(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3697749号
(P3697749)
(45)発行日　平成17年9月21日(2005.9.21)　(24)登録日　平成17年7月15日(2005.7.15)

(51)Int.Cl.[7]　F I
H01L 33/00　H01L 33/00 B
H01L 33/00 A

請求項の数 8　(全 8 頁)

(21)出願番号　特願平7-225305
(22)出願日　平成7年9月1日(1995.9.1)
(65)公開番号　特開平8-125220
(43)公開日　平成8年5月17日(1996.5.17)
審査請求日　平成14年7月8日(2002.7.8)
(31)優先権主張番号　特願平6-208671
(32)優先日　平成6年9月1日(1994.9.1)
(33)優先権主張国　日本国(JP)

(73)特許権者　000005968
三菱化学株式会社
東京都港区芝五丁目３３番８号
(74)代理人　100103997
弁理士　長谷川　暁司
(72)発明者　下山　謙司
茨城県牛久市東猯穴町１０００番地　三菱化学株式会社筑波事業所内
(72)発明者　細井　信行
茨城県牛久市東猯穴町１０００番地　三菱化学株式会社筑波事業所内
(72)発明者　藤井　克司
茨城県牛久市東猯穴町１０００番地　三菱化学株式会社筑波事業所内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】半導体発光装置

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
第１導電型のＡｌＧａＡｓＰ又はＡｌＧａＡｓからなる第１クラッド層と、該第１クラッド層に隣接して、第１導電型のＡｌＧａＩｎＰ又はＡｌＩｎＰからなる第２クラッド層と、該第２のクラッド層に隣接して、第１又は第２導電型のＡｌＧａＩｎＰ又はＧａＩｎＰからなる活性層と、該活性層に隣接して、第２導電型のＡｌＧａＩｎＰ又はＡｌＩｎＰから成る第３クラッド層と、該第３クラッド層に隣接して、第２導電型のＡｌＧａＡｓＰ又はＡｌＧａＡｓからなる第４クラッド層を有する発光ダイオードであって、第２クラッド層の厚さ０．５μｍ以下、第３クラッド層の厚さが０．５μｍ以下であり、且つ、光取り出し側に形成された電極と第４クラッド層の間に、活性層の波長に対して実質的に透明な光取り出し層を有することを特徴とする発光ダイオード。
【請求項２】
活性層の厚さが０．１～１μｍである請求項１記載の発光ダイオード。
【請求項３】
該光取り出し層が、間接遷移型バンド構造を有する化合物単結晶層である請求項１又は２に記載の発光ダイオード。
【請求項４】
基板と第１クラッド層の間に、光反射層を有する請求項１乃至３のいずれかに記載の発光ダイオード。
【請求項５】

該光反射層が、ＡｌＧａＡｓＰ又はＡｌＧａＡｓからなる請求項４記載の発光ダイオード。

【請求項６】

第１クラッド層及び第４クラッド層のうち、ｐ型の層がＡｌＧａＡｓＰ又はＡｌＧａＡｓ層であって、かつ該ｐ型層がドーピング不純物として炭素を含む請求項１乃至５のいずれか記載の発光ダイオード。

【請求項７】

第２クラッド層及び第３クラッド層のうち、ｐ型の層がＡｌＧａＩｎＰ又はＡｌＩｎＰであって、かつ該ｐ型層がドーピング不純物としてベリリウム及び／又はマグネシウムを含む請求項１乃至６のいずれか記載の発光ダイオード。

【請求項８】

ｎ型ドーピング不純物としてシリコンを用いた請求項１乃至７のいずれか記載の発光ダイオード。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】

本発明は、ＡｌＧａＩｎＰ系及びＡｌＧａＡｓＰ系半導体材料を用いた半導体発光装置に関する。

【０００２】

【従来の技術】

ＡｌＧａＩｎＰ系半導体材料を用いた従来の半導体発光ダイオード（ＬＥＤ）の一例としては、図２に模型的に示すような構造のものがある。

すなわち図２において、２０１は、ｎ型ＧａＡｓ基板、２０２は、基板２０１上に形成されたｎ型ＡｌＧａＩｎＰからなるクラッド層である。２０３は、ＡｌＧａＩｎＰからなる活性層である。２０４は、ｐ型ＡｌＧａＩｎＰからなるクラッド層である。すなわち、ＡｌＧａＩｎＰ活性層２０３のエネルギーギャップが、ＡｌＧａＩｎＰクラッド層２０２及び２０４のエネルギーギャップより小さくなるよう混晶比が設定されている。そしてｐ型ＡｌＧａＡｓ電流拡散層２０５は電極から注入された電流を広げることにより、発光領域を広げて光取り出し効率を向上させる。２０６はコンタクト層、２０７、２０８は電極である。

【０００３】

【発明が解決しようとする課題】

ＡｌＧａＩｎＰ又はＡｌＩｎＰ（以下、ＡｌＧａＩｎＰ又はＡｌＩｎＰをあわせてＡｌＧａＩｎＰ系化合物という。）はＡｌＧａＡｓＰ又はＡｌＧａＡｓ（以下、ＡｌＧａＡｓＰ又はＡｌＧａＡｓをあわせてＡｌＧａＡｓＰ系化合物という。）と比較して、抵抗率が高い、熱抵抗が大きい等の欠点も有しており、このことが素子の動作電圧を高くする、発熱を大きくするなどといた問題点が生じており、素子の特性や信頼性の向上において大きな課題となっている。特に発光密度が高くなる場合には、上記の問題点はますます深刻になる。

【０００４】

また、ｐ型ＡｌＧａＩｎＰ系化合物のクラッド層のドーパントとして、一般的に亜鉛（Ｚｎ）が用いられているが、Ｚｎの活性化率が低いために抵抗率を下げるためには高濃度ドーピングを行う必要がある。しかしながら、この場合活性化しなかったＺｎが成長中にＡｌＧａＩｎＰ系化合物結晶中を速い速度で拡散していき、ｐｎ接合位置が発光層よりもｎ側に大きくずれたりすることがある。この場合、電流電圧特性に異常をもたらしたり、発光出力が低下したりする。このようなｐ型ＡｌＧａＩｎＰ系化合物層からのＺｎ拡散は、ｐ型ＡｌＧａＩｎＰ系化合物層の層厚の増加に伴って、顕著になる。また、通常ダブルヘテロ構造を用いた場合、活性層へのキャリア及び光の閉じ込めを充分に行うために、クラッド層の膜厚として１～２μｍ程度は必要となる。有機金属気相成長法でＡｌＧａＩｎＰ系化合物を成長するとき、 III族原料となる有機金属とＶ族原料となるPH_3 との供給モ

ル比（Ｖ／ III）を非常に大きくする必要がある。このために、成長速度を余り大きく取れない、成長原料コストがＡｌＧａＡｓ系などに比べてかなり高くなるといった問題が生じている。特に多数枚同時成長可能な量産用の大型装置においてはこれ以外に除害等の点でますます深刻となる。

【０００５】

【課題を解決するための手段】

そこで本発明者らは、ＡｌＧａＩｎＰ又はＧａＩｎＰからなる活性層を有する半導体発光装置において、発光素子の素子特性を劣化させない程度にＺｎドープのｐ型ＡｌＧａＩｎＰ系化合物クラッド層の厚みを薄くし、活性層及びｎ側クラッドへのＺｎ拡散を少なくさせることに想到し、ただし、活性層上下のＡｌＧａＩｎＰ系化合物クラッド層の膜厚を薄くすると、キャリア及び光の閉じ込めが不十分となり、素子特性を劣化させてしまうので、不足分をほぼ同じバンドギャップと屈折率を持つＡｌＧａＡｓＰ系化合物で代用ができること、また、ｎ型ＡｌＧａＡｓＰ系化合物は同程度のキャリア濃度を有するＡｌＧａＩｎＰ系化合物よりもＺｎ拡散が起こりにくいために、ｎ型ＡｌＧａＩｎＰ系化合物クラッドの層厚も薄い方がＺｎ拡散によるｐｎ接合位置のシフトを防ぐことにも有効であること、さらに、ＡｌＧａＩｎＰ系化合物クラッド層の薄膜化は動作電圧の低減、熱抵抗の低減にも有効であること、量産化の観点からも、成長時間、原料コスト及び除害等の点で、ＡｌＧａＩｎＰ系化合物層を極力薄くし、ＡｌＧａＡｓＰ系化合物を多く用いる方が有効であること等を見出し本発明に到達した。すなわち、本発明の要旨は、第１導電型のＡｌＧａＡｓＰ又はＡｌＧａＡｓからなる第１クラッド層と、該第１クラッド層に隣接して、第１導電型のＡｌＧａＩｎＰ又はＡｌＩｎＰからなる厚さ０．５μｍ以下の第２クラッド層と、該第２のクラッド層に隣接して、第１又は第２導電型のＡｌＧａＩｎＰ又はＧａＩｎＰからなる厚さ０．１～１μｍの活性層と、該活性層に隣接して、第２導電型のＡｌＧａＩｎＰ又はＡｌＩｎＰから成る厚さ０．５μｍ以下の第３クラッド層と、該第３クラッド層に隣接して、第２導電型のＡｌＧａＡｓＰ又はＡｌＧａＡｓからなる第４クラッド層を有し、且つ、光取り出し側に形成された電極と第４クラッド層の間に、活性層の波長に対して実質的に透明な光取り出し層を有することを特徴とする発光ダイオードに存する。

【０００６】

以下本発明をより詳細に説明する。本発明の半導体発光装置は、第１導電型のＡｌＧａＡｓＰ系化合物からなる第１クラッド層と、該第１クラッド層に隣接して、第１導電型のＡｌＧａＩｎＰ系化合物からなる厚さ０．５μｍ以下の第２クラッド層と、該第２のクラッド層に隣接して、第１又は第２導電型のＡｌＧａＩｎＰ又はＧａＩｎＰからなる厚さ０．１～１μｍの活性層と、該活性層に隣接して、第２導電型のＡｌＧａＩｎＰ系化合物から成る厚さ０．５μｍ以下の第３クラッド層と、該第３クラッド層に隣接して、第２導電型のＡｌＧａＡｓＰ系化合物からなる第４クラッド層を有し、且つ、光取り出し側に形成された電極と第４クラッド層の間に、活性層の波長に対して実質的に透明な光取り出し層を有することを特徴としている。

【０００７】

なお、本発明の半導体発光装置の各層中の構成元素の含有割合は、基板および各層間の格子整合を考慮して決定すればよい。

以下に、本発明の発光装置を発光ダイオード（ＬＥＤ）として実現した態様の一例である、図１の素子を用いて説明する。

【０００８】

図１は本発明の半導体装置の一例であり、実施例にて製造した装置の説明図である。本発明の装置を製造する際には、通常単結晶基板上に構成される。そしてこの基板１０１としては、特に限定されないが、通常ＧａＡｓ基板が用いられる。又、発光波長等により、活性層のアルミニウム組成を低くする場合には、ＧａＡｓＰ基板が好適である。該基板上には、通常基板の欠陥をエピタキシャル成長層に持ち込まないために２μｍ以下程度のバッファ層１０２を用いることが好ましい。そしてこのバッファ層上に本発明の第１，第２クラッド層、活性層、第３，第４クラッド層がこの順に積層される。第１クラッド層１０３

としては、第１導電型のＡｌＧａＡｓＰ系化合物であって、その厚さは通常１５μｍ以下が好ましい。そしてより好ましい第１クラッド層の厚さは下限として０．１μｍ以上であり、上限として２μｍ以下である。そしてそのキャリア濃度としては、$５\times１０^{16}ｃｍ^{-3}$～$３\times１０^{18}ｃｍ^{-3}$の範囲が好ましく、特に好ましくは、下限として$１\times１０^{17}ｃｍ^{-3}$、上限として$１\times１０^{18}ｃｍ^{-3}$の範囲である。

【０００９】

そして第１クラッド層上に、第１導電型のＡｌＧａＩｎＰ系化合物からなる厚さ０．５μｍ以下の第２クラッド層１０４が積層されている。この層の厚さのより好ましい下限としては０．０１μｍ以上であり、上限としては０．３μｍである。そしてそのキャリア濃度としては、$５\times１０^{16}ｃｍ^{-3}$～$３\times１０^{18}ｃｍ^{-3}$の範囲が好ましく、特に好ましくは、下限として$１\times１０^{17}ｃｍ^{-3}$、上限として$１\times１０^{18}ｃｍ^{-3}$の範囲である。

【００１０】

この第２のクラッド層の上に第１又は第２導電型のＡｌＧａＩｎＰ又はＧａＩｎＰからなる厚さ０．１～１μｍの活性層１０５が積層される。より好ましい活性層の厚さは、下限としては０．２μｍ以上であり、上限としては０．５μｍ以下である。

活性層のキャリア濃度としては、$１\times１０^{18}ｃｍ^{-3}$以下が好ましく、特に好ましくは、下限として$１\times１０^{17}ｃｍ^{-3}$以上、上限として$５\times１０^{17}ｃｍ^{-3}$以下の範囲である。

【００１１】

そしてかかる活性層の上に第２導電型のＡｌＧａＩｎＰ系化合物から成る厚さ０．５μｍ以下の第３クラッド層１０６が積層される。そしてそのキャリア濃度としては、$５\times１０^{16}ｃｍ^{-3}$～$３\times１０^{18}ｃｍ^{-3}$の範囲が好ましく、特に好ましくは、下限として$１\times１０^{17}ｃｍ^{-3}$、上限として$１\times１０^{18}ｃｍ^{-3}$の範囲である。

【００１２】

さらにこの第３クラッド層の上に、第２導電型のＡｌＧａＡｓＰ系化合物からなる第４クラッド層１０７を積層する。そしてその厚さとしては０．５～３μｍの範囲が好ましく、そしてより好ましい範囲は、下限として０．８μｍ、上限として１．５μｍである。キャリア濃度としては、$１\times１０^{17}ｃｍ^{-3}$～$１\times１０^{19}ｃｍ^{-3}$の範囲が好ましく、特に好ましくは、下限として$３\times１０^{17}ｃｍ^{-3}$、上限として$３\times１０^{18}ｃｍ^{-3}$の範囲である。この第４クラッド層は、後述する光取り出し層１０８と同一の組成でもよく、この場合第４クラッド層と光取り出し層を併せた厚さで１μｍ以上が好ましく、より好ましくは、１～３００μｍ、最も好ましくは１～１００μｍである。又この場合のキャリア濃度としては、$１\times１０^{17}ｃｍ^{-3}$～$１\times１０^{20}ｃｍ^{-3}$の範囲が好ましく、特に好ましくは、下限として$５\times１０^{17}ｃｍ^{-3}$、上限として$５\times１０^{18}ｃｍ^{-3}$の範囲である。製造上の観点からは、第４クラッド層と光取り出し層は同一組成で連続して一つの層として製造される　ことが好ましい。

【００１３】

本発明に用いると好ましい光取り出し層は、間接遷移型のバンド構造を有する化合物単結晶層であり、厚さで１～５０μｍが好ましく、より好ましい範囲は、下限として５μｍ、上限として１５μｍである。又この場合のキャリア濃度としては、$１\times１０^{17}ｃｍ^{-3}$～$１\times１０^{20}ｃｍ^{-3}$の範囲が好ましく、特に好ましくは、下限として$５\times１０^{17}ｃｍ^{-3}$、上限として$５\times１０^{18}ｃｍ^{-3}$の範囲である。

ＧａＰは間接遷移型でかつバンドギャップの広い材料であるため、ＡｌＧａＩｎＰ系で実現できる可視領域の波長（５５０～６９０ｎｍ）に対して、非常に有効な光取り出し層である。高いＡｌ組成で$Ａｌ_{x}Ｇａ_{1-x}Ａｓ$（Ｘ＝０．６～０．８）でもある程度の透明性を実現できるが、この様なＡｌＧａＡｓ層よりもＧａＰ系の層の方が比抵抗が遙かに低く、表面での電流広がりがよい。また、ｎ型ＧａＰの方が、ｐ型ＧａＰよりも透明性が良く、かつ比抵抗が小さいために、ｎ型ＧａＰを光取り出し層に用いるのが好ましい。

【００１４】

上述のクラッド層等のドーパントの種類としては、ｐ型の層がＡｌＧａＡｓ層である場合にはドーピング不純物として炭素が好ましく、ｐ型の層がＡｌＧａＩｎＰ系化合物である

場合にはドーピング不純物としてベリリウム及び／又はマグネシウムが好ましい。又ｎ型ドーピング不純物としてはシリコンが好ましい。
又、本発明のより好ましい態様としては、基板と第１クラッド層の間に光反射層１０８を設けることである。該光反射層は、公知の種々の光を反射する物質を用いることができるが、この内好ましくは、組成としてはＡｌＧａＡｓＰ系化合物であり、構造としてはブラッグ反射膜を設けることである。
【００１５】
これ以外の層に関しては、コンタクト層１０９等を常法に従って作製すればよい。
以下本発明を実施例を用いてより詳細に説明するが、本発明はその要旨を超えない限り、実施例に限定されるものではない。
【００１６】
【実施例】
以下、本発明の実施例を詳細に説明する。本実施例では、結晶成長法として、膜厚、組成の制御性及び量産性に優れるＭＯＶＰＥ法を用いた。使用した原料ガスはトリメチルアルミニウム（ＴＭＡ）、トリメチルガリウム（ＴＭＧ）、トリメチルインジウム（ＴＭＩ）、ホスフィン（PH_3）、アルシン（AsH_3）であり、キャリアガスとして精製により高純度化された水素（H_2）ガスを使用した。
【００１７】
図１に示す本発明のＬＥＤを、以下の手順に従ってエピタキシャルウェハとして製造した。まず、ｎ型ＧａＡｓ（１００）基板１０１上にｎ型ＧａＡｓバッファー層１０２（厚み０．５μｍ）、ＡｌＧａＡｓ／ＡｌＡｓを交互に１５層積層したブラッグ反射膜１０８、ｎ型$Al_{0.7}Ga_{0.3}As$第１クラッド層１０３（厚み１．０μｍ）、ｎ型$(Al_{0.7}Ga_{0.3})_{0.5}In_{0.5}P$第２クラッド層１０４（厚み０．２μｍ）、活性層１０５を$(Al_{0.2}Ga_{0.8})_{0.5}In_{0.5}P$（厚み０．３μｍ）、ｐ型$(Al_{0.7}Ga_{0.3})_{0.5}In_{0.5}P$第３クラッド層１０６（厚み０．２μｍ）、ｐ型$Al_{0.7}Ga_{0.3}As$第４クラッド＋光取り出し層１０７（厚み１０μｍ）、ｐ型ＧａＡｓキャップ層１０９（厚み２μｍ）を順次成長させた。
【００１８】
上記実施例における結晶成長条件は、成長温度６５０～７５０℃、圧力10^2 ｈＰａ、Ｖ／III 比２５～５０（ＡｌＧａＡｓ）及び５００～７５０（ＡｌＧａＩｎＰ，ＧａＩｎＰ）、成長速度１～１５μｍ／ｈｒ（ＡｌＧａＡｓ）及び０．５～２μｍ／ｈｒ（ＡｌＧａＩｎＰ，ＧａＩｎＰ）であった。
上記の手法で成長させたＬＥＤウェファーからＬＥＤランプを作製したところ、６３０～６４０ｎｍで発光し、２０ｍＡの駆動電流で約３ｃｄの輝度が得られた。これはｐ型ＡｌＧａＩｎＰクラッド層を約１μｍとした従来の構造と比較して約２倍の輝度が得られている。
【００１９】
上記実施例では基板側をｎ型の基板を用いたが、ｐ型基板を用いて上記の構造の各層の導電型を反転させてエピタキシャルウェハを作製させてもよい。また、結晶成長法はＭＯＶＰＥ法に限定されるものではなく、ＭＢＥ法、ＣＢＥ法等の気相成長法においても本発明は大いに有効である。
【００２０】
ＬＥＤにおいては、通常輝度向上のために比較的厚膜の光取り出し層を成長させる必要がある。しかしこの光取り出し層の成長に長時間を要するために、亜鉛やセレンのような拡散係数の大きい不純物をドーパントに用いると、クラッド層のドーパントが活性層内へ、あるいは活性層を通過して反対側の層にまで拡散してしまい、ＬＥＤ特性を大きく劣化させてしまったり、再現性を大きく損なうという問題を生じやすかった。そこで、本発明のようにＡｌＧａＩｎＰクラッド層の厚みを極力薄くすることにより、トータルの不純物拡散量を低減させることができ、拡散を防止するための余分なドービングが不要になった。そのためにｎ型クラッド層のキャリア濃度を$1\times10^{18}cm^{-3}$以下に抑えることができ、

結晶品質及び素子特性を向上できる。

【００２１】

活性層を量子井戸構造等のような超薄膜にすると、上述の不純物の拡散の抑制はますます必要となる。そこで本発明では、ｐ型ＡｌＧａＡｓＰ系化合物クラッド層のドーピング不純物として炭素を、ｐ型ＡｌＧａＩｎＰ系化合物クラッド層のドーピング不純物としてベリリウムあるいはマグネシウムを、ｎ型ＡｌＧａＡｓＰ系化合物クラッド層及びｎ型ＡｌＧａＩｎＰ系化合物クラッド層のドーピング不純物としてシリコンをそれぞれ用いることにより不純物拡散をさらに低減させ、素子作製の歩留りや再現性を大きく向上させることができる。

【００２２】

さらに、ＡｌＧａＩｎＰ系化合物に特有な原子配列の秩序化によるバンドギャップの減少の抑制、すなわち発光波長の長波長化の抑制、あるいは表面モホロジーの良化及び安定化に関しては面方位を（１００）から〔０１１〕方向に５～２５度傾斜させた第１導電型のＧａＡｓ基板を用いることが有効である。

また、発光層のＡｌ組成の低減化は、素子の信頼性、寿命の向上の点で重要であるが、これは、ＧａＡｓＰ基板を用いることにより容易に達成することができる。このときは、格子整合を取るためにＡｌＧａＡｓＰクラッド層又はＡｌＧａＡｓＰ光反射層を用いればよい。

【００２３】

そして、本発明により成長時間及び原料コストの低減かつ除害等の装置への負担の軽減を大いにはかることができ、多数枚同時成長可能な大型の量産装置による安定生産が可能となる。

【００２４】

【発明の効果】

本発明によれば、ＡｌＧａＩｎＰ又はＧａＩｎＰからなる活性層を挟むクラッド層の構造を最適化することにより、発光素子の特性及び信頼性を向上させることができ、かつ原料コストの低減も可能となる。

【図面の簡単な説明】

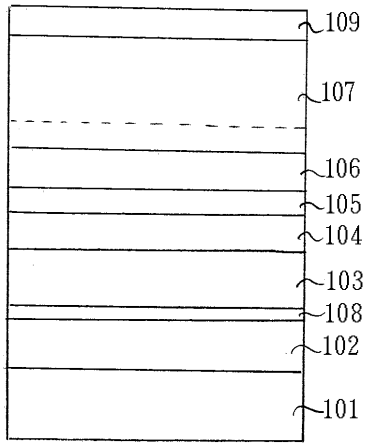
【図１】図１は本発明の発光素子の一例を示す説明図である。

【図２】図２は従来の発光素子の一例を示す説明図である。

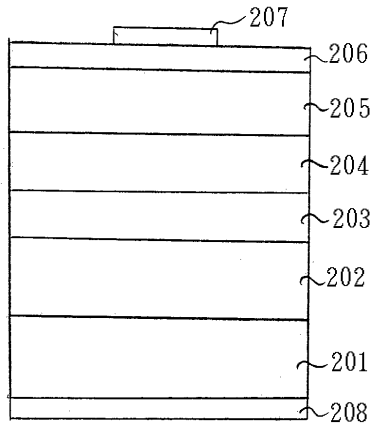
【符号の説明】

１０１　基板
１０２　バッファ層
１０３　第１クラッド層
１０４　第２クラッド層
１０５　活性層
１０６　第３クラッド層
１０７　第４クラッド層
１０８　光反射層
１０９　コンタクト層
２０１　基板
２０２　クラッド層
２０３　活性層
２０４　クラッド層
２０５　電流拡散層
２０６　コンタクト層
２０７　電極
２０８　電極

【図１】


109
107
106
105
104
103
108
102
101

【図２】


207
206
205
204
203
202
201
208

フロントページの続き

(72)発明者　山内　敦典
茨城県牛久市東猯穴町１０００番地　三菱化学株式会社筑波事業所内
(72)発明者　後藤　秀樹
茨城県牛久市東猯穴町１０００番地　三菱化学株式会社筑波事業所内

審査官　土屋　知久

(56)参考文献　特開昭６１－２８０６９４（ＪＰ，Ａ）
特開平６－８５３１６（ＪＰ，Ａ）
特開平５－２１８５００（ＪＰ，Ａ）
特表平８－５０３８１６（ＪＰ，Ａ）
特開平５－１９０８９８（ＪＰ，Ａ）
特開平６－１６３９８５（ＪＰ，Ａ）
特開平３－４５１７（ＪＰ，Ａ）
特開平４－３１５４７９（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.^{7}，ＤＢ名)
H01L 33/00
H01S 5/00-5/50