(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3609446号
(P3609446)
(45)発行日　平成17年1月12日(2005.1.12)　(24)登録日　平成16年10月22日(2004.10.22)

(51)Int.Cl.[7]　F I
H01S　5/323　H01S　5/323

請求項の数 4　(全 8 頁)

(21)出願番号　特願平6-89854
(22)出願日　平成6年4月27日(1994.4.27)
(65)公開番号　特開平7-297481
(43)公開日　平成7年11月10日(1995.11.10)
審査請求日　平成13年4月11日(2001.4.11)

(73)特許権者　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　100098305
弁理士　福島　祥人
(74)代理人　100091605
弁理士　岡田　敬
(72)発明者　廣山　良治
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　庄野　昌幸
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

最終頁に続く

(54)【発明の名称】半導体レーザ装置

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
複数の井戸層および複数の障壁層が交互に積層されてなる多重量子井戸構造の活性層をｎ形クラッド層およびｐ形クラッド層の間に配置してなる半導体レーザ装置において、活性層全体にわたって前記ｐ形クラッド層側の障壁層の厚さを前記ｎ形クラッド層側の障壁層の厚さよりも薄く形成したことを特徴とする半導体レーザ装置。
【請求項２】
前記複数の井戸層はＩｎＧａＡｓＰからなり、前記複数の障壁層はＩｎＧａＡｓＰからなり、前記障壁層のＩｎＧａＡｓＰのバンドギャップは前記井戸層のバンドギャップよりも大きいことを特徴とする請求項１記載の半導体レーザ装置。
【請求項３】
前記複数の井戸層は（Al_xGa_{1-x}）ＩｎＰからなり、前記複数の障壁層は（Al_yGa_{1-y}）ＩｎＰからなり、１＞ｙ＞ｘ＞０であることを特徴とする請求項１記載の半導体レーザ装置。
【請求項４】
前記複数の井戸層は$Al_xGa_{1-x}As$からなり、前記複数の障壁層は$Al_yGa_{1-y}As$からなり、１＞ｙ＞ｘ＞０であることを特徴とする請求項１記載の半導体レーザ装置。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【産業上の利用分野】

本発明は多重量子井戸構造の活性層を有する半導体レーザ装置に関する。

【０００２】

【従来の技術】

最近、発振しきい値電流の低減、温度特性の改善、発振波長の短波長化等の目的で、多重量子井戸構造（以下、ＭＱＷと呼ぶ）の活性層を有する半導体レーザ装置が開発されている。また、さらに発振しきい値電流を低減するために歪多重量子井戸構造（以下、Ｓ－ＭＱＷと呼ぶ）の活性層を有する半導体レーザ装置が提案されている。

【０００３】

図６は従来のＩｎＧａＡｓＰ系半導体レーザ装置におけるＳ－ＭＱＷ活性層のエネルギーバンド図である。

【０００４】

図６に示すように、Ｓ－ＭＱＷ活性層３０は、４つの井戸層Ｗ１，Ｗ２，Ｗ３，Ｗ４および３つの障壁層Ｂ１，Ｂ２，Ｂ３が交互に積層されてなる。井戸層Ｗ１～Ｗ４は、バンドギャップＥｇが０．７６ｅＶのＩｎＧａＡｓＰからなり、それぞれ３５Åの厚さを有する。これらの井戸層Ｗ１～Ｗ４はＩｎＰ基板に対して＋１．０％の歪を有する。一方、障壁層Ｂ１～Ｂ３は、バンドギャップＥｇが１．０３ｅＶのＩｎＧａＡｓＰからなり、それぞれ９０Åの厚さを有する。それにより、Ｓ－ＭＱＷ活性層３０の全体の厚さは４１０Åとなっている。このＭＱＷ活性層３０のｎ側およびｐ側にはそれぞれ厚さ１８００Åの光ガイド層が設けられている。

【０００５】

図７は従来のＡｌＧａＩｎＰ系半導体レーザ装置におけるＳ－ＭＱＷ活性層および多重量子障壁層（以下、ＭＱＢ層と呼ぶ）のエネルギーバンド図である。

【０００６】

図７に示すように、Ｓ－ＭＱＷ活性層３１は、５つの井戸層ｗ１，ｗ２，ｗ３，ｗ４，ｗ５および４つの障壁層ｂ１，ｂ２，ｂ３，ｂ４が交互に積層されてなる。井戸層ｗ１～ｗ５はＧａＩｎＰからなり、それぞれ７５Åの厚さを有する。これらの井戸層ｗ１～ｗ５は、ＧａＡｓ基板に対して－０．５％の歪を有する。障壁層ｂ１～ｂ４は（$Al_{0.5}Ga_{0.5}$）ＩｎＰからなり、それぞれ４０Åの厚さを有する。それにより、Ｓ－ＭＱＷ活性層３１の全体の厚さは５３５Åとなっている。Ｓ－ＭＱＷ活性層３１のｎ側およびｐ側にはそれぞれ厚さ５００Åの光ガイド層が設けられている。

【０００７】

Ｓ－ＭＱＷ活性層３１のｐ側には、ヘテロ障壁の高さを実効的に高くするために、ＭＱＢ層が導入されている。ＭＱＢ層３２は１０対の$Ga_{0.5}In_{0.5}P$からなる井戸層および$(Al_{0.7}Ga_{0.3})_{0.5}In_{0.5}P$からなる障壁層が交互に積層されてなる。

【０００８】

【発明が解決しようとする課題】

図６に示すような多重量子井戸構造を有するＩｎＧａＡｓＰ系半導体レーザ装置においては、障壁層Ｂ１，Ｂ２，Ｂ３でのホール移動度μ_Hが井戸層Ｗ１，Ｗ２，Ｗ３，Ｗ４でのホール移動度μ_Hに比べて小さくなる。そのため、ホールがｐ側から障壁層を通過して各井戸層に注入される場合、各井戸層に注入されるホールの数はｐ側から遠い井戸層ほど少なくなる。それにより、ｎ側に近い井戸層のホール濃度がｐ側に近い井戸層のホール濃度に比べて少なくなる。

【０００９】

また、図７に示すような多重量子井戸構造を有するＡｌＧａＩｎＰ系半導体レーザ装置においては、Ｓ－ＭＱＷ活性層３１の障壁層のＡｌ組成ｘ（ｘ＝０．５）が井戸層のＡｌ組成ｘ（ｘ＝０）よりも大きい。そして、Ａｌ組成ｘが大きいほどホール移動度μ_Hは小さくなる。

【００１０】

したがって、図７のＡｌＧａＩｎＰ系の半導体レーザ装置においても、図６のＩｎＧａＡ

ｓＰ系半導体レーザ装置と同様に、ｎ側に近い井戸層ほどホール濃度が少なくなるという問題が生じる。

【００１１】

このように、ｎ側に近い井戸層のホール濃度が減少することにより活性層全体のホール濃度が少なくなると、利得の増加およびしきい値電流の低減を図ることができない。

【００１２】

そこで、各障壁層の厚さを薄くすることも考えられるが、そのような場合、活性層の全体の厚さが薄くなるので、光閉じ込め係数（全光エネルギーのうち発光部に閉じ込められる光エネルギーの割合）が変化してしまう。したがって、活性層の全体の厚さ、井戸層の数、および井戸層の合計の厚さを変えることなく活性層内の各井戸層のホール濃度を増加させることが望まれる。

【００１３】

それゆえに、本発明の目的は、光閉じ込め係数を変化させることなく、多重量子井戸活性層に注入されるホールの濃度を増加させることにより、利得が増加し、かつ発振しきい値電流が低減された半導体レーザ装置を提供することである。

【００１４】

【課題を解決するための手段】

本発明に係る半導体レーザ装置は、複数の井戸層および複数の障壁層が交互に積層されてなる多重量子井戸構造の活性層を有する半導体レーザ装置において、活性層内のｎ側の井戸層のホール濃度を増加させたものである。

【００１５】

活性層に注入されるホールの濃度が高くなるように活性層内の障壁層の厚さを設定してもよい。好ましくは、ｐ形クラッド層側の障壁層の厚さをｎ形クラッド層側の厚さよりも薄く形成する。

【００１６】

ｐ形クラッド層側の所定数の障壁層の厚さおよびｎ形クラッド層側の所定数の障壁層の厚さを相互に補完するようにそれぞれ減少および増加させてもよい。ｐ形クラッド層に最も近い障壁層からｎ形クラッド層に最も近い障壁層にかけて段階的に厚さを増加させてもよい。

【００１７】

複数の井戸層がＩｎＧａＡｓＰからなり、複数の障壁層もＩｎＧａＡｓＰからなってもよく、障壁層のバンドギャップは井戸層のバンドギャップよりも大きい。複数の井戸層が（$Al_x Ga_{1-x}$）ＩｎＰからなり、複数の障壁層が（$Al_y Ga_{1-y}$）ＩｎＰ（１＞ｙ＞ｘ＞０）からなってもよい。複数の井戸層が$Al_x Ga_{1-x}$Ａｓからなり、複数の障壁層が$Al_y Ga_{1-y}$Ａｓ（１＞ｙ＞ｘ＞０）からなってもよい。

【００１８】

【作用】

本発明に係る半導体レーザ装置においては、活性層内のｎ側の井戸層のホール濃度を増加させることにより、活性層全体のホール濃度が高くなっている。

【００１９】

活性層内の障壁層の厚さを調整した場合、活性層全体の厚さ、井戸層の数および井戸層の厚さを変えることなく、ｐ側から障壁層を通過して井戸層に注入されるホールの濃度を高くすることができる。それにより、光閉じ込め係数がほとんど変化することなく活性層全体に注入されるホールの濃度が高くなり、利得の増加およびしきい値電流の低減が図られる。

【００２０】

ｐ側に近い障壁層の厚さをｎ側に近い障壁層の厚さに比べて薄くすると、ｐ側から注入されたホールがｐ側に近い障壁層を通過しやすくなり、ｎ側に近い井戸層まで到達する確率が高くなる。一方、ｎ側から注入される電子はホールに比べて大きな移動度を有するので、ｎ側に近い障壁層の厚さが厚くなっても、各井戸層に注入される電子の濃度は減少しな

い。
【００２１】
【実施例】
以下、本発明の実施例を図面を参照しながら詳細に説明する。
【００２２】
図１は本発明の第１の実施例におけるＩｎＧａＡｓＰ系半導体レーザ装置の構造を示す断面図である。
【００２３】
図１において、ｎ－ＩｎＰ基板１上に厚さ０．５μｍのｎ－ＩｎＰからなるｎ－クラッド層２、図２に示す構造を有するＳ－ＭＱＷ活性層３、厚さ２μｍのｐ－ＩｎＰからなるｐ－クラッド層４、厚さ０．２μｍのｐ－ＩｎＧａＡｓＰからなるｐ－キャップ層５が形成されている。ｐ－キャップ層５上には、中央部のストライプ状の領域の両側にSiO_2層６が形成され、上面にｐ電極７が形成されている。一方、ｎ－ＩｎＰ基板１の下面にはｎ電極が形成されている。
【００２４】
図２にＳ－ＭＱＷ活性層３のエネルギーバンド図を示す。同図に示すように、Ｓ－ＭＱＷ活性層３は、４つの井戸層Ｗ１，Ｗ２，Ｗ３，Ｗ４および３つの障壁層Ｂ１，Ｂ２，Ｂ３が交互に積層されてなる。井戸層Ｗ１～Ｗ４はバンドギャップＥｇが０．７６ｅＶのＩｎＧａＡｓＰからなり、障壁層Ｂ１～Ｂ３はバンドギャップＥｇが１．０３ｅＶのＩｎＧａＡｓＰからなる。
【００２５】
井戸層Ｗ１～Ｗ４はすべて同じ厚さ３５Åを有し、ＩｎＰ基板に対して＋１．０％の歪を有する。これに対して、障壁層Ｂ１の厚さは１３０Å、障壁層Ｂ２の厚さは９０Å、障壁層Ｂ３の厚さは５０Åである。Ｓ－ＭＱＷ活性層３の全体の厚さは４１０Åとなっており、図６の従来例と同様である。Ｓ－ＭＱＷ活性層３のｎ側およびｐ側にはそれぞれ厚さ１８００Åの光ガイド層が設けられている。なお、図１には光ガイド層は図示されていない。
【００２６】
図３は図２のＳ－ＭＱＷ活性層３における各井戸層のホール濃度を従来例と比較して示す図である。
【００２７】
この実施例における１層目の井戸層Ｗ１のホール濃度は$6.2\times10^{18}\ cm^{-3}$となっており、従来例と同様である。この実施例における２層目の井戸層Ｗ２のホール濃度は約$6.09\times10^{18}\ cm^{-3}$となっており、従来例の$6.0\times10^{18}\ cm^{-3}$と比較してΔＡだけ増加している。また、この実施例における３層目の井戸層Ｗ３のホール濃度は$5.89\times10^{18}\ cm^{-3}$となっており、従来例の$5.8\times10^{18}\ cm^{-3}$と比較してΔＢだけ増加している。この実施例における４層目の井戸層Ｗ４のホール濃度は$5.6\times10^{18}\ cm^{-3}$となっており、従来例と同様である。
【００２８】
このように、第１の実施例では、ｐ側に近い障壁層のＢ１の厚さを薄くし、ｎ側に近い障壁層Ｂ３の厚さを厚くすることにより２層目の井戸層Ｗ２および３層目の井戸層Ｗ３のホール濃度が増加し、Ｓ－ＭＱＷ活性層３の全体のホール濃度が高くなっている。その結果、利得が増加し、発振しきい値電流が低下する。なお、Ｓ－ＭＱＷ活性層３の全体の厚さおよび井戸層の合計の厚さは図６の従来例と同じであるので、光閉じ込め係数は従来例とほぼ同じになる。
【００２９】
図４は、本発明の第２の実施例におけるＡｌＧａＩｎＰ系半導体レーザ装置の構造を示す断面図である。
【００３０】
図４において、ｎ－ＧａＡｓ基板１１上に、ｎ－$Ga_{0.5}In_{0.5}P$からなるｎ

ーバッファ層１２、ｎ－（$Al_{0.7}Ga_{0.3}$）$_{0.5}In_{0.5}P$からなるｎ－クラッド層１３、および図５に示す構造を有するＳ－ＭＱＷ活性層１４が形成されている。さらに、Ｓ－ＭＱＷ活性層１４上に、図５に示す構造を有するＭＱＢ層１６を挟んでｐ－（$Al_{0.7}Ga_{0.3}$）$_{0.5}In_{0.5}P$からなるｐ－クラッド層１５が形成されている。ｐ－クラッド層１５の上部領域はストライプ状のリッジ部となっている。ｐ－クラッド層１５上に$p-Ga_{0.5}In_{0.5}P$からなるｐ－コンタクト層１７が形成されている。

【００３１】

リッジ部の両側にはｎ－ＧａＡｓからなるｎ－電流ブロック層１８が形成され、その上部にｐ－ＧａＡｓからなるｐ－キャップ層１９が形成されている。ｐ－キャップ層１９の上面にはＡｕ－Ｃｒからなるｐ電極２０が形成され、ｎ－ＧａＡｓ基板１１の下面にはＡｕ－Ｓｎ－Ｃｒからなるｎ電極２１が形成されている。

【００３２】

図５に、Ｓ－ＭＱＷ活性層１４およびＭＱＢ層１６のエネルギーバンド図を示す。同図に示すように、Ｓ－ＭＱＷ活性層１４は、ＧａＩｎＰからなる５つの井戸層ｗ１，ｗ２，ｗ３，ｗ４，ｗ５および（$Al_{0.5}Ga_{0.5}$）ＩｎＰからなる４つの障壁層ｂ１，ｂ２，ｂ３，ｂ４が積層されてなる。

【００３３】

井戸層ｗ１～ｗ５はすべて同じ厚さ７５Åを有し、ＧａＡｓ基板に対して－０．５％の歪を有する。これに対して、障壁層ｂ１の厚さは２５Å、障壁層ｂ２の厚さは３５Å、障壁層ｂ３の厚さは３５Å、障壁層ｂ３の厚さは４５Åである。Ｓ－ＭＱＷ活性層１４の全体の厚さは５３５Åとなり、図７の従来例と同様である。

【００３４】

Ｓ－ＭＱＷ活性層１４のｎ側およびｐ側にはそれぞれ厚さ５００Åの光ガイド層が設けられている。なお、図４には光ガイド層は図示されていない。ＭＱＢ層１６の構造は、図７に示したＭＱＢ層３２の構造と同様である。

【００３５】

このように、第２の実施例においては、ｎ側からｐ側にかけて障壁層の厚さが徐々に薄くなっているので、中央部に位置する井戸層のホール濃度が図７の従来例と比較して増加する。その結果、Ｓ－ＭＱＷ活性層１４の全体のホール濃度が増加するので、利得が増加し、かつ発振しきい値電流が低下する。Ｓ－ＭＱＷ活性層１４の全体の厚さおよび井戸層Ｗ１～Ｗ５の合計の厚さは図７の従来例と同じであるので、光閉じ込め係数は従来例とほぼ同じになる。

【００３６】

第２の実施例では、障壁層ｂ１～ｂ４の厚さが徐々に薄くなっているが、障壁層ｂ１，ｂ２を同じ厚さに薄く形成し、障壁層ｂ３，ｂ４を同じ厚さに厚く形成してもよい。また、障壁層ｂ１のみを薄く形成し、障壁層ｂ４のみを厚く形成し、障壁層ｂ３，ｂ４を同じ厚さに形成してもよい。

【００３７】

なお、多重量子井戸構造を有するＡｌＧａＡｓ系半導体レーザ装置においても、障壁層におけるＡｌ組成が井戸層におけるＡｌ組成よりも大きくなっているので、障壁層におけるホール移動度μ_Hが井戸層におけるホール移動度μ_Hよりも小さくなる。したがって、本発明は、ＡｌＧａＩｎＰ系半導体レーザ装置およびＩｎＧａＡｓＰ系半導体レーザ装置のみならずＡｌＧａＡｓ系半導体レーザ装置にも適用することができる。

【００３８】

【発明の効果】

以上のように本発明によれば、ｎ側の井戸層のホール濃度を増加させることにより、または障壁層の厚さを調整することにより、活性層全体の厚さ、井戸層の数および井戸層の厚さを変えることなく、活性層内の井戸層に注入されるホールの濃度を高くすることができる。したがって、光閉じ込め係数を維持しつつ活性層全体に注入されるホールの濃度を高

くすることが可能となり、利得の増加およびしきい値電流の低減が図られる。

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明の第１の実施例におけるＩｎＧａＡｓＰ系半導体レーザ装置の構造を示す断面図である。

【図２】図１の半導体レーザ装置におけるＳ－ＭＱＷ活性層のエネルギーバンド図である。

【図３】図２のＳ－ＭＱＷ活性層における各井戸層のホール濃度を従来例と比較して示す図である。

【図４】本発明の第２の実施例におけるＡｌＧａＩｎＰ系半導体レーザ装置の構造を示す断面図である。

【図５】図４の半導体レーザ装置におけるＳ－ＭＱＷ活性層のおよびＭＱＢ層のエネルギーバンド図である。

【図６】従来のＩｎＧａＡｓＰ系半導体レーザ装置におけるＳ－ＭＱＷ活性層のエネルギーバンド図である。

【図７】従来のＡｌＧａＩｎＰ系半導体レーザ装置におけるＳ－ＭＱＷ活性層およびＭＱＢ層のエネルギーバンド図である。

【符号の説明】

３　Ｓ－ＭＱＷ活性層

１４　Ｓ－ＭＱＷ活性層

１６　ＭＱＢ層

Ｗ１，Ｗ２，Ｗ３，Ｗ４　井戸層

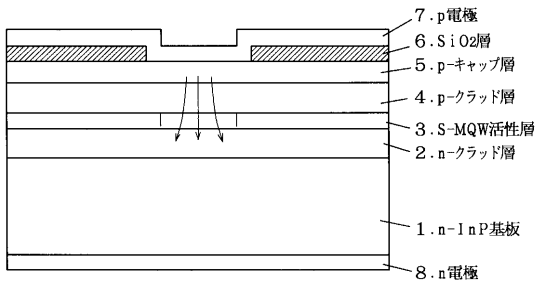
ＢＩ，Ｂ２，Ｂ３　障壁層

ｗ１，ｗ２，ｗ３，ｗ４，ｗ５　井戸層

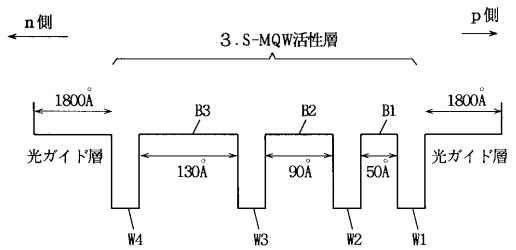
ｂ１，ｂ２，ｂ３，ｂ４　障壁層

なお、各図中同一符号は同一または相当部分を示す。

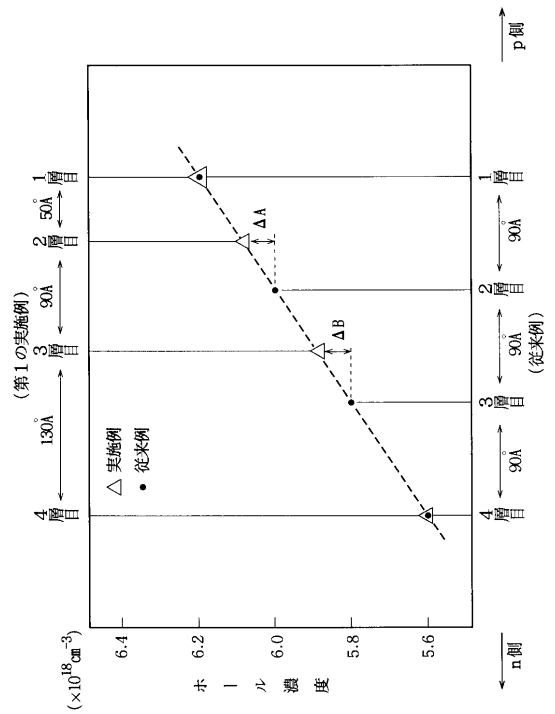
【図１】



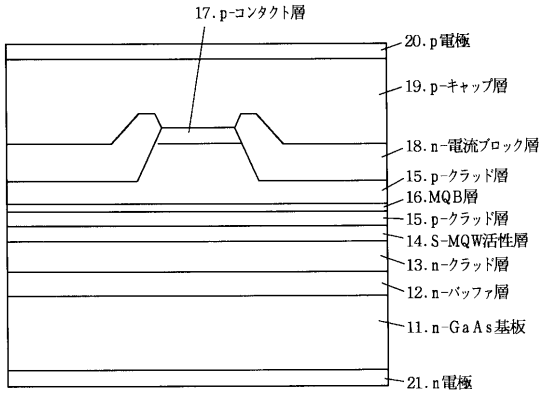
【図２】



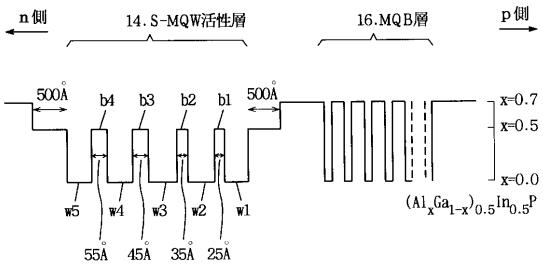
【図３】



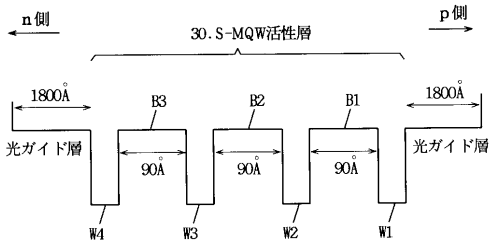
【図４】


17.p-コンタクト層
20.p電極
19.p-キャップ層
18.n-電流ブロック層
15.p-クラッド層
16.MQB層
15.p-クラッド層
14.S-MQW活性層
13.n-クラッド層
12.n-バッファ層
11.n-GaAs基板
21.n電極

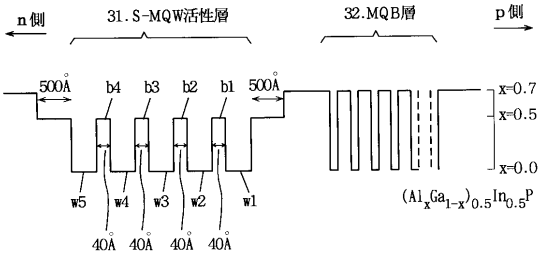
【図５】


n側
14.S-MQW活性層
16.MQB層
p側
500Å
b4
b3
b2
b1
500Å
x=0.7
x=0.5
x=0.0
w5
w4
w3
w2
w1
55Å
45Å
35Å
25Å
$(Al_xGa_{1-x})_{0.5}In_{0.5}P$

【図６】


n側
30.S-MQW活性層
p側
1800Å
B3
B2
B1
1800Å
光ガイド層
90Å
90Å
90Å
光ガイド層
W4
W3
W2
W1

【図７】


n側
31.S-MQW活性層
32.MQB層
p側
500Å
b4
b3
b2
b1
500Å
x=0.7
x=0.5
x=0.0
w5
w4
w3
w2
w1
40Å
40Å
40Å
40Å
$(Al_xGa_{1-x})_{0.5}In_{0.5}P$

フロントページの続き

(72)発明者　本多　正治
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　池上　隆俊
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　後藤　壮謙
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　茨木　　晃
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　吉年　慶一
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　山口　隆夫
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

審査官　柏崎　康司

(56)参考文献　特開平０５－０２９７１６（ＪＰ，Ａ）
特開平０７－１７００２２（ＪＰ，Ａ）
特開平０６－２０４６１９（ＪＰ，Ａ）
特開平０６－１６４０６９（ＪＰ，Ａ）
特開平０７－２８８３６３（ＪＰ，Ａ）
特開平０４－１０５３８０（ＪＰ，Ａ）

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