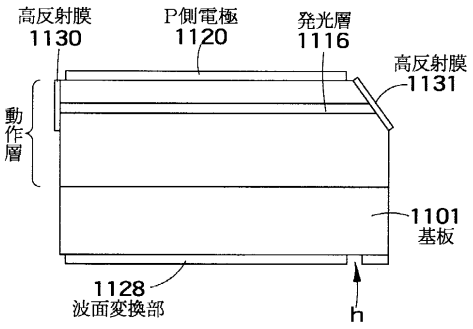
【図１０】


L
導
波
光
(a)
L
導
波
光
(b)
L
導
波
光
(c)

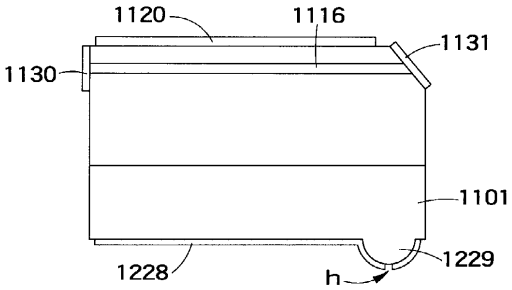
【図１１】


800
721
716
(a)
A
A'
722
h'
720
830
717
830
719
722
716
718
715
714
713
721
712
711
(b)
710
Δn
ρ
(c)

【図１２】


高反射膜
1130
P側電極
1120
発光層
1116
高反射膜
1131
動作層
1101
基板
1128
波面変換部
h

【図１３】


1120
1116
1131
1130
1101
1228
1229
h

フロントページの続き

(72)発明者　波多腰　玄　一
神奈川県川崎市幸区小向東芝町１　株式会社東芝　研究開発センター内
(72)発明者　寺　内　　衛
神奈川県川崎市幸区小向東芝町１　株式会社東芝　研究開発センター内

審査官　吉野　三寛

(56)参考文献　特開平１０－１４３８９５（ＪＰ，Ａ）
特開平１０－１７２１６６（ＪＰ，Ａ）
特開平０５－１００１６８（ＪＰ，Ａ）
特開平０７－２９７４７６（ＪＰ，Ａ）
特開平０５－０２１８８８（ＪＰ，Ａ）
特開昭６４－０００７８５（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.^{7}，ＤＢ名)
H01S　5/00-5/50