(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3840696号
(P3840696)
(45)発行日　平成18年11月1日(2006.11.1)　(24)登録日　平成18年8月18日(2006.8.18)

(51)Int.Cl.　F I
H01S 5/183 (2006.01)　H01S 5/183

請求項の数 8　(全 16 頁)

(21)出願番号　特願平8-180932
(22)出願日　平成8年7月10日(1996.7.10)
(65)公開番号　特開平10-27937
(43)公開日　平成10年1月27日(1998.1.27)
審査請求日　平成14年4月19日(2002.4.19)

前置審査

(73)特許権者　000005496
富士ゼロックス株式会社
東京都港区赤坂二丁目１７番２２号
(74)代理人　100071054
弁理士　木村　高久
(72)発明者　植木　伸明
神奈川県足柄上郡中井町境４３０　グリーンテクなかい　富士ゼロックス株式会社内
(72)発明者　中山　秀生
神奈川県足柄上郡中井町境４３０　グリーンテクなかい　富士ゼロックス株式会社内
(72)発明者　乙間　広己
神奈川県足柄上郡中井町境４３０　グリーンテクなかい　富士ゼロックス株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】面発光型半導体レーザ装置およびその製造方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

半導体基板上で活性層が上部及び下部の半導体多層反射膜により挟まれ、少なくとも前記上部半導体多層反射膜を加工してなる２組の対称面をもつ半導体柱を有し、基板と垂直方向に光を放出する面発光型半導体レーザ装置において、

前記半導体柱の前記２組の対称面における電流および光閉じこめの方法を互いに異なるように構成することにより、前記２組の対称面における対称軸方向で反射率分布若しくは屈折率分布が互いに異なるようにして、出射光の偏波面を制御したことを特徴とする面発光型半導体レーザ装置。

【請求項２】

半導体基板上に下部半導体多層反射膜と、下部スペーサ層と、活性層と、上部スペーサ層と、上部多半導体多層反射膜とを順次積層すると共に、前記下部スペーサ層あるいは上部スペーサ層と活性層との間にアルミニウム砒素層若しくはアルミニウムガリウム砒素層からなる挿入層を介在させるように積層する積層工程と、

前記挿入層を断面に露呈せしめるように、少なくとも前記上部半導体多層反射膜の一部を選択的に除去し、ストライプ型のメサ構造を形成する工程と、

前記ストライプ型メサ構造の底部から不純物元素を拡散させることにより前記活性層の一部を無秩序化する工程と、

前記ストライプ型メサ構造の無秩序化された面に垂直な方向に前記ストライプ型メサ構造の一部を除去するように切断して半導体柱を形成する工程と、

前記半導体柱側面から露呈する挿入層を選択的にエッチング除去する工程と
を含むことを特徴とする面発光型半導体レーザ装置の製造方法。
【請求項３】
半導体基板上に下部半導体多層反射膜と、下部スペーサ層と、活性層と、上部スペーサ層と、上部多半導体多層反射膜とを順次積層すると共に、前記下部スペーサ層あるいは上部スペーサ層と活性層との間にアルミニウム砒素層若しくはアルミニウムガリウム砒素層からなる挿入層を介在させるように積層する積層工程と、
前記挿入層を断面に露呈せしめるように、少なくとも前記上部半導体多層反射膜の一部を選択的に除去し、ストライプ型のメサ構造を形成する工程と、
前記ストライプ型メサ構造の底部から不純物元素を拡散させることにより前記活性層の一部を無秩序化する工程と、
前記ストライプ型メサ構造の無秩序化された面に垂直な方向に前記ストライプ型メサ構造の一部を除去するように切断して半導体柱を形成する工程と、
前記半導体柱側面から露呈する挿入層を選択的に酸化する工程と
を含むことを特徴とする面発光型半導体レーザ装置の製造方法。
【請求項４】
半導体基板上に下部半導体多層反射膜と、下部スペーサ層と、活性層と、上部スペーサ層と、上部多半導体多層反射膜とを順次積層すると共に、前記下部スペーサ層および上部スペーサ層と活性層との間にアルミニウム砒素層若しくはアルミニウムガリウム砒素層からなる挿入層を介在させるように積層する積層工程と、
前記挿入層を共に断面に露呈せしめるように、少なくとも前記下部スペーサ層表面まで前記各層を上方から順次選択的に除去し、ストライプ型のメサ構造を形成する工程と、
前記ストライプ型メサ構造の底部から不純物元素を拡散させることにより前記活性層の一部を無秩序化する工程と、
前記ストライプ型メサ構造の無秩序化された面に垂直な方向に前記ストライプ型メサ構造の一部を除去するように切断して半導体柱を形成する工程と、
前記半導体柱側面から露呈する挿入層を選択的にエッチング除去する工程と
を含むことを特徴とする面発光型半導体レーザ装置の製造方法。
【請求項５】
半導体基板上に下部半導体多層反射膜と、下部スペーサ層と、活性層と、上部スペーサ層と、上部多半導体多層反射膜とを順次積層すると共に、前記下部スペーサ層および上部スペーサ層と活性層との間にアルミニウム砒素層若しくはアルミニウムガリウム砒素層からなる挿入層を介在させるように積層する積層工程と、
前記挿入層を共に断面に露呈せしめるように、少なくとも前記下部スペーサ層表面まで前記各層を上方から順次選択的に除去し、ストライプ型のメサ構造を形成する工程と、
前記ストライプ型メサ構造の底部から不純物元素を拡散させることにより前記活性層の一部を無秩序化する工程と、
前記ストライプ型メサ構造の無秩序化された面に垂直な方向に前記ストライプ型メサ構造の一部を除去するように切断して半導体柱を形成する工程と、
前記半導体柱側面から露呈する挿入層を選択的に酸化する工程と
を含むことを特徴とする面発光型半導体レーザ装置の製造方法。
【請求項６】
半導体基板上に下部半導体多層反射膜と、下部スペーサ層と、活性層と、上部スペーサ層と、上部多半導体多層反射膜とを順次積層すると共に、前記下部スペーサ層あるいは上部スペーサ層と活性層との間にアルミニウム砒素層若しくはアルミニウムガリウム砒素層からなる挿入層を介在させるように積層する積層工程と、
前記挿入層を断面に露呈せしめるように、少なくとも前記上部半導体多層反射膜の一部を選択的に除去し、ストライプ型のメサ構造を形成する工程と、
前記ストライプ型メサ構造のストライプに沿った側面に露呈する前記挿入層を選択的にエッチングする工程と、

前記ストライプ型メサ構造の前記ストライプ面に垂直な方向に前記ストライプ型メサ構造の一部を除去するように切断して半導体柱を形成する工程と、
前記半導体柱側面から露呈する挿入層を選択的に酸化する工程と
を含むことを特徴とする面発光型半導体レーザ装置の製造方法。
【請求項７】
半導体基板上に下部半導体多層反射膜と、下部スペーサ層と、活性層と、上部スペーサ層と、上部多半導体多層反射膜とを順次積層すると共に、前記下部スペーサ層および上部スペーサ層と活性層との間にアルミニウム砒素層若しくはアルミニウムガリウム砒素層からなる挿入層を介在させるように積層する積層工程と、
前記挿入層を共に断面に露呈せしめるように、少なくとも前記下部スペーサ層表面まで前記各層を上方から順次選択的に除去し、ストライプ型のメサ構造を形成する工程と、
前記ストライプ型メサ構造のストライプに沿った側面に露呈する前記挿入層を選択的にエッチングする工程と、
前記ストライプ型メサ構造の前記ストライプ面に垂直な方向に前記ストライプ型メサ構造の一部を除去するように切断して半導体柱を形成する工程と、
前記半導体柱側面から露呈する挿入層を選択的に酸化する工程と
を含むことを特徴とする面発光型半導体レーザ装置の製造方法。
【請求項８】
半導体基板上に下部半導体多層反射膜と、下部スペーサ層と、活性層と、上部スペーサ層と、上部多半導体多層反射膜とを順次積層する積層工程と、
少なくとも前記上部半導体多層反射膜の一部を選択的に除去し、ストライプ型のメサ構造を形成する工程と、
前記ストライプ型メサ構造のストライプに沿った側面に露呈する前記活性層に第１の不純物元素を拡散させる第１の拡散工程と、
前記ストライプ型メサ構造の一部を除去するように切断して半導体柱を形成する工程と、
前記ストライプ型メサ構造の前記ストライプ面に垂直な方向に前記半導体柱側面から第２の不純物元素を拡散させる第２の拡散工程と
を含み、
前記第１および第２の拡散工程は、不純物の種類または濃度またはその拡散長が各対称軸方向で互いに異なるように設定されている
ことを特徴とする面発光型半導体レーザ装置の製造方法。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
本発明は、光情報処理、光通信あるいは光を用いた画像形成装置の光源として用いられる面発光型半導体レーザ装置及びその製造方法に関する。
【０００２】
【従来の技術】
基板に対して垂直方向に、共振器が形成された面発光型半導体レーザにおいては、水平方向の構造的な対称性から偏波面の方向が一意的に決まらないという問題があった。また、プロセス上のむらのため構造的な非対称性が発生して素子間での偏波面の方向にばらつきを生じたり、あるいは同一の素子においても環境温度や注入電流量の変化により、偏波面の方向が時間的に変動するという問題があった。
【０００３】
これに対し、発光面の点対称性をなくすこと、具体的には発光面の断面形状を矩形若しくは楕円形状にすることで、偏波面の制御を行うようにした面発光型半導体レーザも提案されている（特開平４－１４４１８３）。この半導体レーザは、図１４(a)および(b)に示すように、光共振器の断面形状を楕円形にし、偏波面を特定の方向に規定する。この面発光型半導体レーザは、ｎ型ＧａＡｓ基板１０１上にｎ型下部反射膜１０２、ｎ型$Al_{0.4}G$

$a_{0.6}$Ａｓスペーサ層１０３、ＧａＡｓ活性層１０４、ｐ型$Al_{0.4}Ga_{0.6}$Ａｓスペーサ層１０５と、ｐ型$Al_{0.3}Ga_{0.7}$Ａｓ電流通路層１０６と、ｐ型$Al_{0.1}Ga_{0.9}$Ａｓコンタクト層１０７との各層が順次積層されており、活性層の周囲はｐ型$Al_{0.5}Ga_{0.5}$Ａｓ埋めこみ層１０８及びｎ型$Al_{0.5}Ga_{0.5}$Ａｓ埋めこみ層１０９により埋めこまれている。誘電体多層膜からなる上部反射膜１１０はＧａＡｓ活性層１０４を覆うように形成されており、同時に成膜された誘電体多層膜の一部は電流ブロック層１１４として使用される。ｎ型電極１１１は、ｎ型ＧａＡｓ基板１０１の裏面に形成されている。また、ｐ側電極１１２は、ｐ型$Al_{0.1}Ga_{0.9}$Ａｓコンタクト層１０７の上部、電流ブロック層１１４の上部、上部反射膜１１０の周りに形成される。レーザ光１１３はｎ型ＧａＡｓ基板１０１に対して垂直方向に、上部反射膜１１０を透過して出射される。図１４（ｂ）から分かるように、レーザ出射面側からみた光共振器の断面形状は楕円型をしており、点線で示すような２組の対称面１１５、１１６を持っている。このように光共振器をレーザ光の出射方向からみたとき、長軸及び短軸を持つようにしたことで、この２軸方向の屈折率分布に差を設け、偏波面の方向を任意の１方向、すなわち長軸１１５に平行な方向に直線偏光したレーザ光を得ることが出来たとしている。

【０００４】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながらこのような構造の面発光型レーザを製造するに際しては結晶再成長を必要とするなど複雑で手間がかかり、素子の歩留まりや信頼性に影響が懸念される。又、活性領域と上部反射膜とは正確な位置合わせが必要であり、ずれると発振特性が低下するという問題がある。この問題を避けるため上部反射膜の面積を活性領域に比較して大きくすることが考えられる。しかしながらその場合コンタクト層の面積を更に広くする必要があり、活性層への均一な電流注入が難しくなリ、レーザ特性を劣化するおそれがある。

【０００５】

本発明は、前記実情に鑑みてなされたもので、製造が容易で再現性が高くかつレーザ特性を劣化させることなく偏波面制御を行うことのできる、面発光型半導体レーザを提供することを目的とする。

【０００６】

【課題を解決するための手段】

そこで本発明の第１の特徴は、半導体基板上で活性層が上部及び下部の半導体多層反射膜により挟まれ、少なくとも前記上部半導体多層反射膜を加工してなる２組の対称面をもつ半導体柱を有し、基板と垂直方向に光を放出する面発光型半導体レーザ装置において、前記半導体柱の前記２組の対称面における電流および光閉じこめの方法を互いに異ならせ、該２組の対称面における対称軸方向の反射率分布、若しくは屈折率分布が互いに異なるように構成されていることにある。

【０００８】

ここで反射率分布としたが、反射率分布または屈折率分布が異なるようにすれば良い。

【０００９】

本発明の第２の特徴は、半導体基板上に下部半導体多層反射膜と、下部スペーサ層と、活性層と、上部スペーサ層と、上部多半導体多層反射膜とを順次積層すると共に、前記下部スペーサ層あるいは上部スペーサ層と活性層との間にアルミニウム砒素層若しくはアルミニウムガリウム砒素層からなる挿入層を介在させるように積層する積層工程と、前記挿入層を断面に露呈せしめるように、少なくとも前記上部半導体多層反射膜の一部を選択的に除去し、ストライプ型のメサ構造を形成する工程と、前記ストライプ型メサ構造の底部から不純物元素を拡散させることにより前記活性層の一部を無秩序化する工程と、前記ストライプ型メサ構造の無秩序化された面に垂直な方向に前記ストライプ型メサ構造の一部を除去するように切断して半導体柱を形成する工程と、前記半導体柱側面から露呈する挿入層を選択的にエッチング除去する工程を含むことにある。

【００１０】

本発明の第３の特徴は、半導体基板上に下部半導体多層反射膜と、下部スペーサ層と、

活性層と、上部スペーサ層と、上部多半導体多層反射膜とを順次積層すると共に、前記下部スペーサ層あるいは上部スペーサ層と活性層との間にアルミニウム砒素層若しくはアルミニウムガリウム砒素層からなる挿入層を介在させるように積層する積層工程と、前記挿入層を断面に露呈せしめるように、少なくとも前記上部半導体多層反射膜の一部を選択的に除去し、ストライプ型のメサ構造を形成する工程と、前記ストライプ型メサ構造の底部から不純物元素を拡散させることにより前記活性層の一部を無秩序化する工程と、前記ストライプ型メサ構造の無秩序化された面に垂直な方向に前記ストライプ型メサ構造の一部を除去するように切断して半導体柱を形成する工程と、前記半導体柱側面から露呈する挿入層を選択的に酸化する工程を含むことにある。

【００１１】

本発明の第４の特徴は、半導体基板上に下部半導体多層反射膜と、下部スペーサ層と、活性層と、上部スペーサ層と、上部多半導体多層反射膜とを順次積層すると共に、前記下部スペーサ層および上部スペーサ層と活性層との間にアルミニウム砒素層若しくはアルミニウムガリウム砒素層からなる挿入層を介在させるように積層する積層工程と、前記挿入層を共に断面に露呈せしめるように、少なくとも前記下部スペーサ層表面まで前記各層を上方から順次選択的に除去し、ストライプ型のメサ構造を形成する工程と、前記ストライプ型メサ構造の底部から不純物元素を拡散させることにより前記活性層の一部を無秩序化する工程と、前記ストライプ型メサ構造の無秩序化された面に垂直な方向に前記ストライプ型メサ構造の一部を除去するように切断して半導体柱を形成する工程と、前記半導体柱側面から露呈する挿入層を選択的にエッチング除去する工程を含むことにある。

【００１２】

本発明の第５の特徴は、半導体基板上に下部半導体多層反射膜と、下部スペーサ層と、活性層と、上部スペーサ層と、上部多半導体多層反射膜とを順次積層すると共に、前記下部スペーサ層および上部スペーサ層と活性層との間にアルミニウム砒素層若しくはアルミニウムガリウム砒素層からなる挿入層を介在させるように積層する積層工程と、前記挿入層を共に断面に露呈せしめるように、少なくとも前記下部スペーサ層表面まで前記各層を上方から順次選択的に除去し、ストライプ型のメサ構造を形成する工程と、前記ストライプ型メサ構造の底部から不純物元素を拡散させることにより前記活性層の一部を無秩序化する工程と、前記ストライプ型メサ構造の無秩序化された面に垂直な方向に前記ストライプ型メサ構造の一部を除去するように切断して半導体柱を形成する工程と、前記半導体柱側面から露呈する挿入層を選択的に酸化する工程を含むことにある。

【００１３】

本発明の第６の特徴は、半導体基板上に下部半導体多層反射膜と、下部スペーサ層と、活性層と、上部スペーサ層と、上部多半導体多層反射膜とを順次積層すると共に、前記下部スペーサ層あるいは上部スペーサ層と活性層との間にアルミニウム砒素層若しくはアルミニウムガリウム砒素層からなる挿入層を介在させるように積層する積層工程と、前記挿入層を断面に露呈せしめるように、少なくとも前記上部半導体多層反射膜の一部を選択的に除去し、ストライプ型のメサ構造を形成する工程と、前記ストライプ型メサ構造のストライプに沿った側面に露呈する前記挿入層を選択的にエッチングする工程と、前記ストライプ型メサ構造の前記ストライプ面に垂直な方向に前記ストライプ型メサ構造の一部を除去するように切断して半導体柱を形成する工程と、前記半導体柱側面から露呈する挿入層を選択的に酸化する工程を含むことにある。

【００１４】

本発明の第７の特徴は、半導体基板上に下部半導体多層反射膜と、下部スペーサ層と、活性層と、上部スペーサ層と、上部多半導体多層反射膜とを順次積層すると共に、前記下部スペーサ層および上部スペーサ層と活性層との間にアルミニウム砒素層若しくはアルミニウムガリウム砒素層からなる挿入層を介在させるように積層する積層工程と、前記挿入層を共に断面に露呈せしめるように、少なくとも前記下部スペーサ層表面まで前記各層を上方から順次選択的に除去し、ストライプ型のメサ構造を形成する工程と、前記ストライプ型メサ構造のストライプに沿った側面に露呈する前記挿入層を選択的にエッチングする

工程と、前記ストライプ型メサ構造の前記ストライプ面に垂直な方向に前記ストライプ型メサ構造の一部を除去するように切断して半導体柱を形成する工程と、前記半導体柱側面から露呈する挿入層を選択的に酸化する工程を含むことにある。

【００１５】

本発明の第８の特徴は、半導体基板上に下部半導体多層反射膜と、下部スペーサ層と、活性層と、上部スペーサ層と、上部多半導体多層反射膜とを順次積層する積層工程と、少なくとも前記上部半導体多層反射膜の一部を選択的に除去し、ストライプ型のメサ構造を形成する工程と、前記ストライプ型メサ構造のストライプに沿った側面に露呈する前記活性層に第１の不純物元素を拡散させる第１の拡散工程と、前記ストライプ型メサ構造の一部を除去するように切断して半導体柱を形成する工程と、前記ストライプ型メサ構造の前記ストライプ面に垂直な方向に前記半導体柱側面から第２の不純物元素を拡散させる第２の拡散工程とを含み、前記第１および第２の拡散工程は、不純物の種類または濃度またはその拡散長が各対称軸方向で互いに異なるように設定されていることにある。

【００１６】

本発明によれば、半導体基板に対して垂直な方向からみた光共振器の断面形状が仮想的な２つの対称軸をもち、各々の方向の電流および光閉じこめの方法を異なるようにしたことで、それぞれの軸方向で反射率分布若しくは屈折率分布が異なるようにしているため、より反射率差若しくは屈折率差の小さい方向に偏波面を安定化させることができる。またその方法は簡便で再現性が高く、レーザ特性を劣化させるおそれもない。

【００１７】

また、光偏波面を制御するために反射率を変化させる部位をメサ構造と一致させるのではなく、メサ部よりも内側に設け、高効率の電流狭窄のために供すると共に、発生する熱を比較的体積の大きいメサ構造部に放熱するようにしているため、横モードを安定させながら、偏波面を制御し、しきい値電流の低減をはかるとともに、熱による光出力特性の劣化を防ぐことができる。

【００１８】

【実施例】

以下、本発明について、図面を参照しつつ説明する。

【００１９】

図１（ａ）（ｂ）および（ｃ）は本発明の第１の実施例の面発光型半導体レーザ装置の上面図、そのＡ－Ａ’断面図およびそのＢ－Ｂ’断面図である。

【００２０】

この面発光型半導体レーザ装置は、ｎ型ガリウムヒ素（ＧａＡｓ）基板１上に形成されたｎ型$Al_{0.9}Ga_{0.1}As$／$Al_{0.3}Ga_{0.7}As$下部半導体多層反射膜２と、アンドープの$Al_{0.6}Ga_{0.4}As$からなる下部スペーサ層３と、この下部スペーサ層３上に形成されたアンドープの$Al_{0.11}Ga_{0.89}$量子井戸層とアンドープの$Al_{0.3}Ga_{0.7}As$障壁層とからなる量子井戸活性層４と、アンドープの$Al_{0.6}Ga_{0.4}As$からなる上部スペーサ層５と、ｐ型$Al_{0.9}Ga_{0.1}As$／$Al_{0.3}Ga_{0.7}As$上部半導体多層反射膜７と、ｐ型ＧａＡｓコンタクト層８が順次積層せしめられ、上部スペーサ層５が露呈する深さまで、上部半導体多層反射膜７とｐ型ＧａＡｓコンタクト層８のみが発光領域の上方を除いてエッチング除去され、角柱状の光制御領域９が形成されている。そしてここで上部半導体多層反射膜７の最下層に挿入層としてのｐ型のＡｌＡｓ層６が介在せしめられている。そしてこの角柱状の光制御領域９の側面に露出したＡｌＡｓ層６は一方の面が選択酸化技術を用いて角柱の内方に選択的に酸化せしめられ、酸化領域１４により電流狭窄がなされ、もう一方の対称面は不純物拡散を用いた無秩序化により混晶化領域１３を形成し電流狭窄がなされており、これら酸化領域１４および混晶化領域１３に囲まれた領域が電流通路１０を構成する。そして表面にはＣｒ／Ａｕからなるｐ側電極１１が環状をなすように形成されるとともに、基板裏面にはＡｕ－Ｇｅ／Ａｕからなるｎ側電極１２が形成されている。

【００２１】

ここでｎ型下部半導体多層反射膜２は、ｎ型$Al_{0.9}Ga_{0.1}As$層とｎ型$Al_{0.7}Ga_{0.3}$

ＡｓＧａＡｓ層とをそれぞれ膜厚λ／（４n_r）（λ：発振波長，n_r：屈折率）で約４０．５周期積層することによって形成されたもので、シリコン濃度は ２×１０^{18}ｃｍ$^{-3}$である。下部スペーサ層３は、アンドープの$Al_{0.6}Ga_{0.4}$Ａｓ層から構成され、また、量子井戸活性層４は、 アンドープの$Al_{0.11}Ga_{0.89}$量子井戸層（膜厚８ｎｍ×３）とアンドープの$Al_{0.3}Ga_{0.7}$Ａｓ障壁層（膜厚５ｎｍ×４）との組み合わせ、上部スペーサ層５は アンドープ$Al_{0.6}Ga_{0.4}$Ａｓから構成されており、膜厚は全体でλ／n_rの整数倍とする。ｐ型のＡｌＡｓ層６、は膜厚λ／（４n_r）で、カーボン濃度は ３×１０^{18}ｃｍ$^{-3}$である。また、上部半導体多層反射膜７は、 ｐ型$Al_{0.9}Ga_{0.1}$Ａｓ層とｐ型$Al_{0.7}Ga_{0.3}$ＡｓＧａＡｓ層とをそれぞれ膜厚 λ／（４n_r）（λ：発振波長，n_r：屈折率）で交互に３０周期積層することによって形成されたもので、カーボン濃度は３×１０^{18}ｃｍ$^{-3}$である。最後にｐ型コンタクト層８は膜厚５ｎｍで、カーボン濃度は１×１０^{20}ｃｍ$^{-3}$である。上部半導体多層反射膜７の周期数を下部半導体多層反射膜２の周期数よりも少なくしているのは、反射率に差をつけて出射光を基板上面から取り出すためである。ドーパントの種類についてはここで用いたものに限定されることなく、ｎ型であればセレン、ｐ型であれば亜鉛やマグネシウムなどを用いることも可能である。周期については光の取り出し方向を基板表面側、裏面側のいずれかに取るかで決定され、周期が増えるにつれて反射率は高くなる。さらにまた、半導体多層反射膜中には $Al_{0.9}Ga_{0.1}$Ａｓ層と$Al_{0.7}Ga_{0.3}$Ａｓ層との間にその中間のアルミニウム組成比を有するいわゆる中間層を挟んでいる。

なお前記実施例ではＡｌＡｓ層６を選択酸化することによりメサ構造部９の側面から酸化膜を形成することにより電流狭窄を行うようにしたが、選択エッチングにより空隙を形成するようにしてもよい。またもう一方の側面はシリコンあるいはゲルマニウムなどの不純物の拡散により周囲の半導体層との間で混晶化を生ぜしめることで電流狭窄および光閉じ込めがなされている。

【００２２】

このようにして、対称軸方向の内一方では、ＡｌＡｓ層の選択酸化あるいは、選択エッチングにより空隙を形成し、他方では不純物元素の拡散により混晶を形成し、電流通路１０を規定するようにしている。

【００２３】

ここでは、発振波長λ：７８０ｎｍのレーザ光を取り出すように設計した。

【００２４】

この構成によれば、角柱状の光制御領域９の内部におけるキャリアの通過経路が、２組の対称面方向から狭められると共に光の閉じ込めも行われる。また２組の対称面方向で反射率分布若しくは屈折率分布に差を生じるため、より反射率差若しくは屈折率差の小さい対称面側に出射光の偏波面が安定化される。さらに角柱状の光制御領域９の体積は利得を生じる領域に比べてはるかに大きいので、放熱特性も十分に良好であり、光出力が増大しても偏波面を安定に維持し続けることが可能となる。

【００２５】

次に、この面発光型半導体レーザ装置の製造工程について説明する。

【００２６】

まず、図２に示すように、有機金属気相成長（ＭＯＣＶＤ）法により、ｎ型ガリウムヒ素（ＧａＡｓ）（１００）基板１上に、ｎ型$Al_{0.9}Ga_{0.1}$Ａｓ／$Al_{0.7}Ga_{0.3}$Ａｓ下部半導体多層反射膜２と、アンドープの$Al_{0.6}Ga_{0.4}$Ａｓからなる下部スペーサ層３と、アンドープの$Al_{0.11}Ga_{0.89}$量子井戸層とアンドープの$Al_{0.3}Ga_{0.7}$Ａｓ障壁層とからなる量子井戸活性層４と、アンドープの$Al_{0.6}Ga_{0.4}$Ａｓからなる上部スペーサ層５と、ｐ型$Al_{0.9}Ga_{0.1}$Ａｓ／$Al_{0.7}Ga_{0.3}$Ａｓ上部半導体多層反射膜７と、ｐ型ＧａＡｓコンタクト層８とを順次積層する。

そして基板を成長室から取出し、酸化シリコン膜あるいは窒化シリコン膜などの絶縁膜２１を形成しフォトリソグラフィ技術により、図３に示すように、幅６μｍのストライプ状のレジストマスク２２を形成する。ここでこのストライプの方向は＜０１－１＞方向若し

くは＜０１１＞方向となるように合わせる。

【００２７】

そしてさらに、図４に示すように、このレジストマスク２２および絶縁膜２１をマスクとして、 $SiCl_4$ガスを用いた反応性イオンエッチングにより、ＡｌＡｓ層６が露出せしめられる深さまで半導体層をエッチング除去して、光制御領域９の１組の側面を含むストライプ状のメサ構造部を形成する。

【００２８】

続いて図５に示すように電子ビーム蒸着法により拡散源となるシリコン２３を基板上面に約５ｎｍ堆積させ、この基板を石英アンプルに砒素粒と共に封入し、８５０℃で２～８時間の熱処理を行う。これにより拡散源の直下およびメサ構造部側方の半導体多層反射膜７、ＡｌＡｓ層６、上部スペーサ層５、量子井戸活性層４の半導体膜間で不純物の拡散により誘起された無秩序化を生じ、図６に示すようにこの部分が周囲の領域に対してエネルギーバンドギャップの高い混晶化領域１３となる。

【００２９】

ここで再びフォトリソグラフィ技術により絶縁膜２１を長さ１０μｍとなるように成形し、このマスクを用いて $SiCl_4$ガスを用いた反応性イオンエッチングにより、ＡｌＡｓ層６が露出せしめられる深さまで半導体層をエッチング除去して、図７にＢ－Ｂ’断面図を示すように光制御領域９のもう１組の側面を成形し角柱状のメサ構造部を形成する。

【００３０】

続いてこの基板を、高温の水蒸気を充満させた石英管内で基板を４００℃に加熱し、約１０分間の熱処理を行うことにより露出したＡｌＡｓ層６が外側断面から徐々に酸化され、酸化膜６ｓが形成され、図８に示すように、最終的には酸化されずに残った領域が６μｍ×６μｍ程度の正方形形状となる。なお、ここで熱処理による酸化に代えて、硫酸過酸化水素溶液（H_2SO_4：H_2O_2：H_2O＝１：１：５）中に約３０秒間浸すようにしても良く、これにより、ＡｌＡｓ層６はいわゆるサイドエッチングにより外側断面から選択的に除去される。

【００３１】

この後メサ構造上面の絶縁膜２１をバッファード弗酸により除去してから、フォトリソグラフィ技術により、図９および図１０に示すように、メサ構造上面には環状のｐ側電極１１を形成し、基板裏面には全面にｎ側電極１２を形成して、図１に示した本発明にかかる第１の実施例の面発光型半導体レーザ装置が完成する。ここで図９はＢ－Ｂ’断面図、図１０はＡ－Ａ’断面図である。

【００３２】

なお、前記実施例では、上部スペーサ層５と上部半導体多層反射膜７との間にＡｌＡｓ層６を介在させるようにしたが、下部スペーサ層３と下部半導体多層反射膜２との間にＡｌＡｓ層６を介在させるようにしてもよく、また両方に介在させる様にしても良い。このように両側に設ける様にすれば、活性層の上下両方向で電流狭窄を行う事ができるため、活性領域へのより効率的な電流注入が可能となり、一層しきい値電流を低減することができる。ただこの場合は、下部スペーサ層３の下に位置するＡｌＡｓ層６断面が露呈する深さまで半導体層をエッチング除去する必要がある。

【００３３】

また、前記実施例では、不純物拡散を用いた混晶化と、酸化またはエッチングとにより電流通路を規定するようにしたが、１組側は選択酸化、もう１組の側はエッチング除去により電流通路を規定するようにしても良い。

【００３４】

さらにまた、前記実施例では最終的な電流通路の大きさを６μｍ平方とする場合について述べたが、これに限定されることなく、横モードが安定化される大きさになるように設計すればよい。一般に面発光レーザの横モードは出射口での形が１０μｍ以下の場合、０次基本モードで発振するとされているから、熱処理条件あるいはエッチング時間の制御により所望の値とすることが肝要である。またここでは電流通路が正方形に近い形状になる場

合について述べたが、これに限定されることなく、どちらか一方の方向に長い矩形とすることも偏波面の安定化には好ましい。

【００３５】

なお、前記実施例では各半導体層は有機金属気相成長法で形成したが、これに限定されることなく分子線エピタキシー（ＭＢＥ）法などによっても良い。

【００３６】

また、半導体柱形成のためのマスクとして用いる絶縁膜についても、酸化シリコン膜に限定されることなく窒化シリコン膜など他の材料を用いても良い。

【００３７】

さらにまた、前記実施例ではＡｌＡｓ層６を選択的に除去するためのエッチングに硫酸過酸化水素水溶液を用いたがＡｌ組成比に対するエッチングレートの選択性が高いものが望ましく、Ａｌ組成比が高くなるにつれてエッチングレートが急激に増大する硫酸過酸化水素水溶液は最適である。また他のエッチャントとしては水酸化アンモニウム過酸化水素水溶液などを用いても良い。

【００３８】

さらにまた、前記実施例では電流通路をなす領域の２組の対称面がそれぞれ＜０１１＞方向および＜０１－１＞方向となるようにしたが、これに限定されることなく、最終的な電流通路が基板に水平な方向に対して２組の対称面をもつようにすればよく、＜０１１＞方向に対して任意の角度をなすように設定しても何等問題はない。ただし通常用いられる円形の活性領域を有する面発光レーザにおいては，ＴＥモードの方向により規定される偏波面の方向が＜０１－１＞方向、あるいは＜０１１＞方向となる確率が高い事が知られているから、一方の対称面の方向を＜０１－１＞方向、あるいは＜０１１＞方向としておけばより効果的に偏波面を安定化させることができる。

【００３９】

また、前記実施例ではＡｌＡｓ層の選択酸化の際、加熱する温度を４００℃とした場合について説明したが、これに限定されることなく、最終的な電流通路の大きさが所望の値となるよう制御できる条件であればよい。温度をあげると酸化速度が上昇し、短時間で所望の酸化領域を警世する事ができるが、４００℃程度がもっとも制御しやすい温度であった。

【００４０】

また、半導体柱形成のためのエッチングに際しては、ウエットエッチングの場合、上層と下層でエッチング液にさらされる時間が異なることから、半導体柱の底部に向かうにつれて面積が広がるいわゆるテーパ形状が形成され、直径の小さな半導体柱が作りにくいという問題があるが、ドライエッチングの場合、反応性イオンビームエッチング（ＲＩＢＥ）法や反応性イオンエッチング（ＲＩＥ）法を用いれば、半導体柱の側壁が、垂直あるいはアンダーカット形状をとるようにすることもでき、直径の小さな半導体柱も容易に形成することができる。このとき、エッチングガスとしては Cl_2、BCl_3、$SiCl_4$ あるいはＡｒとCl_2の混合ガス等が用いられる。

【００４１】

このようにして作製された面発光型半導体レーザ装置の動作は、以下に示すごとくである。

ここで、ｐ型ＧａＡｓコンタクト層８およびｐ型上部半導体多層反射膜７は発光領域の上方を除いてエッチング除去され、かつ、挿入層６が外側から選択的に酸化されて酸化膜６Ｓとなり、ｐ側電極から注入されたキャリアの通路はこの半導体柱である光制御領域９内において酸化膜６ｓ（酸化領域１３）および混晶化領域１４で規定されている。そして、量子井戸層に注入されたキャリアは電子－正孔再結合により光を放出し、この光は上部と下部の半導体多層反射膜によって反射され、利得が損失を上回ったところでレーザ発振を生ずる。レーザ光は基板表面に設けられた電極の窓部から出射される。

【００４２】

次に本発明の第２の実施例の面発光型半導体レーザ装置およびその製造方法について、図

面を参照しつつ説明する。

【００４３】

前記第１の実施例では、ｐ側電極１１とｎ側電極１２とは反対側の面に形成したが、同一面側に形成してもよく、これにより、駆動回路などと集積化するに適した構造であるといえる。この場合は、図１１に示すように、下部半導体多層反射膜３２が露呈せしめられる深さまで選択的に除去せしめられ角柱状の光制御領域３９が形成されている。そしてその外側に所定の間隔を隔てて、環状をなすようにｎ側電極４２が形成されている。

【００４４】

すなわち、半絶縁性のガリウムヒ素（ＧａＡｓ）基板３１上に形成されたｎ型$Al_{0.9}Ga_{0.1}As$／$Al_{0.3}Ga_{0.7}As$下部半導体多層反射膜３２と、アンドープの$Al_{0.6}Ga_{0.4}As$からなる下部スペーサ層３３と、この下部スペーサ層３３上に形成されたアンドープの$Al_{0.11}Ga_{0.89}$量子井戸層とアンドープの$Al_{0.3}Ga_{0.7}As$障壁層とからなる量子井戸活性層３４と、アンドープの$Al_{0.6}Ga_{0.4}As$からなる上部スペーサ層３５と、ｐ型$Al_{0.9}Ga_{0.1}As$／$Al_{0.3}Ga_{0.7}As$上部半導体多層反射膜３７と、ｐ型ＧａＡｓコンタクト層３８が順次積層せしめられ、上部スペーサ層３５が露呈する深さまで、上部半導体多層反射膜３７とｐ型ＧａＡｓコンタクト層３８のみが発光領域の上方を除いてエッチング除去され、角柱状の光制御領域３９が形成されている。そしてここで上部半導体多層反射膜３７の最下層に挿入層としてのｐ型のＡｌＡｓ層３６が介在せしめられている。そしてこのｐ型のＡｌＡｓ層３６の露呈断面が選択酸化により角柱の内方に選択的に酸化せしめられ、酸化膜３６ｓを形成している。そしてこの酸化膜６ｓで囲まれた角柱状の領域が電流通路４０を構成する。そして角柱状の光制御領域３９表面にはＣｒ／Ａｕからなるｐ側電極４１が形成されるとともに、その外側表面には環状をなすようにＡｕ－Ｇｅ／Ａｕからなるｎ側電極４２が形成されている。

【００４５】

次に本発明の第３の実施例として、横方向電流注入型の半導体レーザに適用した例について説明する。

【００４６】

図１２に示すように、上部半導体多層反射膜５７から上部スペーサ層５５の一部の深さに到達するまで除去され角柱状の光制御領域５９が形成されている。そして、シリコンの注入による混晶化領域６３によって１組の対称軸方向の面を規定するとともに、上部半導体多層反射膜５７と上部スペーサ層５５との間にはＡｌＡｓ層５６が介在せしめられ、断面から選択的に酸化されて酸化領域６４を３形成し、電流通路６０を規定している。そして角柱状の光制御領域５９の外側に所定の間隔を隔てて、環状をなすように上部スペーサ層５５上にｐ側電極６１が形成され、またｎ型ガリウムヒ素（ＧａＡｓ）基板５１の裏面側にｎ側電極６２が形成されている。

【００４７】

すなわち、ｎ型のガリウムヒ素（ＧａＡｓ）基板５１上に形成されたｎ型$Al_{0.9}Ga_{0.1}As$／$Al_{0.3}Ga_{0.7}As$下部半導体多層反射膜５２と、アンドープの$Al_{0.6}Ga_{0.4}As$からなる下部スペーサ層５３と、この下部スペーサ層５３上に形成されたアンドープの$Al_{0.11}Ga_{0.89}$量子井戸層とアンドープの$Al_{0.3}Ga_{0.7}As$障壁層とからなる量子井戸活性層５４と、アンドープの $Al_{0.6}Ga_{0.4}As$からなる上部スペーサ層５５と、ｐ型$Al_{0.9}Ga_{0.1}As$／$Al_{0.3}Ga_{0.7}As$上部半導体多層反射膜５７とが順次積層せしめられ、 上部スペーサ層５５の一部の深さまで、上部半導体多層反射膜５７と共に発光領域の上方を除いてエッチング除去され、角柱状の光制御領域５９が形成されている。そしてここで上部半導体多層反射膜５７の最下層に挿入層としてのｐ型のＡｌＡｓ層５６が介在せしめられている。そしてこのｐ型のＡｌＡｓ層５６の露呈断面が選択酸化により角柱の内方に選択的に酸化せしめられ、酸化膜５６ｓを形成している。そしてまたもう一方の面ではシリコンの注入による混晶化領域６３が形成され、この酸化膜５６ｓによる酸化領域６４角柱状の領域が電流通路６０を構成する。

【００４８】

そして角柱状の光制御領域５９の外側表面には環状をなすようにＣｒ／Ａｕからなるｐ側電極６１が形成されるとともに、基板の裏面側にはＡｕ－Ｇｅ／Ａｕからなるｎ側電極６２が形成されている。

【００４９】

この構造ではメサ構造部が電流通路となっていないため、素子抵抗を大幅に低減する事ができる。

【００５０】

なお、前記実施例では上部半導体多層反射膜をｐ型とし、下部半導体多層反射膜をｎ型としたが、これに限定されることなく導電型を反対にすることも可能である。一般にｐ型層はｎ型層に比べバンド不連続に起因する素子抵抗の増大が懸念されるため、層数が増えることはレーザ特性を劣化させる要因となり好ましくない。前記実施例では出射光を基板上面から取り出す関係から、上部半導体多層反射膜の方が下部半導体多層反射膜に比べ層数が少ない。このため上部半導体多層反射膜の導電型をｐ型としたが、逆に出射光を基板裏面から取り出す場合には、層数の多い上部半導体多層反射膜の導電型をｎ型とするのが望ましい。別の観点からみれば、素子抵抗は面積に反比例するので、柱状に加工する上部半導体多層反射膜は素子抵抗を増大させる要因となる。従って同じ面積ならｐ型層よりも素子抵抗を小さくすることのできるｎ型層を上部半導体多層反射膜とすることは好ましいとも考えられる。光の取り出し方向や導電型による素子抵抗の違いを勘案しながら、総合的な見地から導電型を決める必要がある。

【００５１】

また、本発明の第４の実施例として、各対称軸方向毎に異なる条件で、不純物拡散を行うことにより、不純物の種類または濃度またはその拡散長が各対称軸方向で互いに異なるように設定された第１および第２の混晶化領域７３、７４で電流通路７０を囲むようにしてもい。ここで他の領域については図１に示した前記第１の実施例と同様に形成すればよいが、この場合は選択酸化も選択エッチングも不要であるため、ＧａＡｓ層を介在させる必要はなく、材料の選択が自由となる。

【００５２】

なお、前記実施例では、量子井戸活性層を構成する材料としてＧａＡｓ／ＡｌＧａＡｓ系半導体を用いたが、これに限定されることなく、例えば量子井戸活性層にＧａＡｓ／ＩｎＧａＡｓ系あるいは、ＩｎＰ／ＩｎＧａＡｓＰ系半導体を用いることも可能である。これらの量子井戸層からの発光波長はＧａＡｓ基板に対して透過であるから、この場合基板裏面から出射光を取り出すのが容易であリ、プロセス上の手間を省く事ができる。

なお、本発明の構成要件を満足する範囲内で他の方法によっても実現可能であることはいうまでもない。例えば実施例では電流経路を光出射側に設けたが、その反対側に設けても、反射率に変化を与える事ができるので同様の効果を得る事が可能である。

【００５３】

【発明の効果】

以上説明してきたように、本発明によれば、結晶再成長など再現性を得るのが難しい工程や精度の要求される位置合せが不要であり、仮想的な２つの軸方向に異なる反射率分布を生じさせることが出来、製造が容易で、出射の偏波面をその安定化させることが出来、これらの素子を同一基板上に集積化した際、すべての素子の偏波面をばらつきなく一方向に揃える事ができる。また注入電流を増加しても、光透過領域の形に比べてメサ構造部の径を十分に大きくする事ができるため発熱を抑制し、広い出力範囲にわたって光出力特性を劣化させることなく偏波面を安定化することができる。

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明の第１の実施例の面発光型半導体レーザ装置を示す図

【図２】同半導体レーザ装置の製造工程図

【図３】同半導体レーザ装置の製造工程図

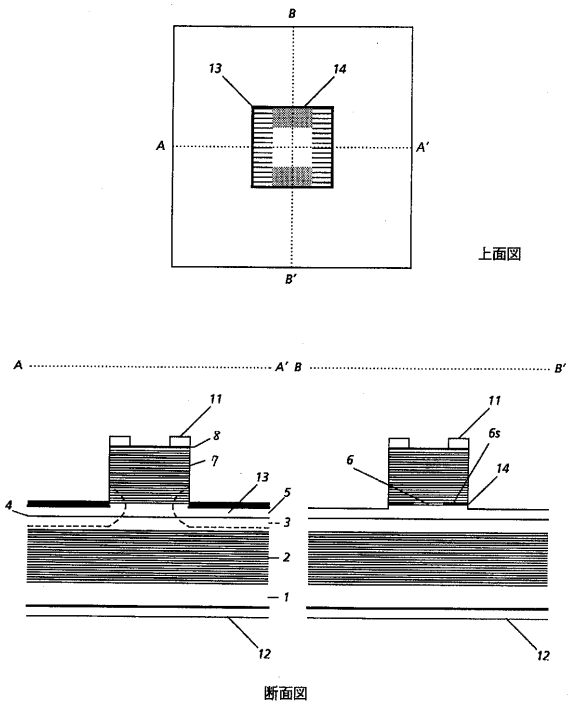
【図４】同半導体レーザ装置の製造工程図

【図５】同半導体レーザ装置の製造工程図

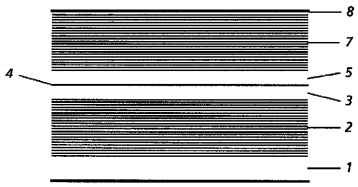
【図６】同半導体レーザ装置の製造工程図
【図７】同半導体レーザ装置の製造工程図
【図８】同半導体レーザ装置の製造工程図
【図９】同半導体レーザ装置の製造工程図
【図１０】同半導体レーザ装置の製造工程図
【図１１】本発明の第２の実施例の面発光型半導体レーザ装置を示す図
【図１２】本発明の第３の実施例の面発光型半導体レーザ装置を示す図
【図１３】本発明の第４の実施例の面発光型半導体レーザ装置を示す図
【図１４】従来例の半導体レーザ装置を示す図
【符号の説明】
１　ｎ型ガリウムひ素（ＧａＡｓ）基板
２　ｎ型下部半導体多層反射膜
３　ｎ型下部スペーサ層
４　量子井戸活性層
５　ｐ型上部スペーサ層
６　Ｐ型ＡｌＡｓ層
６ｓ　酸化膜
７　ｐ型上部半導体多層反射膜
８　ｐ型ＧａＡｓコンタクト層
９　光制御領域
１０　電流通路
１１　ｐ側電極
１２　ｎ側電極
１３　混晶化領域
１４　酸化領域
２１　絶縁膜
２２　フォトレジスト
３１　半絶縁性ガリウムひ素（ＧａＡｓ）基板
３２　ｎ型下部半導体多層反射膜
３３　ｎ型下部スペーサ層
３４　量子井戸活性層
３５　ｐ型上部スペーサ層
３６　Ｐ型ＡｌＡｓ層
３７　ｐ型上部半導体多層反射膜
３８　ｐ型ＧａＡｓコンタクト層
３９　光制御領域
４０　電流通路
４１　ｐ側電極
４２　ｎ側電極
４３　混晶化領域
４４　酸化領域
５１　ｎ型ガリウムひ素（ＧａＡｓ）基板
５２　ｎ型下部半導体多層反射膜
５３　ｎ型下部スペーサ層
５４　量子井戸活性層
５５　ｐ型上部スペーサ層
５６　Ｐ型ＡｌＡｓ層
５７　ｐ型上部半導体多層反射膜
５８　ｐ型ＧａＡｓコンタクト層
５９　光制御領域

６０　電流通路
６１　ｐ側電極
６２　ｎ側電極
６３　混晶化領域
６４　酸化領域
７０　電流通路
７１　ｐ側電極
７２　ｎ側電極
７３　第１の混晶化領域
７４　第２の混晶化領域

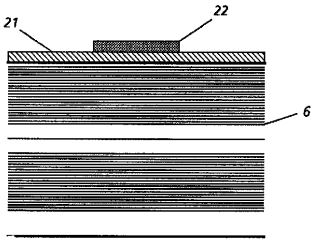
【図１】



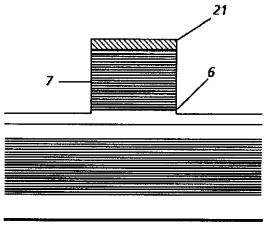
【図２】



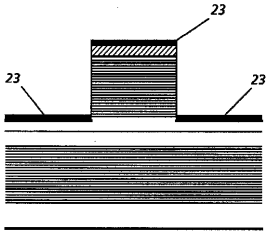
【図３】



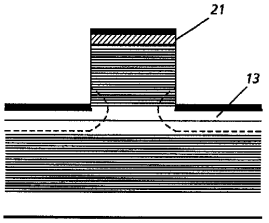
【図４】



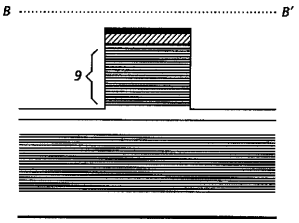
【図５】



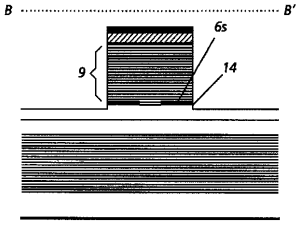
【図６】



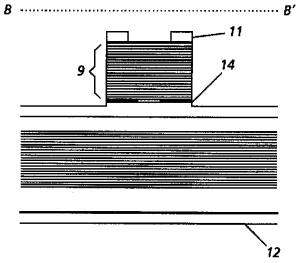
【図７】



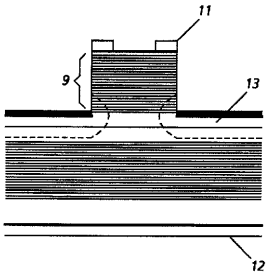
【図８】



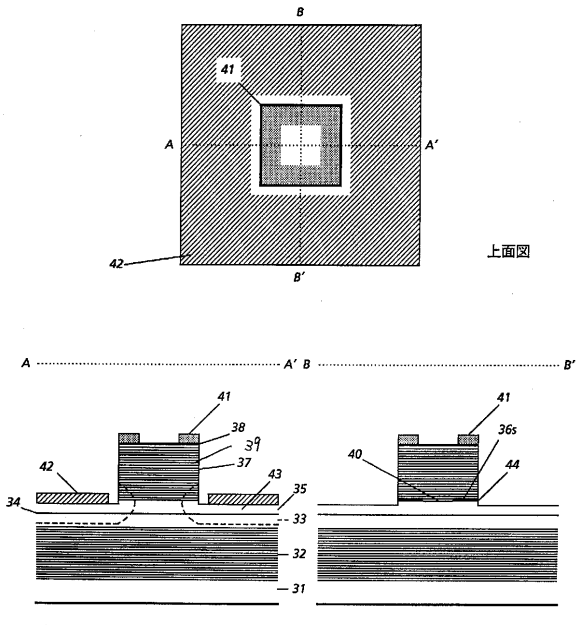
【図９】



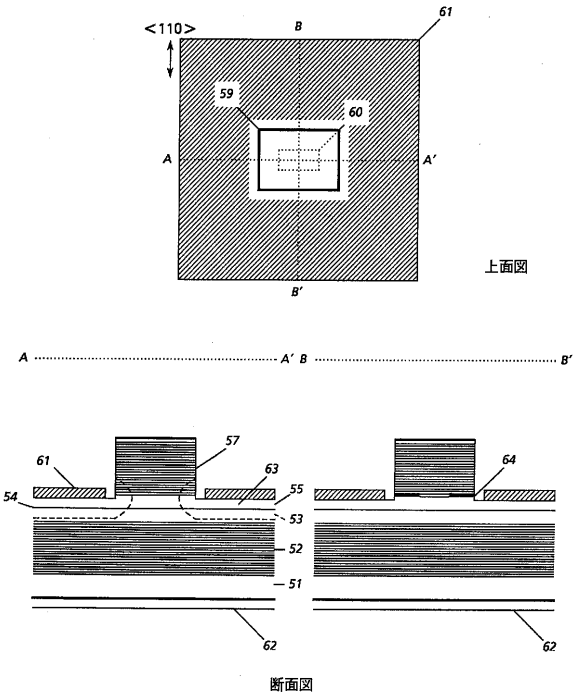
【図１０】



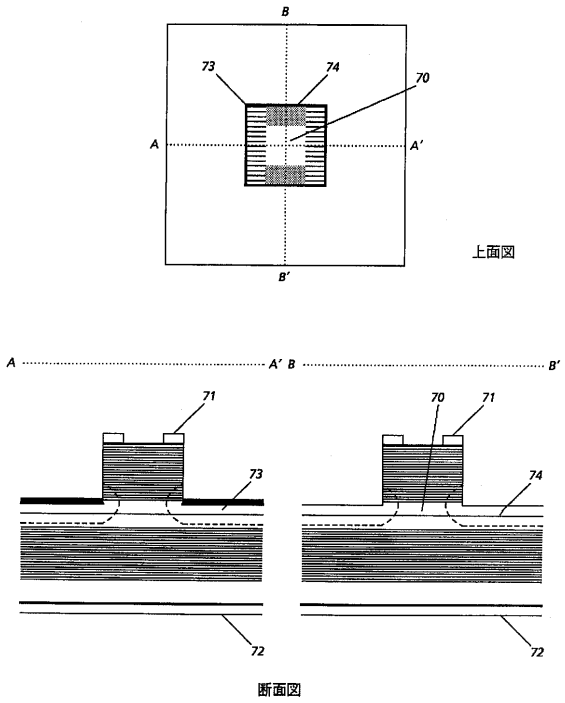
【図１１】



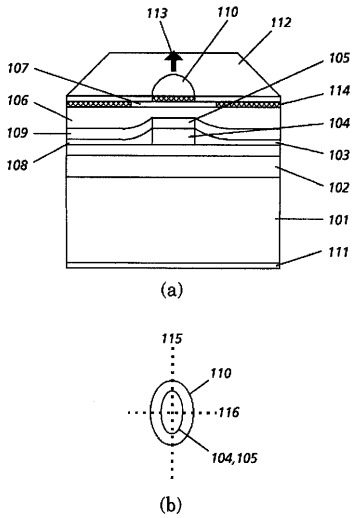
【図１２】


<110>
B
61
59
60
A
A′
B′
上面図
A
A′ B
B′
61
57
63
64
54
55
53
52
51
62
62
断面図

【図１３】


B
73
74
70
A
A′
B′
上面図
A
A′ B
B′
71
70
71
73
74
72
72
断面図

【図１４】


113
110
112
105
107
114
106
104
109
103
108
102
101
111
(a)
115
110
116
104,105
(b)

フロントページの続き

(72)発明者　山本　将央
神奈川県足柄上郡中井町境４３０　グリーンテクなかい　富士ゼロックス株式会社内

審査官　近藤　幸浩

(56)参考文献　特開平０８－１１６１３０（ＪＰ，Ａ）
特開平０６－２８３８１８（ＪＰ，Ａ）
特開平０４－１４４１８３（ＪＰ，Ａ）
特開平０６－３５０１９４（ＪＰ，Ａ）
特開平０６－０１３６９５（ＪＰ，Ａ）
特開平０５－２３５４７３（ＪＰ，Ａ）
特開平０４－０４５５８９（ＪＰ，Ａ）

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