

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4463610号
(P4463610)

(45) 発行日 平成22年5月19日 (2010.5.19)

(24) 登録日 平成22年2月26日 (2010.2.26)

(51) Int. Cl. F I
GO 1 N 21/27 (2006.01) GO 1 N 21/27 C
HO 1 S 5/183 (2006.01) HO 1 S 5/183
GO 1 N 33/543 (2006.01) GO 1 N 33/543 5 9 5

請求項の数 8 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2004-128986 (P2004-128986)	(73) 特許権者	000116024 ローム株式会社 京都府京都市右京区西院溝崎町2-1番地
(22) 出願日	平成16年4月23日 (2004.4.23)	(74) 代理人	100105924 弁理士 森下 賢樹
(65) 公開番号	特開2005-308658 (P2005-308658A)	(72) 発明者	嶋崎 隆章 京都府京都市右京区西院溝崎町2-1番地 ローム株式会社内
(43) 公開日	平成17年11月4日 (2005.11.4)	審査官	横尾 雅一
審査請求日	平成19年4月19日 (2007.4.19)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 表面プラズモン共鳴センサ装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

面発光レーザと、
前記面発光レーザの発光面上に前記発光面と平行に設けられ、周期的な凹凸パターンを有する誘電体膜と、

前記誘電体膜の前記面発光レーザと反対の面上に設けられた導電膜と、
を備え、

前記導電膜は、下地の前記誘電体膜の凹凸形状を反映して、周期的な凹凸パターンを有するとともに一部が開口していることを特徴とする表面プラズモン共鳴センサ装置。

【請求項2】

前記導電膜が、同心円状の周期的な凹凸パターンを有することを特徴とする請求項1に記載の表面プラズモン共鳴センサ装置。

【請求項3】

前記導電膜の少なくとも一部に、検体を特異的に認識する受容体が配置されたことを特徴とする請求項1または2に記載の表面プラズモン共鳴センサ装置。

【請求項4】

前記面発光レーザの前記発光面と前記導電膜との間に、少なくとも1種類以上の誘電体膜が配置されたことを特徴とする請求項1乃至3のいずれかに記載の表面プラズモン共鳴センサ装置。

【請求項5】

前記開口に散乱体が配置されたことを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載の表面プラズモン共鳴センサ装置。

【請求項 6】

前記開口に蛍光体が配置されたことを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載の表面プラズモン共鳴センサ装置。

【請求項 7】

前記開口の近傍に、光導波路が配置されたことを特徴とする請求項 5 または 6 に記載の表面プラズモン共鳴センサ装置。

【請求項 8】

前記開口の近傍に、光ファイバプローブが配置されたことを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれかに記載の表面プラズモン共鳴センサ装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、検体の有無の検知あるいは種類の検出あるいは濃度の測定などを光学的に実施するための、面発光レーザを利用した表面プラズモン共鳴センサ装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

近年、医療や健康、食品、創薬、化学、生化学などの分野で、アンモニウムイオンやナトリウムイオンなどの化学物質、あるいはDNAや抗原抗体などの生体物質を検知、検出、定量する技術の重要性が増している。特に、表面プラズモン共鳴を利用して極微量な物質を高感度、迅速、簡易に検知、検出、定量できる表面プラズモン共鳴センサ装置が数多く提案されている（特許文献1）。

【0003】

この種の表面プラズモン共鳴センサ装置の基本的要素は、図9に示すように、発光素子51および高屈折率の光透過性基板53およびその上面に配置した導電性薄膜54および受光素子52である。光波が高屈折率の光透過性基板53を通過して導電性薄膜54の下面に全反射条件を満たす角度で入射するとき、入射波は導電性薄膜の上面に一旦しみ出てエバネッセント波となってから、光透過性基板53側に再び戻って反射波となり受光素子52に到達する。エバネッセント波とは導電性薄膜表面に局在する表面波であり、導電性薄膜表面から垂直方向に離れるに従って振幅が減衰する光波である。p偏光に由来するエバネッセント波の波数と導電性薄膜54表面に存する電子に由来する表面プラズモンの波数が一致するとき共鳴が生じて入射波エネルギーが共鳴エネルギーに転化し、反射波エネルギーはほとんどゼロになる。共鳴を実現する入射波の入射角をプラズモン共鳴角といい、入射角とプラズモン共鳴角とが一致するとき共鳴が生じて反射波エネルギーは最小になる。エバネッセント波の波数はプラズモン共鳴角のほかに導電性薄膜54表面付近の誘電率（屈折率）にも依存する。導電性薄膜54表面に生体分子が相互作用する反応層があり、相互作用によって誘電率が変化したとき、プラズモン共鳴角も変化する。このプラズモン共鳴角のシフトの有無によって反応層の誘電率変化の有無がわかり、そのシフト量によって誘電率の変化量がわかる。

【特許文献1】特開昭61-292045号

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、上記従来例には以下のような課題があった。すなわち、プラズモン共鳴角を見出すために入射波の入射角を変化させなければならず、装置が大型で高価になるという課題があった。また、発光素子と導電性薄膜が離れているため装置が大型になるという課題があった。

【0005】

10

20

30

40

50

本発明の目的は、上述の技術的課題を解決し、小型で安価な表面プラズモン共鳴センサ装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明によれば、面発光レーザと、該面発光レーザの発光面上に設けられた導電膜と、を備え、前記導電膜は、周期的な凹凸パターンを有するとともに一部が開口していることを特徴とする表面プラズモン共鳴センサ装置が提供される。

【0007】

本発明においては、面発光レーザ上に、周期的な凹凸パターンを有し一部が開口している導電膜が配置される。凹凸パターンはグレーティングとして機能し、その周期と面発光レーザから誘導放出された光の波長が整合したとき、導電膜の表面に存する表面プラズモンと光が相互作用して表面プラズモン共鳴が生起する。このとき開口部から漏れ出る近接場光は表面プラズモン共鳴の影響を受けて強められる。ところが、検体が導電膜上に付着していくと共鳴状態は崩れ、開口部から漏れ出る近接場光は共鳴状態のときより弱まっていく。本発明は、こうした現象を利用する新規な表面プラズモン共鳴センサ装置であり、開口部から漏れ出る近接場光を検知することで導電膜に付着した検体の有無や濃度を知ることができる。

10

【0008】

本発明によれば、光源を動かすことなく、表面プラズモン共鳴を起こさせることができるので、小型で安価な表面プラズモン共鳴センサ装置を実現することができる。

20

【0009】

本発明において、前記導電膜が、同心円状の周期的な凹凸パターンを有することとしてもよい。こうすることにより、効率的に表面プラズモン共鳴を起こさせることができる。

【0010】

本発明において、導電膜の少なくとも一部に、検体を特異的に認識する受容体が配置してもよい。こうすることにより、検出部となる導電膜表面に検体を効率よく捕獲することが可能となり、検体の付着による近接場光強度の変化が大きくなり、測定精度が安定的に向上する。

【0011】

面発光レーザの発光面と導電膜との間に、少なくとも1種類以上の誘電体膜を配置してもよい。

30

【0012】

開口部に散乱体が配置された構成としてもよく、また、開口部に蛍光体が配置された構成としてもよい。こうすることにより散乱波が伝搬光に変換され、近接場光の強度変化をより確実に検出することができる。この場合、開口部の近傍に、光導波路が配置してもよい。このようにすれば、伝搬光を光導波路に導くことにより、安定的に受光することができ、測定精度を向上させることができる。

【0013】

開口部の近傍に、光ファイバースプロブが配置された構成としてもよい。近接場光は非伝搬波であり開口部付近に波長程度の範囲で局在する光であるので、それ以上離れたところで近接場光を検出することは困難である。上記構成によれば、こうした近接場光を好感度で検出することができる。

40

【0014】

本発明において、面発光レーザの構成としては種々の形態を採用することができる。たとえば、半導体基板上に、第一の多層反射膜、活性層、第二の多層反射膜がこの順で積層してなる半導体レーザとすることができる。この場合、凹凸パターンを有する金属膜は、第二の多層反射膜上に設けられる。この場合、基板裏面には第一の電極を設けるとともに金属膜の周囲には第二の電極を設け、活性層への電流注入が円滑に行われる構成とすることができる。

【発明の効果】

50

【 0 0 1 5 】

以上説明したように本発明によれば、面発光レーザを用いた装置構成を採用しているため、小型で安価なセンサ装置を実現することができる。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 1 6 】

以下、本発明の実施の形態について、図面を参照して詳細に説明する。

【 0 0 1 7 】

(第1の実施形態)

図1は、本実施形態に係る表面プラズモン共鳴センサ装置を示す。このセンサ装置は、半導体レーザ部10と、その上に設けられたセンサ部20とにより構成されている。

10

【 0 0 1 8 】

半導体レーザ部10は、n型とp型の半導体多層膜反射鏡を活性層の上下に配置した垂直共振器型面発光レーザ(VCSEL: Vertical Cavity Surface Emitting Laser。以下、単に面発光レーザ素子と称する。)であり、光の共振する方向が基板面に対して垂直に設けられている。図1に示すように、半導体基板11上に、n型の導電型を有する第1多層反射膜12と、多重量子井戸活性層13と、p型の導電型を有する光閉じ込め層14および第2多層反射膜15がこの順で積層し、多重量子井戸活性層13から上部はメサ構造となっている。半導体基板11の裏面には裏面電極19が設けられている。

【 0 0 1 9 】

第1多層反射膜12の上面およびメサの側壁は、シリコン窒化膜16により被覆されている。第2多層反射膜15の上部において、シリコン窒化膜16が円形に開口しており、この開口部の縁部に沿って円環状の上部電極18が設けられている。

20

【 0 0 2 0 】

第2多層反射膜15の最上層はp型コンタクト層となっている。シリコン窒化膜16の開口部において、このp型コンタクト層上に、センサ部20が設けられている。

【 0 0 2 1 】

センサ部20は、第2多層反射膜15上に設けられた誘電体膜22と、その上に設けられた金属膜23と、金属膜23表面に固定された受容体26とを具備する構成となっている。誘電体膜22の上面には、同心円状の凹凸からなるグレーティングが設けられている。この誘電体膜22の表面に沿って金属膜23が形成されている。金属膜23は、下地の誘電体膜22の凹凸形状を反映し、凹凸表面を有する。この凹凸表面に、受容体26が結合している。金属膜23は、中心部が開口している。開口部24の近傍には、開口部24から漏れ出す近接場光25を検出する光ファイバプローブ27が設けられている。なお、開口部24で反射して、半導体基板11側に戻ってくる光を検出してもよい。

30

【 0 0 2 2 】

以下、このセンサ装置の動作について説明する。半導体レーザ部10において誘導放出された光は、誘電体膜22を通過して金属膜23に入射する。このときグレーティングの周期と入射した光の波長とが整合すると、表面プラズモン共鳴状態が発生し、開口部24から漏れ出る近接場光が強調される。

【 0 0 2 3 】

センサ部20表面、すなわち、金属膜23表面に試料を接触させると、試料中の所定の検体(被測定成分)が、金属膜23表面に固定された受容体26に結合する。検体が受容体26に結合することは、光学的にグレーティングの周期が変化することと等価であり、共鳴状態が崩れ、開口部から漏れ出ている近接場光が弱まる。この近接場光を光ファイバプローブ27により検出しその強度を測定することで、検体の存否や検体の定量を行うことができる。

40

【 0 0 2 4 】

図2は、上記センサ装置を含む測定システム全体の構成を示す図である。表面プラズモンセンサ装置30は、試料中の特定の検体と結合するセンシング部を有する。検体を検出したとき、表面プラズモンセンサ装置30から漏れ出る近接場光の強度が変化する。光フ

50

アイバープローブ 27 は、この近接場光を検出し、受光部 203 に導く。近接場光の強度と検体濃度との関係は、あらかじめ実験またはシミュレーションによって求めておき、これを検量線データとして検量線 DB 205 に格納しておく。解析部 204 は、受光部 203 で受光した光の強度を取得するとともに、検量線 DB 205 にアクセスして所定の検量線を取得し、これらと比較することにより被測定試料の定量分析を行う。分析結果は表示部 206 により表示される。以上のようにして、表面プラズモンを利用した検体の分析が実現される。

【0025】

次に、図 1 に示すセンサ装置各部の構造の詳細について説明する。

【0026】

誘電体膜 22 は、種々の誘電体材料により構成することができる。本実施形態ではシリコン酸化膜を採用する。

【0027】

金属膜 23 は、銀、金等、表面プラズモン共鳴を利用することができる金属材料により構成される。本実施形態では銀を用いる。

【0028】

受容体 26 は、金属膜 23 表面に検体を特異的に付着させる役割を果たす。付着の様態は特に制限がなく、吸着または結合のいずれであってもよい。受容体 26 として、抗体、酵素、細胞、イオノフォア、一本鎖 DNA などの受容体を挙げることができる。認識物質と被検出物質との組合せとしては、種々のリガンド - レセプタの組合せを用いることができる。たとえば、抗原 - 抗体、酵素 - 基質または反応抑制剤、ホルモン - ホルモン受容体、ポリヌクレオチド - 相補ポリヌクレオチド、プロテイン A - 免疫グロブリン、レクチン - 特定の炭水化物等が挙げられ、いずれか一方を認識物質として用い、他方を被認識物質（検体）とすればよい。

【0029】

金属膜 23 への受容体 26 の固定化は、種々の方法を用いることができる。たとえば、認識物質および被認識物質（検体）のいずれかを金属膜 23 に直接、またはリンカー層を介して結合すればよい。

【0030】

具体例として、金属膜 23 を銀膜や金膜とし、その表面にチオール化した認識物質を固定化する方法が挙げられる。この場合、認識物質としては、DNA、ビオチン、アビジン等が挙げられる。また、金属膜 23 に直接またはリンカー層を介してカルボキシメチルデキストランのコーティング層を形成した後、カルボジイミドを用いてカルボキシル基を活性化し、次いで、カルボキシル基を介して所定の認識物質をデキストランに結合させることができる。その他、静電相互作用を用いてデキストラン層を固定化することもできる。たとえば、プラスチック上にデキストラン層を固定化する場合、カチオン性の PDDA（ポリ塩化ジアルリルジメチルアンモニウム）やアニオン性の PVS（ポリビニル硫酸カリウム）を利用すれば、静電相互作用を用いてデキストランを吸着させることができる。具体的には、pH が 7 より大きい塩基性の溶液の中でデキストラン層をマイナスに帯電させ、さらにプラスチック表面をプラズマ処理にてマイナスに帯電させれば、カチオン性の PDDA や PVS を介して、プラスチック表面にデキストラン層を固定化させることができる。本実施形態では、銀からなる金属膜 23 表面に、チオール化したビオチンを固定化する。

【0031】

本実施形態では、発光波長 850 nm の面発光レーザーの発光面上に厚さ 300 nm のシリコン酸化膜からなる誘電体膜 22 を形成し、その上に厚さ 100 nm の銀からなる金属膜 23 を形成する。誘電体膜 22 表面には同心円状の凸凹を形成してあり、金属膜 23 上面のグレーティングのピッチが 425 nm になるようにしてある。導電膜の同心円の中心には直径センサ部 200 nm の開口部 24 を設けてある。

【0032】

次に、図 1 に示す表面プラズモンセンサ装置 30 の製造方法について、図 3 を参照して説明する。まず図 3 (a) に示す構造体を作製する。はじめに、 n 型 GaAs 半導体からなる半導体基板 11 上に、MOCVD 法 (有機金属化学気相成長法) により第 1 多層反射膜 12 を形成する。第 1 多層反射膜 12 は、それぞれの厚さが $\lambda / 4n$ (λ は発振波長、 n は屈折率) である n 型高屈折率層と n 型低屈折率層との積層構造を 1 ペアとして、複数ペア分積層した層である。例えば、 n 型高屈折率層は n 型 GaAs で形成され、 n 型低屈折率層は n 型 AlGaAs で形成される。第 1 多層反射膜 12 を形成した後、適宜、下部クラッド層 (不図示) を形成した後、多重量子井戸活性層 13 を形成する。その後、光閉じ込め層 14 を形成し、さらにその上に、第 2 多層反射膜 15 を形成する。第 2 多層反射膜 15 は、それぞれの厚さが $\lambda / 4n$ (λ は発振波長、 n は屈折率) である p 型高屈折率層と p 型低屈折率層との積層構造を 1 ペアとして、例えばそれを複数ペア分積層した層である。例えば、 p 型高屈折率層と p 型低屈折率層は、Al 組成をそれぞれ変えた p 型 AlGaAs で形成することができる。第 2 多層反射膜 15 の最上層には、 p 型コンタクト層が形成される。次に、フォトリソグラフィ工程およびエッチング工程 (ドライエッチングまたはウェットエッチング) を経て、第 2 多層反射膜 15、光閉じ込め層 14 および多重量子井戸活性層 13 からなる積層構造の外縁部を除去し、これにより円形のメサ部を形成する。メサ部の直径は例えば $40 \mu\text{m}$ 程度とする。以上により、図 3 (a) に示す構造体を得る。

【0033】

つづいて、メサ部の上面と側面、および、第 1 多層反射膜 12 の上面を覆うようにシリコン窒化膜 16 を形成する。その後、メサ部の周囲をポリイミド埋め込み層 17 によって埋設する。さらに、メサ部の上面に形成されたシリコン窒化膜 16 を円形状に除去する。これによって第 2 多層反射膜 15 の最上層にあるコンタクト層の表面が露出する (図 3 (b))。

【0034】

その後、コンタクト層の露出部に金属膜を成膜した後、エッチング加工を施し、リング状の上部電極 18 を形成する (図 4 (c))。

【0035】

つづいて、全面にシリコン酸化膜を形成した後、選択的にエッチングを行い、上部電極 18 の開口部に誘電体膜 22 を形成する。そして、誘電体膜 22 表面の所定領域をイオンビームエッチングし、所望の凹凸パターンを形成する。ここでは、 400nm ピッチの凹凸パターンとする。これにより、図 4 (d) に示す構造が得られる。

【0036】

その後、蒸着法により、誘電体膜 22 の表面に、銀からなる金属膜 23 を形成する。金属膜 23 の厚みは、たとえば 100nm 程度とする。つづいて金属膜 23 の表面に受容体 26 を固定化する。本実施形態では、金属膜 23 を銀膜とし、その表面にチオール化したビオチンを固定化する。チオール化したビオチンを含む液を金属膜 23 の表面に接触させることにより、このような構造が得られる。以上により、図 1 に示す表面プラズモンセンサ装置 30 が作製される。

【0037】

本実施形態のセンサ装置は、面発光型半導体レーザを光源に用い、凹凸パターンを有する金属膜 23 への検体の結合の有無による近接場光の強度変化を検出することにより、検体のセンシングを行う。このため、センサの小型化を図ることができる上、高精度の測定結果を安定的に得ることができる。

【0038】

(第 2 の実施形態)

図 5 は、図 1 の表面プラズモン共鳴センサ装置におけるセンサ部 20 の構成例を示す図である。図 5 に示すように、半導体レーザ部 10 の発光面上に厚さ 300nm のシリコン酸化膜からなる誘電体膜 22 を介して厚さ 100nm の銀からなる金属膜 23 を形成する。あらかじめ誘電体膜 22 表面には同心円状の凸凹を形成してあり、金属膜 23 のピッチ

が425nmになるようにしてある。金属膜23の同心円の中心には直径センサ部200nmの開口部24を設けてある。

【0039】

図2において、半導体レーザ部10から誘導放出された波長850nmの光は、誘電体膜22を通過して金属膜23に入射する。このときグレーティングの周期と入射した光の波長が整合すると表面プラズモン共鳴状態が発生し、開口部から漏れ出る近接場光が強調される。金属膜23の表面に検体が付着すると光学的にグレーティングの周期が変化するので等価なので、共鳴状態が崩れ、開口部24から漏れ出ている近接場光25が弱まる。開口部の上部に光ファイバプローブ27を配置してこの近接場光の強度を受光素子で測定する。

10

【0040】

(第3の実施形態)

図6は、図1の表面プラズモン共鳴センサ装置におけるセンサ部20の他の構成例を示す図である。図6に示すように、半導体レーザ部10の発光面上に厚さ300nmのシリコン酸化膜からなる誘電体膜22を介して厚さ100nmの銀からなる金属膜23を形成する。あらかじめ誘電体膜22表面には同心円状の凸凹を形成してあり、金属膜23のピッチが425nmになるようにしてある。金属膜23の同心円の中心には直径センサ部200nmの開口部24を設けてある。

【0041】

第1の実施形態との違いは、近接場光25を検知するためにこの開口部24に直径10nmの微粒子からなる散乱体28を設け、局在化する光である近接場光25を散乱体28で伝搬光に変換しているところである。すなわち、近接場光25が照射した散乱体28において電気双極子から発せられた散乱波は伝搬光として進行する。

20

【0042】

面発光レーザにおいて誘導放出された波長850nmの光は、誘電体膜22を通過して金属膜23に入射する。開口部24から漏れ出る近接場光25は散乱体28によって散乱され伝搬光となる。このときグレーティングの周期と入射した光の波長が整合すると表面プラズモン共鳴状態が発生し、開口部24から漏れ出る近接場光25が強調される。金属膜23の表面に検体が付着すると光学的にグレーティングの周期が変化するので等価なので共鳴状態が崩れ、開口部24から漏れ出ている近接場光25が弱まる。近接場光25の強度と散乱光の光強度は比例することから、散乱光を観察することで金属膜23表面に付着した検体の有無や濃度を知ることができる。

30

【0043】

伝搬光が溶液中で散乱を受けるのを避けるため、開口部24の上部にガラスやPMMAなどの光導波路を設置してもよい。また光導波路にレンズの機能を持たせ、散乱点を拡大してもよい。

【0044】

散乱体28の直径は10nmに限るものではなく、面発光レーザからの光の波長より小さい値なら同様な効果が得られる。

【0045】

また、散乱体28は微粒子に限るわけではなく、図7に示すように、発光面上の誘電体膜22のうち開口部24に相当する部分に凹凸部32を設けて近接場光25を散乱させてもよい。

40

【0046】

(第4の実施形態)

図8は、図1の表面プラズモン共鳴センサ装置におけるセンサ部20の他の構成例を示す図である。本実施形態では、発光波長633nmの赤色面発光レーザを用いる。この半導体レーザは、GaAsに格子整合したAlGaInP系材料により構成される。半導体分布ブラッグ反射鏡は、Al組成を変化させたAlGaAsの積層膜により構成される。図8に示すように、半導体レーザ部10の発光面上に厚さ300nmのシリコン酸化膜が

50

らなる誘電体膜 2 2 を介して厚さ 1 0 0 n m の銀からなる金属膜 2 3 を形成する。あらかじめ誘電体膜 2 2 表面には同心円状の凸凹を形成してあり、金属膜 2 3 のピッチが 4 2 5 n m になるようにしてある。金属膜 2 3 の同心円の中心には直径センサ部 2 0 0 n m の開口部 2 4 を設けてある。

【 0 0 4 7 】

第 1 の実施形態との違いは、近接場光 2 5 を検知するためにこの開口部に蛍光色素 3 1 (C y 5) をつけてあることである。

【 0 0 4 8 】

面発光レーザにおいて誘導放出された波長 6 3 3 n m の光は誘電体膜 2 2 を通過して金属膜 2 3 に入射する。開口部から漏れ出る波長 6 3 3 n m に対応する近接場光 2 5 によって蛍光色素 3 1 が励起され波長 6 7 0 n m の伝搬光を発光する。このときグレーティングの周期と入射した光の波長が整合しており表面プラズモン共鳴状態が発生し、開口部から漏れ出ている近接場光 2 5 が強調されている。金属膜 2 3 の表面に検体が付着すると光学的にグレーティングの周期が変化すると等価なので共鳴状態が崩れ、開口部から漏れ出ている近接場光 2 5 が弱まる。近接場光 2 5 の強度と蛍光色素の光強度は比例することから、蛍光色素の発光を観察することで金属膜 2 3 表面に付着した検体の有無や濃度を知ることができる。

10

【 0 0 4 9 】

本実施形態では、局在化する光である近接場光 2 5 を、蛍光色素を用いて伝搬光に変換しているため、光の検出が比較的容易になる。なお、伝搬光が溶液中で散乱を受けるのを避けるため、開口部の上部にガラスや P M M A などの光導波路を設置してもよい。また光導波路にレンズの機能を持たせ、蛍光色素の発光点を拡大してもよい。

20

【 0 0 5 0 】

本実施形態において、蛍光色素は C y 5 に限定されるものではなく、面発光レーザの波長を吸収波長とする蛍光色素なら種々のものを用いることができる。

【実施例】

【 0 0 5 1 】

実施例 1

本実施例では、第 1 の実施の形態で示したのと同様の構成のセンサを用い、測定を行った。本実施例では、誘電体膜 2 2 はシリコン酸化膜 (膜厚 2 5 0 n m) により構成し、金属膜 2 3 は銀膜 (膜厚 5 0 n m) により構成した。金属膜 2 3 の凹凸ピッチは 4 0 0 n m 、中央開口部の直径はセンサ部 2 0 0 n m とした。

30

【 0 0 5 2 】

受容体 2 6 としてチオール化したビオチンを用い、これを金属膜 2 3 上に固定化した。これにより、チオール基を介してビオチンが金属膜 2 3 に強固に固定化される。

面発光半導体レーザは、A l G a I n P 系材料からなる発光波長 6 3 3 n m のものを用いた。

【 0 0 5 3 】

被検出物質であるビオチンを含む溶液を検出部 (金属膜 2 3 表面) に滴下し近接場光を測定した。検出部が被検出物質を捕捉するに従い近接場光の光エネルギーが大きくなった。この変動値より検出部が捕捉した被検出物質の有無や種類、量について分析することができる。

40

【図面の簡単な説明】

【 0 0 5 4 】

【図 1】実施形態に係る表面プラズモン共鳴センサを説明するための図解的な断面図である。

【図 2】実施形態に係る表面プラズモン共鳴センサを説明するための図解的な断面図である。

【図 3】実施形態に係る表面プラズモン共鳴センサの製造方法を説明するための模式的工程断面図である。

50

【図4】実施形態に係る表面プラズモン共鳴センサの製造方法を説明するための模式的工程断面図である。

【図5】センサ部の構成例を示す図である。

【図6】センサ部の構成例を示す図である。

【図7】センサ部の構成例を示す図である。

【図8】センサ部の構成例を示す図である。

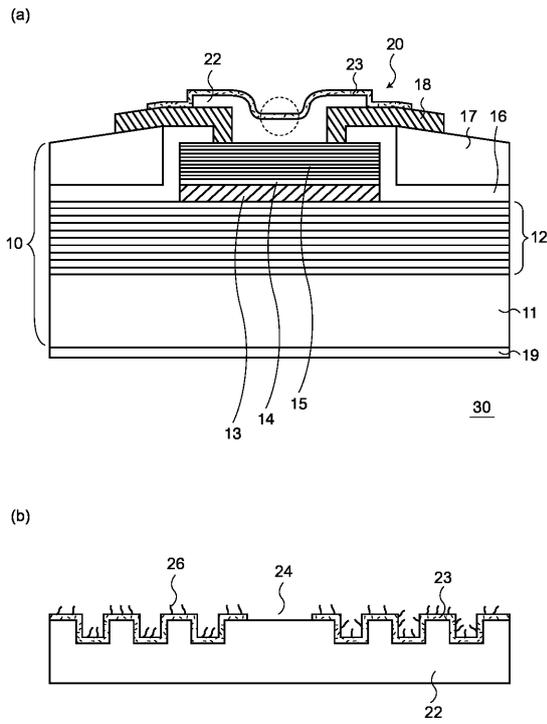
【図9】従来の表面プラズモンセンサを説明するための図である。

【符号の説明】

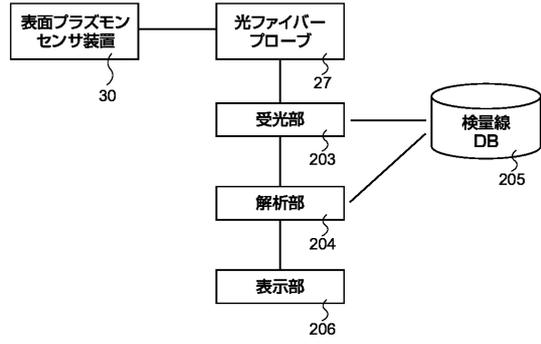
【0055】

10	半導体レーザ部	10
11	半導体基板	
12	第1多層反射膜	
13	多重量子井戸活性層	
14	光閉じ込め層	
15	第2多層反射膜	
16	シリコン窒化膜	
17	ポリイミド埋め込み層	
18	上部電極	
19	裏面電極	
20	センサ部	20
22	誘電体膜	
23	金属膜	
24	開口部	
25	近接場光	
26	受容体	
27	光ファイバプローブ	
30	表面プラズモンセンサ装置	
31	蛍光色素	
32	凹凸部	
203	受光部	30
204	解析部	
205	検量線DB	
206	表示部	

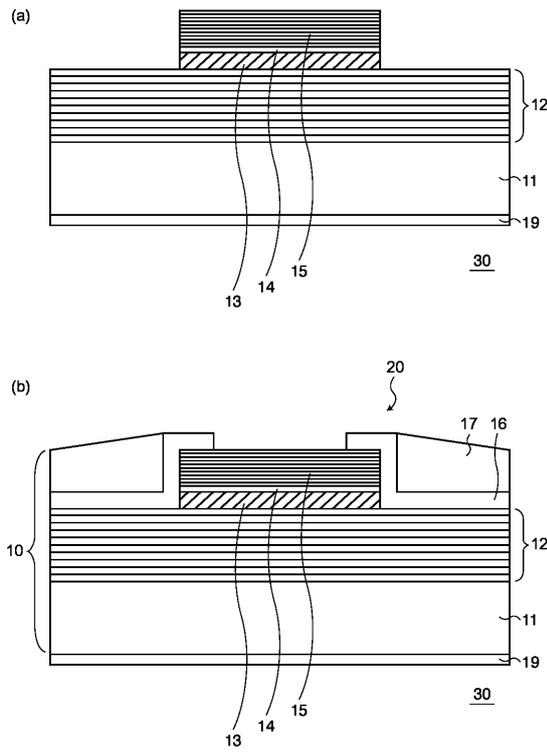
【図 1】



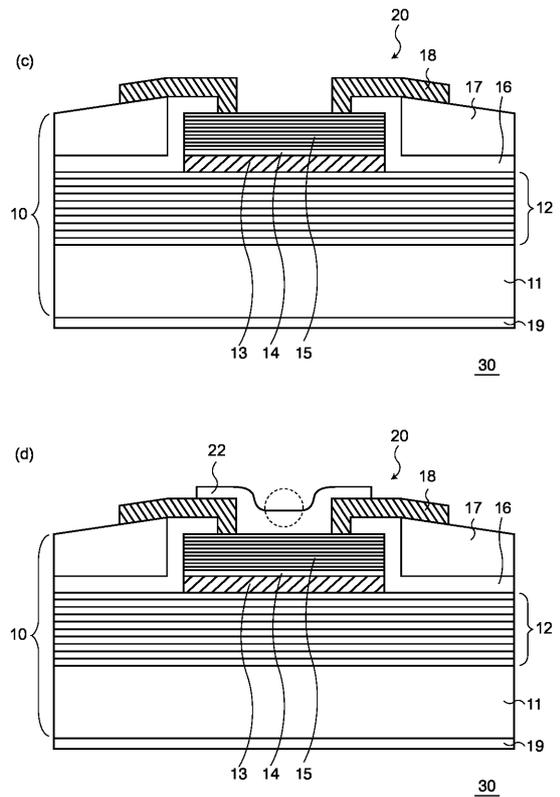
【図 2】



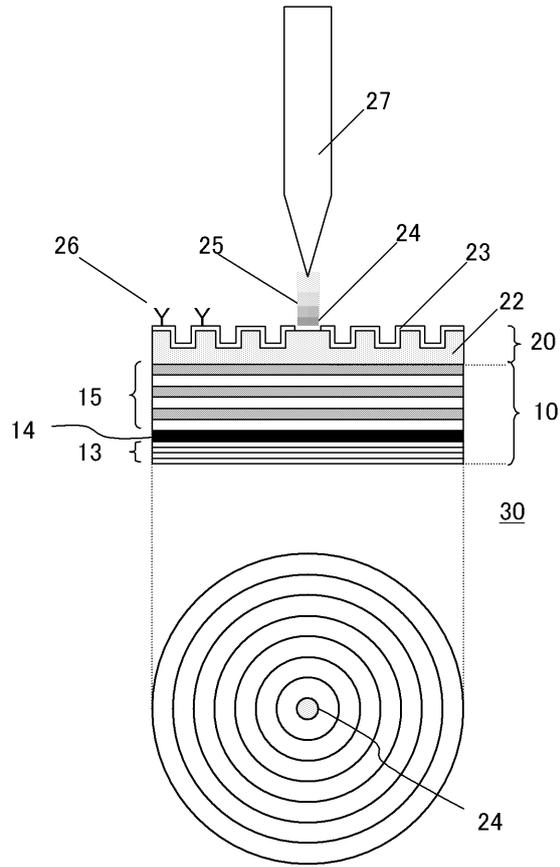
【図 3】



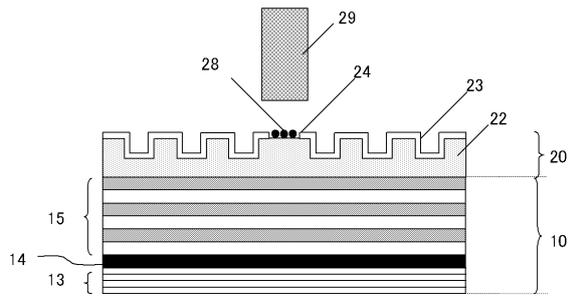
【図 4】



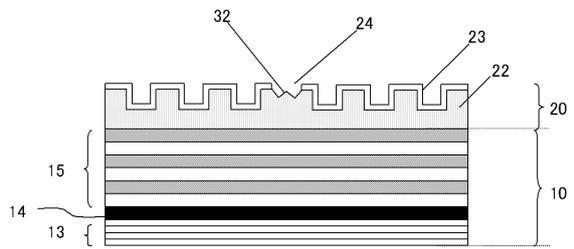
【図5】



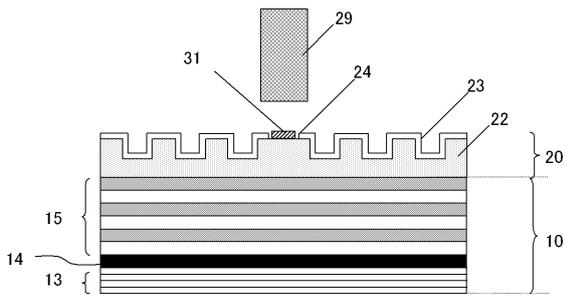
【図6】



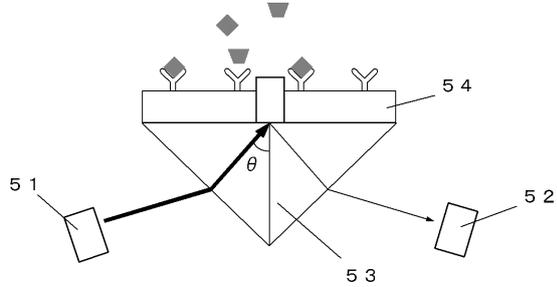
【図7】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2004-061880(JP,A)
特開2003-185569(JP,A)
特開2000-171763(JP,A)
Liu Y, Blair S, Fluorescence enhancement from an array of subwavelength metal apertures, Optics Letters, 2003年 4月 1日, Vol.28, No.7, pp.507-509
Thio T, et.al., Enhanced light transmission through a single subwavelength aperture, Optics Letters, 2001年12月15日, Vol.26, No.24, pp.1972-1974
田中健二、外8名, 微小散乱体構造による近接場開口の高出力・高分解能化, 応用物理学会学術講演会講演予稿集, 日本, 2003年 8月30日, 第64回、第3分冊, 第924頁, 1p-Q-15
石田昭人、藤井亜矢子, 金属ナノホールにおける表面プラズモン, 光学, 日本, 2004年 3月10日, 第33巻、第3号, 第177頁-第179頁

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01N 21/00-21/74
G01N 33/48-33/98
G02B 5/20
G02F 1/01
JSTPlus/JMEDPlus/JST7580(JDreamII)