(19)日本国特許庁（ＪＰ）　(12)特　許　公　報（Ｂ２）　(11)特許番号

第2674382号

(45)発行日　平成９年(1997)11月12日　(24)登録日　平成９年(1997)７月18日

(51)Int.Cl.[6]	識別記号	庁内整理番号	ＦＩ	技術表示箇所
Ｈ０１Ｓ　3/18			Ｈ０１Ｓ　3/18	

請求項の数６（全　６　頁）

(21)出願番号　特願平3－235451

(22)出願日　平成３年(1991)８月21日

(65)公開番号　特開平5－55699

(43)公開日　平成５年(1993)３月５日

(73)特許権者　000004237
日本電気株式会社
東京都港区芝五丁目７番１号

(72)発明者　上野　芳康
東京都港区芝五丁目７番１号　日本電気株式会社内

(72)発明者　藤井　宏明
東京都港区芝五丁目７番１号　日本電気株式会社内

(72)発明者　五明　明子
東京都港区芝五丁目７番１号　日本電気株式会社内

(74)代理人　弁理士　本庄　伸介

審査官　後藤　時男

最終頁に続く

(54)【発明の名称】　半導体レーザ

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】　（０，０，１）面を持つ半導体基板と、（０，０，１）面内圧縮歪を持ち、かつ、〔－１，１，１〕または〔１，－１，１〕方向に秩序状態を持つ化合物半導体層を少なくとも含む活性層と、該活性層を少なくとも含むレーザ共振器とを有することを特徴とする半導体レーザ。

【請求項２】　（０，０，１）面から〔－１，１，０〕方向または〔１，－１，０〕方向へ傾斜した面を持つ半導体基板と、（０，０，１）面内圧縮歪を持ち、かつ、〔－１，１，１〕または〔１，－１，１〕方向に秩序状態を持つ化合物半導体層を少なくとも含む活性層と、該活性層を少なくとも含むレーザ共振器とを有することを特徴とする半導体レーザ。

【請求項３】　前記レーザ共振器が〔－１，１，０〕方

向に形成されていることを特徴とする請求項１または２に記載の半導体レーザ。

【請求項４】　前記レーザ共振器が〔０，０，１〕方向に形成されていることを特徴とする請求項１または２に記載の半導体レーザ。

【請求項５】　前記半導体基板がＧａＡｓでなり、ＧａＡｓ基板上に形成した半導体多層構造の中に前記活性層として $(Al_x Ga_{1-x})_y In_{1-y} P$ 層または $In_x Ga_{1-x} As_{1-y} P_y$ 層が設けられていることを特徴とする請求項１乃至４に記載の半導体レーザ。

【請求項６】　前記半導体基板がＩｎＰでなり、該ＩｎＰ基板上に形成した半導体多層構造の中に前記活性層として $In_{1-x} Ga_x As_y P_{1-y}$ 層が設けられていることを特徴とする請求項１乃至４に記載の半導体レーザ。

【発明の詳細な説明】

【０００１】
【産業上の利用分野】本発明は、情報処理機器あるいは光通信機器の光源に用いる半導体レーザに関する。
【０００２】
【従来の技術】半導体レーザは極めて小型でかつ量産性に富むため、現在情報処理機器や光通信機器の光源として幅広く利用されている。実用的な光源として半導体レーザに要求される主な特性は、発振閾値電流が低いこと、摂氏４０℃〜６０℃で安定な高温動作が可能なことなどである。近年、勝山らは$Ga_{0.43}$ $In_{0.57}$ Ｐからなるいわゆる歪量子井戸活性層を用いた半導体レーザが比較的低い発振閾値電流を示すことをエレクトロニクスレターズ誌（第２６巻１３７６頁、１９９０年）に報告した。また、伊知地らは$In_{0.22}$ $Ga_{0.78}$ Ａｓからなる歪量子井戸活性層を用いた半導体レーザで低い発振閾値電流を報告している（第１２回半導体レーザ国際会議ダイジェスト４４頁、１９９０年）。これらの半導体レーザでは、面内圧縮歪を受けた量子井戸活性層の価電子有効質量が低下するために発振閾値電流が低減すると考えられている。
【０００３】
【発明が解決しようとする課題】歪量子井戸活性層を用いた従来の半導体レーザの発振閾値電流は低いが、その高温動作特性は必ずしも良くない。これは、該活性層中の注入キャリア密度が大きく、該キャリアの閉じ込めが不十分だからである。高温動作特性を改善するためには、さらに発振閾値電流を低減することが必要である。
【０００４】
【課題を解決するための手段】本発明の半導体レーザの１つは（０，０，１）面を持つ半導体基板と、（０，０，１）面内圧縮歪を持ち、かつ、〔−１，１，１〕または〔１，−１，１〕方向に秩序状態を持つ化合物半導体層を少なくとも含む活性層と、該活性層を少なくとも含むレーザ共振器を有することを特徴とする。（０，０，１）面から〔１，１，０〕方向、〔１，０，０〕方向、〔０，１，０〕方向など任意の方向へ多少傾斜した面を持つ半導体基板を用いてもよい。
【０００５】また、本発明のもう１つの半導体レーザは、（０，０，１）面から〔−１，１，０〕方向あるいは〔１，−１，０〕方向へ傾斜した面を持つ半導体基板と、（０，０，１）面内圧縮歪を持ち、かつ、〔−１，１，１〕または〔１，−１，１〕方向に秩序状態を持つ化合物半導体層を少なくとも含む活性層と、該活性層を少なくとも含むレーザ共振器を有することを特徴とする。ただし厳密には、該圧縮歪面は（０，０，１）面から〔−１，１，０〕方向あるいは〔１，−１，０〕方向へ傾斜した面である。
【０００６】また本発明の半導体レーザはＧａＡｓ基板上に、圧縮歪と秩序状態をもつＡｌＧａＩｎＰまたはＩｎＧａＡｓＰ層を有する半導体層を備えることを特徴とする。あるいはＩｎＰ基板上に、圧縮歪と秩序状態をもつＩｎＧａＡｓＰ層を有する半導体層を備えることを特徴とする。
【０００７】
【作用】秩序状態と面内圧縮歪を持つ活性層を有する本発明の半導体レーザの作用を説明する。まず、秩序状態の作用について述べる。五明らのグループ（フィジカルレビューレターズ誌第６０巻２６４５頁、１９８８年）および他のグループはＧａＩｎＰ層、ＡｌＧａＩｎＰ層、ＩｎＧａＡｓ層やＩｎＧａＡｓＰ層などのエピタキシャル層が秩序状態を持つことを報告している。ただしこれらの半導体層が秩序状態を持つか否かはエピタキシャル成長条件に依存する。秩序状態を持つ$Ga_{0.50}$ $In_{0.50}$ Ｐの場合、Ｇａ原子の副格子とＩｎ原子の副格子が〔−１，１，１〕あるいは〔１，−１，１〕方向に交互に規則的に並ぶ。マスカレンハスらは、〔−１，１，１〕方向に該秩序状態を持つ半導体層の基底準位間発光再結合が発生する光の電気ベクトルは（−１，１，１）面内に偏ると報告した（フィジカルレビューレターズ誌第６３巻２１０８頁、１９８９年）。従って、〔−１，１，１〕あるいは〔１，−１，１〕方向に秩序状態を持つ半導体層で発生する再結合光の電気ベクトルは（−１，１，１）面あるいは（１，−１，１）面に偏る。これに対し、無秩序状態層で生じる光の電気ベクトル方位は、等方的である。次に、圧縮歪の作用については、（０，０，１）面に面内圧縮歪を持つ半導体層の基底準位間発光再結合が発生する光の電気ベクトルは（０，０，１）面内に偏ることが知られている。
【０００８】本発明の半導体レーザの活性層は以上述べてきた秩序状態の作用と圧縮歪の作用を兼ね備える。該活性層の再結合光の電気ベクトル方位は、秩序状態の作用により（−１，１，１）面または（１，−１，１）面に偏る。さらに、該電気ベクトル方位は面内圧縮歪の作用により（０，０，１）面内に偏る。これらの結果、図３（ａ）に示すように、本発明の半導体レーザの活性層で生じる再結合光の電気ベクトルは（−１，１，１）面または（１，−１，１）面と（０，０，１）面に共に含まれる唯一の方向つまり〔１，１，０〕方向に偏る。〔１，１，０〕方向の電気ベクトルを持つ光の放射方位は（１，１，０）面内方位である。従って、〔−１，１，０〕方向や〔０，０，１〕方向などの（１，１，０）面に含まれる方位に形成されたレーザ共振器を有す本発明の半導体レーザでは、全再結合光のうちで発振モードに利得を与える再結合光の割合が従来より高い。この結果、該半導体レーザは低い発振閾値電流を示す。従来の歪量子井戸活性層半導体レーザは格子歪の作用だけを受けるため、図３（ｂ）に示すように発光再結合光の電気ベクトル方位は（０，０，１）面内の自由な方位をとる。この場合の再結合光は全方位へ放射し、発振モードに利得を与える再結合光の割合が低い。

【０００９】また、本発明の他の半導体レーザでは、（０，０，１）から〔－１，１，０〕方向（または〔１，－１，０〕方向）に傾斜した面を持つ半導体基板を用いる。（０，０，１）面を持つ半導体基板上のエピタキシャル層が持つ該秩序状態の方位は〔－１，１，１〕方向と〔１，－１，１〕方向が同等に混在しているのに対し、（０，０，１）から〔－１，１，０〕方向（または〔１，－１，０〕方向）に傾斜した面を持つ半導体基板上では該秩序状態の方位が〔－１，１，１〕方向（〔１，－１，１〕方向）に偏ることが報告されている（ジャパニーズジャーナルオブアプライドフィジクス誌第２８巻Ｌ１７２８頁１９８９年、および、１９９１年春季応用物理学関係連合講演会講演３２ａ－ＺＧ－５）。つまり、該傾斜基板上の該エピタキシャル層が持つ秩序状態の秩序度はより高い。従って、先に述べた本発明の作用はより強く働く。該傾斜基板を用いた場合の圧縮歪面方位は（０，０，１）面から傾くが、本発明の作用の原理に従い再結合光の放射方位はやはり（１，１，０）面内方位に偏る。レーザ共振器の方向も〔－１，１，０〕方向から〔０，０，１〕方向へ、あるいは〔０，０，１〕方向から〔－１，１，０〕方向へ傾くが、これらのレーザ共振器方位は依然（１，１，０）面に含まれる。従って上述の傾斜基板を用いた場合の再結合光放射方位とレーザ共振器方位の間の幾何学的関係は、（０，０，１）基板の場合の関係と厳密に同等に保たれる。

【００１０】

【実施例】図１は本発明の半導体レーザの１つの実施例を示す。まず、Ｓｉドープのｎ型ＧａＡｓからなる半導体基板２の上に１．２μm厚のＳｉドープのｎ型$(Al_{0.7}Ga_{0.3})_{0.5}In_{0.5}P$からなるクラッド層３、多重歪量子井戸からなる活性層４、１．２μm厚のＺｎドープのｐ型$(Al_{0.7}Ga_{0.3})_{0.5}In_{0.5}P$からなるクラッド層５、をエピタキシャル成長した。該多重歪量子井戸は、３層の８nm厚アンドープ$Ga_{0.40}In_{0.60}P$面内圧縮歪井戸層と４層の４nm厚アンドープ$(Al_{0.4}Ga_{0.6})_{0.55}In_{0.45}P$歪障壁層で構成した。面内圧縮歪井戸層に$(Al_{x}Ga_{1-x})_{y}In_{1-y}P$層（ｙ＜０．５１）や$In_{x}Ga_{1-x}As$層（ｘ＞０）を用いることも可能である。また、該井戸層に$In_{x}Ga_{1-x}As_{1-y}P_{y}$層（ｘ＞０．４９ｙ）を用いると、例えばＧａ：Ｉｎ比を１：１に保ちながら（ｘ＝０．５）面内圧縮歪をかける（ｙ＝０．１）ことができる。このことは、秩序度の高い秩序状態と圧縮歪を共存させる上で役立つ。また、該井戸層および該障壁層に$In_{1-x}Ga_{x}As_{y}P_{1-y}$層を用いてもよく、この場合は半導体基板２、クラッド層３、クラッド層５などにはＩｎＰを用いる。

【００１１】半導体基板２の面方位は、（０，０，１）から〔－１，１，０〕方向へ６度傾斜した面とした。該活性層に秩序度の高い秩序状態を形成するためには、１０度以下の傾斜角が適当である。半導体基板２の面方位は（０，０，１）面でもよい。また、（０，０，１）面から〔１，１，０〕方向、〔１，０，０〕方向、〔０，１，０〕方向など任意の方向へ１～３度程度傾斜した面を持つ半導体基板２を用いてもよい。このような半導体基板は、よく知られているように、エピタキシャル結晶のモホロジーを改善する効果を持つ。

【００１２】エピタキシャル成長は減圧有機金属結晶成長法（ＭＯＶＰＥ法）で行った。本実施例では結晶成長温度は６６０℃、Ｖ族／III 族供給原料比は２００とした。秩序度の高い秩序状態を形成するためには、結晶成長温度は７００℃以下、Ｖ族／III 族供給流量比は１００以上が適当である。これらの結晶成長条件は、本発明の作用を持つ秩序状態を活性層に形成するための条件であるから、クラッド層など他の層の結晶成長条件は異なるものであっても構わない。成長速度はおよそ１．８μm／ｈｒであった。原料にはトリメチルアルミニウム（ＴＭＡ）、トリエチルガリウム（ＴＥＧ）、トリメチルインヂウム（ＴＭＩ）、ジメチルジンク（ＤＭＺ）、フォスフィン（PH_3）、アルシン（AsH_3）、ジシラン（Si_2H_6）を用いた。ガスソース分子線結晶成長法（ＧＳＭＢＥ法）やケミカルビームエピタキシャル法（ＣＢＥ法）を用いて成長することも可能である。

【００１３】エピタキシャル成長の後、フォトリソグラフィー法を用いてクラッド層５にストライプ９を形成した。ストライプ９の方位はほぼ〔－１，１，０〕である。該ストライプ９はレーザ共振器をなす。厳密に言えば、傾斜基板を用いた場合、該レーザ共振器方向は〔－１，１，０〕方向から〔０，０，１〕方向などへ傾く。ストライプ９を形成した後、Ｓｉドープのｎ型ＧａＡｓからなるブロック層６を該ストライプ９の外側に選択成長し、さらにＺｎドープのｐ型ＧａＡｓからなるコンタクト層７を全面に成長した。該コンタクト層７を形成した後、ｎ側の電極１とｐ側の電極８を形成した。最後に劈開を行って相向かい合う反射鏡を（－１，１，０）面に形成した。劈開の代わりにドライエッチングを用いて該反射鏡を形成してもよい。また、垂直放射型半導体レーザ（Ｔ．Ｔａｋａｍｏｒｉ　ｅｔａｌ．，　アプライドフィジクスレターズ誌第５５巻１０５３頁、１９８９年）のように（－１，１，０）以外の面を持つ反射鏡でもよく、曲面を持つ反射鏡でもよい。以上の工程により、半導体レーザが完成した。該半導体レーザのレーザ光１０の電気ベクトル方位は〔１，１，０〕方向、放射方向はほぼ〔－１，１，０〕方向および〔１，－１，０〕方向である。

【００１４】図２は本発明の半導体レーザの他の実施例を示す。まず、Ｓｉドープのｎ型ＧａＡｓからなる半導体基板２の上に１．２μm厚のＳｉドープのｎ型$(Al_{0.7}Ga_{0.3})_{0.5}In_{0.5}P$からなるクラッド層３、

多重歪量子井戸からなる活性層４、１．２μm厚のＺｎドープのｐ型$(Al_{0.7}Ga_{0.3})_{0.5}In_{0.5}P$からなるクラッド層５をエピタキシャル成長した。該多重歪量子井戸は、３層の８nm厚アンドープ$Ga_{0.50}In_{0.50}P_{0.90}As_{0.10}$面内圧縮歪井戸層と４層の４nm厚アンドープ$(Al_{0.4}Ga_{0.6})_{0.55}In_{0.45}P$歪障壁層で構成した。面内圧縮歪井戸層に$(Al_{x}Ga_{1-x})_{y}In_{1-y}P$層（ｙ＜０．５１）や$In_{x}Ga_{1-x}As$層（ｘ＞０）を用いることも可能である。また、該井戸層および該障壁層に$In_{1-x}Ga_{x}As_{y}P_{1-y}$層を用いてもよく、この場合は半導体基板２、クラッド層３およびクラッド層５にはＩｎＰを用いる。半導体基板２の面方位は、先の実施例と同様（０，０，１）から〔－１，１，０〕方向へ６度傾斜した面としたが（０，０，１）面などでもよい。エピタキシャル成長は減圧有機金属結晶成長法（ＭＯＶＰＥ法）で行う。該活性層を構成する$Ga_{0.50}In_{0.50}P_{0.90}As_{0.10}$に秩序状態を形成するために結晶成長温度は６６０℃、５族／３族供給流量比は２００とした。原料等は先の実施例と同じである。ガスソース分子線結晶成長法（ＧＳＭＢＥ法）やケミカルビームエピタキシャル法（ＣＢＥ法）を用いて成長することも可能である。次にクラッド層５上にフォトリソグラフィーを用いて直径７μmの円盤状のSiO_2誘電体膜を形成した。該SiO_2誘電体膜の形状は、多角形でもよい。次に、該SiO_2誘電体膜をマスクとしてＺｎ不純物またはＭｇ不純物またはＳｉ不純物またはＦｅ不純物またはＡｕ不純物を結晶中に拡散した。これらの不純物をイオン注入法で注入してもよい。この際、円形または多角形の誘電体膜に覆われていない高濃度不純物領域１１の活性層４が含む$Ga_{0.50}In_{0.50}P_{0.90}As_{0.10}$の秩序状態は無秩序化され、該$Ga_{0.50}In_{0.50}P_{0.90}As_{0.10}$のバンドギャップエネルギーは増大し、屈折率は減少する。その結果、活性層４に注入されたキャリアは誘電体膜に覆われた領域（以下、発光領域と呼ぶ）に閉じ込められ、かつ、該活性層４が発生する光は該発光領域に閉じ込められる。該発光領域は、ほぼ〔０，０，１〕方向のレーザ共振器をなす。厳密に言えば、傾斜基板を用いた場合、該レーザ共振器方向は〔０，０，１〕方向から〔－１，１，０〕方向などへ傾いている。拡散を行った後、該SiO_2誘電体膜を除去し、誘電体多層膜からなる反射率９０％の反射膜１２を形成し、さらに電極８を形成した。この後、半導体基板２に同形の円形または多角形の孔を形成し、該領域に誘電体多層膜からなる反射率９８％の反射膜１３を形成した。最後に半導体基板２の上に電極１を形成した。以上により面発光型の半導体レーザが完成した。該半導体レーザのレーザ光１０の電気ベクトル方位は〔１，１，０〕方向、放射方向はほぼ〔０，０，１〕方向および〔０，０，－１〕方向である。

【００１５】

【発明の効果】〔－１，１，０〕方向に形成されたレーザ共振器を有す本発明の半導体レーザは、低い閾値電流と優れた高温動作特性を示した。（０，０，１）面から〔－１，１，０〕方向へ６度傾斜した半導体基板を用いた半導体レーザは、（０，０，１）半導体基板を用いた場合よりもさらに低い閾値電流を示した。また、（０，０，１）面から〔－１，１，０〕方向へ６度傾斜した半導体基板を用いた場合、$Ga_{0.50}In_{0.50}P_{0.90}As_{0.10}$歪量子井戸層を用いた半導体レーザは$Ga_{0.40}In_{0.60}P$歪量子井戸層を用いた半導体レーザよりもさらに低い閾値電流を示した。

【００１６】また、〔０，０，１〕方向に形成されたレーザ共振器を有す本発明の半導体レーザは、従来の面発光レーザに比べて低い閾値電流と優れた高温動作特性を示した。

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明の半導体レーザの１つの実施例を示す斜視図である。

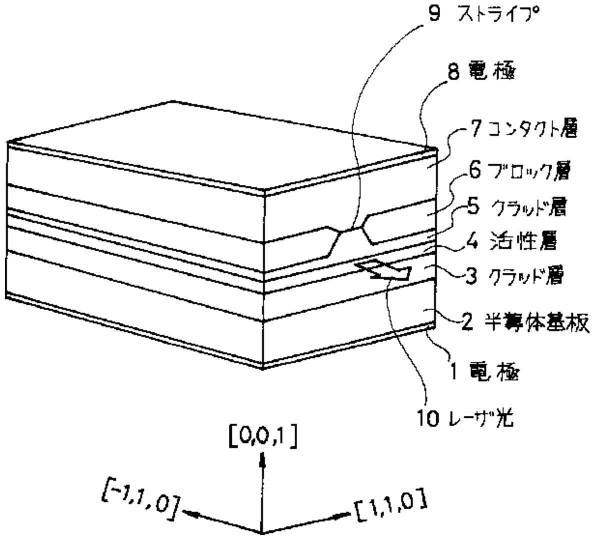
【図２】本発明の半導体レーザの他の実施例を示す断面図である。

【図３】本発明の半導体レーザの活性層における再結合光の電気ベクトル方位を説明した図である。

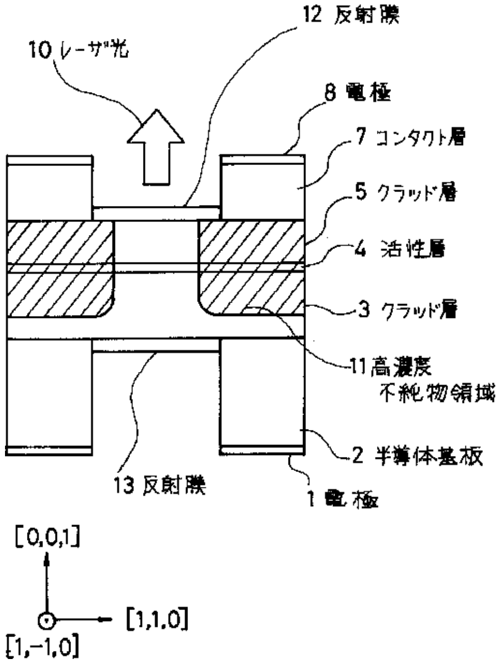
【符号の説明】

１　電極
２　半導体基板
３　クラッド層
４　活性層
５　クラッド層
６　ブロック層
７　コンタクト層
８　電極
９　ストライプ
１０　レーザ光
１１　高濃度不純物領域
１２　反射膜
１３　反射膜

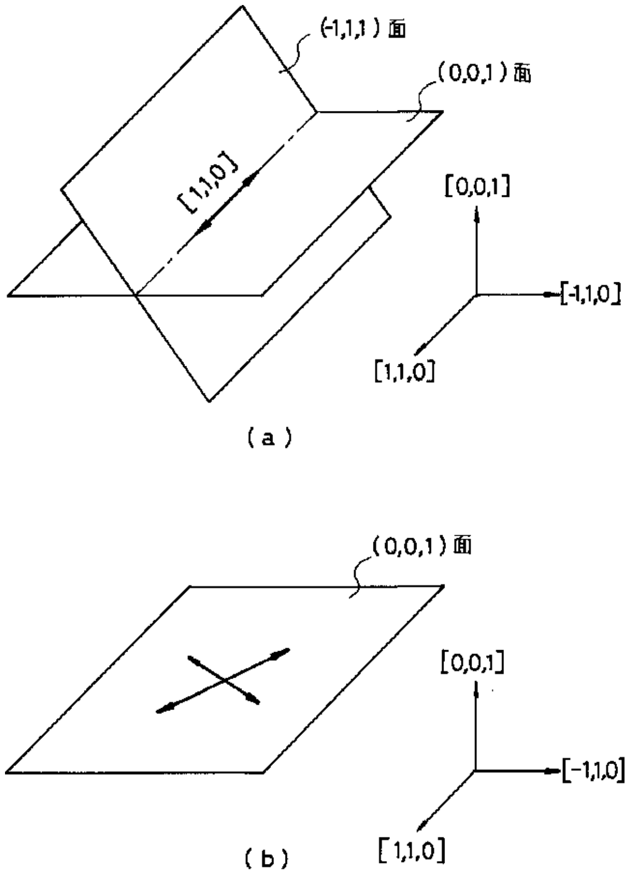
【図１】


9 ストライプ
8 電極
7 コンタクト層
6 ブロック層
5 クラッド層
4 活性層
3 クラッド層
2 半導体基板
1 電極
10 レーザ光
[0,0,1]
[-1,1,0]
[1,1,0]

【図２】


12 反射膜
10 レーザ光
8 電極
7 コンタクト層
5 クラッド層
4 活性層
3 クラッド層
11 高濃度
不純物領域
2 半導体基板
13 反射膜
1 電極
[0,0,1]
[1,1,0]
[1,-1,0]

【図３】


(-1,1,1)面
(0,0,1)面
[1,1,0]
[0,0,1]
[-1,1,0]
[1,1,0]
(a)
(0,0,1)面
[0,0,1]
[-1,1,0]
[1,1,0]
(b)

フロントページの続き

(56)参考文献　特開　平５－67839（ＪＰ，Ａ）
特開　平４－273490（ＪＰ，Ａ）
特開　平５－41560（ＪＰ，Ａ）
特開　昭63－120492（ＪＰ，Ａ）
特開　平４－237183（ＪＰ，Ａ）
特開　平５－29700（ＪＰ，Ａ）