

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

**特許第3706868号**  
**(P3706868)**

(45) 発行日 平成17年10月19日(2005.10.19)

(24) 登録日 平成17年8月12日(2005.8.12)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

F I

**G O 1 N 13/14**

G O 1 N 13/14

B

**G 1 2 B 21/06**

G 1 2 B 1/00

G O 1 C

請求項の数 15 (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願平10-51167	(73) 特許権者	503460323 エスアイアイ・ナノテクノロジー株式会社 千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地
(22) 出願日	平成10年3月3日(1998.3.3)	(73) 特許権者	301021533 独立行政法人産業技術総合研究所 東京都千代田区霞が関1-3-1
(65) 公開番号	特開平11-6838	(74) 代理人	100079212 弁理士 松下 義治
(43) 公開日	平成11年1月12日(1999.1.12)	(72) 発明者	平賀 隆 茨城県つくば市梅園1丁目1番4 工業技 術院電子技術総合研究所内
審査請求日	平成14年4月16日(2002.4.16)	(72) 発明者	守谷 哲郎 茨城県つくば市梅園1丁目1番4 工業技 術院電子技術総合研究所内
(31) 優先権主張番号	特願平9-106430		
(32) 優先日	平成9年4月23日(1997.4.23)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光プローブおよび光プローブ製造方法および走査型プローブ顕微鏡

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

固体表面における形状観察および物性測定を行うための近接場効果顕微鏡に使用される光プローブにおいて、

端部に光を透過する透過孔を有し光共振器を構成する光ファイバーと、

前記光ファイバーの端面側で前記光ファイバーとは別に前記光共振器の共振特性を調整する調整機構と、からなることを特徴とする光プローブ。

【請求項2】

固体表面における形状観察および物性測定を行うための近接場効果顕微鏡に使用される光プローブにおいて、

端部に光を透過する透過孔を有しファブリペロー共振器を構成する石英ロッドと、

前記石英ロッドの端面側で前記石英ロッドとは別に前記ファブリペロー共振器の共振特性を調整する調整機構と、からなることを特徴とする光プローブ。

【請求項3】

前記光を透過する透過孔が誘電体からなる微小突起であることを特徴とする請求項1または2記載の光プローブ。

【請求項4】

前記光プローブの一方の端面に2つ以上の透過孔を有することを特徴とする請求項1または2記載の光プローブ。

【請求項5】

前記光共振器または前記ファブリペロー共振器は、特定波長の光に対して高い反射率を有する波長選択膜による鏡を用いて構成されることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の光プローブ。

【請求項 6】

前記光プローブにおいて、特定の波長の光に対して共振器の Q を調整する共振特性調整機構を有することを特徴とする請求項 1 または 2 記載の光プローブ。

【請求項 7】

前記光ファイバーは、シングルモードファイバー、ステップインデックスファイバー、グレーデッドインデックスファイバ、偏波面保持ファイバーの一つを用いることを特徴とする請求項 1 記載の光プローブ。

10

【請求項 8】

前記光プローブの一方の端面に誘電体多層薄膜もしくは金属薄膜からなる反射鏡を形成し、他方の端面側に結合レンズおよび誘電体多層薄膜からなる反射鏡を設置することを特徴とする請求項 1 または 2 記載の光プローブ。

【請求項 9】

前記光プローブの一方の端面に誘電体多層薄膜もしくは金属薄膜からなる反射鏡を形成し、他方の端面側に屈折率整合用オイル等を介して誘電体多層薄膜からなる反射鏡とその外側に結合レンズを設置することを特徴とする請求項 1 または 2 記載の光プローブ。

【請求項 10】

前記共振特性調整機構は圧電素子であることを特徴とする請求項 6 記載の光プローブ。

20

【請求項 11】

前記光プローブ端面に形成された誘電体多層薄膜もしくは金属薄膜が光でこの反射ミラーとしての機能を有することを特徴とする請求項 1 または 2 記載の光プローブ。

【請求項 12】

請求項 1 または 2 に記載の光プローブを製造する光プローブ製造方法であって、  
光プローブの一端に低い屈折率を有する誘電体薄膜と、高い屈折率を有する誘電体薄膜とを交互に堆積して誘電体多層膜を形成する工程と、

前記誘電体多層膜上にエッチング用マスクを形成する工程と、

フッ素系ガスもしくは塩素系ガスもしくはフッ素系ガスと塩素系ガスの両方を含むガスもしくはこれらの混合ガスでプラズマを用いて前記誘電体多層膜をドライエッチングし前記光プローブの先端に光透過孔を作製する工程とを有する光プローブ製造方法。

30

【請求項 13】

請求項 1 または 2 に記載の光プローブを製造する光プローブ製造方法であって、  
光プローブの一端に低い屈折率を有する誘電体薄膜と、高い屈折率を有する誘電体薄膜とを交互に堆積して誘電体多層膜を形成する工程と、

前記誘電体多層膜上にエッチング用マスクを形成する工程と、

フッ素系ガスもしくは塩素系ガスもしくはフッ素系ガスと塩素系ガスの両方を含むガスもしくはこれらの混合ガスでプラズマを用いて前記誘電体多層膜をドライエッチングし前記光プローブの先端に光透過孔を作製する工程と、前記微小透過孔に誘電体物質をプラズマを用いて薄膜を形成する工程と、

40

前記形成された薄膜をエッチングし微小突起を形成する工程とを有する光プローブ製造方法。

【請求項 14】

光プローブ先端と試料との間に働く原子間力あるいはその他の相互作用を検出しその距離またはその間に働く力を一定に保ったまま試料表面を走査し、試料形状と光学情報を同時に測定する近接場効果顕微鏡において、

少なくとも前記光プローブを振動させる手段と、

前記光プローブの変位を検出する手段と、

前記光プローブと試料間の距離を一定に保つための制御手段と、

前記光プローブ終端に設定された誘電体多層膜及びレンズを微動させる制御機構を有す

50

ることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の光プローブ搭載の走査型プローブ顕微鏡。

【請求項 1 5】

請求項 1 または 2 に記載の光プローブを製造する光プローブ製造方法であって、  
光プローブの一端に低い屈折率を有する誘電体薄膜と、高い屈折率を有する誘電体薄膜  
とを交互に堆積して誘電体多層膜を形成する工程を有する光プローブ製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は被測定表面を光照射もしくは光励起することにより、固体表面のナノメートル領域における形状観察や光物性測定を行うことを目的とする近接場効果顕微鏡に使用する光プローブと光プローブの製造法およびこの光プローブを用いた走査型プローブ顕微鏡に関する。

10

【0002】

【従来の技術】

近接場効果顕微鏡用の光プローブとして、従来から、微小開口を持つプローブが用いられている。この微小開口光プローブとしては、US PAT 4604520 において、その基本的な原理が開示されている。その基本的な構造は、先端を尖鋭化した石英ロッドの先端部を除く部分に 200 ナノメートル以下の厚さの金属被覆を施し、先端部に光の波長よりも小さな開口が形成されるようにしたものである。このプローブの開口の反対側に設けられた光導入口より光を導入することで、先端の微小開口部にエバネッセント場を形成することができる。この他に、このような微小開口を有するプローブの形成方法としては、微粒子をおいたガラス面に金属膜を蒸着した後、微粒子を除去して微小開口を形成する方法が、J. Vac. Sci. Technol. B3, 386 (1985) に開示されている。

20

【0003】

また、ガラスチューブを熱で破断するまで引き延ばし、ガラス側面を金属膜をコートすることによって、細くなったガラスチューブの先端の穴を微小開口とするプローブの製造方法が、US PAT 4917462 に開示されている。さらに、光ファイバーを熱的に破断するまで引き延ばし、側面を金属コートすることによって、細くなった光ファイバーの先端部を微小開口とするプローブの製造方法について、US PAT 5272330

30

【0004】

一方、機能性プローブとして、ガラスチューブのプローブ先端に蛍光物質を詰めた機能性プローブに光を導入し、蛍光物質の蛍光を微小光源として用いる方法が、Lewis らにより Nature 354, 1991, p. 214 に開示されているが、この方法では、微小光源の波長の選択に制約があること、蛍光の消光によって、光源の光強度が徐々に減少するなどの問題がある。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

上記の微小開口光プローブにおいて問題となるのは、微小開口におけるエバネッセント場の強度が、入射光の強度に対して、 $1/10000$  から  $1/1000000$  と大きく減少してしまう点である。このことが高い S/N 比での試料の観測や速いスキャンでの加工・書き込みを妨げている。

40

【0006】

【課題を解決するための手段】

この発明は、上記の課題を解決するために、微小開口を有する光プローブを光共振器もしくはその一部とすることにより光プローブ内の光強度を増強して、微小開口部に形成されるエバネッセント場の強度を従来法に比較して増強することを特徴とする光プローブを提供する。

【0007】

50

**【発明の実施例の形態】**

本発明は、直径50ナノメートルから200ナノメートル程度の微小開口を有する光ファイバーそのものを光共振器として構成し、これに外部から光を入射することにより光ファイバー内の光電場を光共振器を形成しない場合よりも強くすることにより微小開口から放射されるエバネッセント波の強度を増大させることを特徴としている。

**【0008】**

光共振器の構成の具体例としては、微小開口を設置する側の端面に反射率95%以上、好ましくは99%以上の誘電体多層膜もしくは金属薄膜を被覆した上で微小開口を設置し、長さ数cmのファイバーの他方の端面を光学研磨により面精度を $\lambda/20$ 以下、平行度1

以下に加工した上で反射率85-90%の誘電体多層膜を被覆し、この面から顕微鏡用の対物レンズ等を光結合器としてレーザー光を入射する。光ファイバー内に閉じこめられた光は両端にある

**【0009】**

以下に本発明の実施例について図面を参照して説明する。

図1は本発明の第一実施例を示す光プローブの構成を表した図である。光プローブは、光を伝搬するコア層2と屈折率の異なるクラッド層1によって構成されるSiO<sub>2</sub>ファイバー3からなり、その一方の端面にMgF<sub>2</sub>/ZrO<sub>2</sub>よりなる誘電体多層膜5と微小透過孔33を形成している。もう一方の端面側には結合レンズ19とその内側に誘電体多層薄膜10が配置されており、この誘電体多層薄膜10は共振器長/平行度調整機構11により矢印で示した方向に移動可能であり、共振器の長さや平行度の調整が可能である。この調整により共振器のQ値を高めることができる。共振器長/平行度調整機構11は圧電素子で構成され、印加電圧の制御により、誘電体多層薄膜10の移動量を定める。ここで、SiO<sub>2</sub>ファイバー3としてはシングルモードファイバー、ステップインデックスファイバー、グレーデッドインデックスファイバー、偏波面保持ファイバー等を用いることが可能である。

**【0010】**

また結合レンズ19は誘電体多層薄膜10と光ファイバーの内部に置くことも外部に置くことも可能である。また結合レンズとしては顕微鏡用の対物レンズを用いることや対物レンズを屈折率整合用オイル等を介して用いることも可能である。光共振器の長さ調節機構により光プローブから出射する光にモジュレーションをかけることが可能である。上記のような光プローブの構成によれば光プローブ内に入射された光が光共振器により増幅され、光プローブ先端から取り出すエバネッセント光の強度を増幅することができるため、短い時間での測定ができ、メモリーなどの書き込みにおいては高速のスキャンが行える。

**【0011】**

図2は本発明の第二実施例を示す光プローブの構成を示したものである。微小透過孔33の代わりにSiO<sub>2</sub>からなる微小突起9を有しており、凹凸の大きな試料表面を観測するために有利である。光プローブの先端部の形状が異なること以外に発明の効果および作用は第一実施例に示したものと変わらないので説明を省く。

**【0012】**

図3は本発明の第三実施例を示す光プローブの構成を示したものである。

光プローブの材料として長さ100 $\mu$ m程度の石英ロッドを用いており、プローブサイズを小さくすることができるため、カンチレバー同様のプローブチップとして使用することができる。また誘電体多層薄膜10を光てこ用の反射ミラーとして利用することができる。光プローブの材料が異なること以外に発明の効果および作用は第一実施例に示したものと変わらないので説明を省く。

**【0013】**

図4は本発明の第四実施例を示す光プローブの構成を示したものである。

光プローブ先端にSiO<sub>2</sub>よりなる複数の微小突起9を有している。突起間の距離にある原子または分子の間に生じる励起エネルギー移動等を観測するのに有利である。本実施例では

10

20

30

40

50

、 $3 \times 3$ からなる9つの微小突起を有する例を示したが、突起の数はこれに限定されるものではない。光プローブの先端部の形状が異なること以外に発明の効果および作用は第一実施例に示したものと変わることはないので説明を省く。

#### 【0014】

図5は本発明の光プローブの作製工程を表したものである。まず、端面を鏡面研磨した長さ20cm程度のシングルモード光ファイバーとして $\text{SiO}_2$ 光ファイバー3と薄膜の原料である $\text{MgF}_2$ および $\text{ZrO}_2$ 、また金属マスク材料であるCrを真空蒸着装置内に設置し、 $10^{-5}$ Pa程度の圧力になるまで真空排気する。その後、電子ビーム溶融法もしくは抵抗加熱法等の手段により原料の1つである $\text{ZrO}_2$ を蒸発させる。 $\text{ZrO}_2$ の屈折率2.05と膜厚との積が使用する光源の波長の1/4である200nmとなるよう $\text{ZrO}_2$ 層6を膜厚97.56nmまで堆積する。この時、真空装置内に酸素ガスを $10^{-5}$ Torr程度導入して、薄膜の化学量論的組成が $\text{ZrO}_2$ からずれないようにする。次に、 $\text{ZrO}_2$ の場合と同様に $\text{MgF}_2$ を蒸発させ、 $\text{MgF}_2$ の屈折率1.38と膜厚との積が使用する光源の波長の1/4である200nmとなるよう $\text{MgF}_2$ 層7を膜厚144.93nmまで堆積する。図5(A)はこの操作を繰り返し、 $\text{ZrO}_2$ 層6と $\text{MgF}_2$ 層7を交互に11層堆積した光ファイバーを示している。

10

#### 【0015】

その後、 $\text{MgF}_2 / \text{ZrO}_2$ 層5(誘電体多層膜)をドライエッチングするためのマスクとしてCr層4を1 $\mu\text{m}$ 程度の膜厚に堆積した後、真空装置から取り出し、フォトレジスト8をスピナー等で1 $\mu\text{m}$ 程度の膜厚に塗布する。ここでCrのかわりにTiN、TiWなどを用いることもできる。図5(B)はこれらの膜を累積した状態を示したものである。

20

#### 【0016】

図5(C)に示すような直径500nmの穴17が開いたパターンのフォトマスク18をイオンビームにより穿孔することにより作製する。フォトレジスト8まで塗布した図5(B)の光ファイバーにこれを縮小投影露光(1/5)して、ドライエッチング機構とCVD機構を兼ね備えた真空装置内に設置する。図5(D)はフォトレジスト8が図5(C)のパターンに加工された状態を表したものである。次に $\text{Cl}_2$ 等の反応性ガスを用いてCr層4(金属マスク層)をエッチングし誘電体多層膜5( $\text{MgF}_2 / \text{ZrO}_2$ 層)のエッチング用マスクを形成する。

次に、 $\text{Cl}_2$ 等の反応性ガスを用いて $\text{ZrO}_2$ 層をエッチングし、次に $\text{CF}_4$ 等の反応性ガスを用いて $\text{MgF}_2$ 層をエッチングする。次に再び $\text{Cl}_2$ 等の反応性ガスを用いて $\text{ZrO}_2$ 層をエッチングする。

30

#### 【0017】

図5(E)はこのように交互にエッチングを繰り返して直径100nmの孔33を穿孔した図を示している。

ファイバーの端面に誘電体多層薄膜からなる反射率85-90%程度の薄膜を形成するための製造方法として、 $\text{MgF}_2$ 、 $\text{SiO}_2$ 等の低い屈折率を有する誘電体薄膜と、 $\text{ZrO}_2$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{TaO}_4$ 等の高い屈折率を有する誘電体薄膜とを交互堆積するために、 $\text{C}_2\text{F}_6$ 等のフッ素系ガスもしくは $\text{Cl}_2$ 等の塩素系ガスもしくは $\text{ClF}_3$ 等の両方を含むガスもしくはこれらの混合ガスを真空容器中に導入し、該真空容器内に設置された電極に高周波高電圧を印加することにより発生されるプラズマを用いるドライエッチング法および半導体製造工程で用いられているフォトレジストおよび縮小投影露光法を用いたマスク形成法とを組み合わせることが可能である。

40

#### 【0018】

これらに用いられる誘電体物質、エッチングガス、電極の形状・種類、高周波の周波数、フォトレジストの種類等は既知の全てのものを採用することが可能であり、記述されたものには限定されない。

微小透過孔を有する光プローブを作製する場合にはここまでの工程であるが、本発明の第二実施例である微小突起9を有する光プローブを作製する場合にはさらに次の工程に進む。

#### 【0019】

50

微小突起 9 を作製するためにまず CVD 機構により  $\text{SiH}_4$  および酸素等のガスを用いて  $\text{SiO}_2$  層 34 を直径 100 nm の孔の中に堆積する。図 5 ( F ) は光プローブ表面を  $\text{SiO}_2$  層 34 が覆った状態を表している。

その後、真空装置より取り出し、硝酸をベースとした剥離液により金属マスクを除去することにより図 5 ( G ) に示すような微小突起を作製することができる。

#### 【 0 0 2 0 】

図 6 は本発明の第三実施例に示した光プローブの製作工程を示したものである。光プローブ材料に石英ロッドを用いる。直径 20  $\mu\text{m}$  の石英ロッド 21 の端面を鏡面研磨するために、厚さ 100  $\mu\text{m}$  の 30 mm 角のステンレス製治具 20 の中央に直径 20  $\mu\text{m}$  の孔を穿け、直径 20  $\mu\text{m}$ 、長さ 200  $\mu\text{m}$  の石英ロッド 21 を接着剤で固定し ( 図 6 ( A ) ) 機械研磨により鏡面研磨する ( 図 6 ( B ) ) 。

10

#### 【 0 0 2 1 】

作製された石英ロッド 21 は第一実施例の製造工程と同様にして誘電体多層膜 5 (  $\text{MgF}_2$  /  $\text{ZrO}_2$  層 ) および微小透過孔 33 を製作しファブリペロー共振器型の光プローブを作製する。さらに微小突起 9 を作製する工程を行うと、図 3 に示した第三実施例の光プローブとなる。作製された光プローブは図 7 ( A ) ( 正面図 )、図 7 ( B ) ( 側面図 ) に示すような長さ数 mm、幅 50  $\mu\text{m}$ 、高さ 50  $\mu\text{m}$  のホルダー 22 の穴の部分に接着剤等で固定する。ホルダー 22 の固定端 35 で保持されることにより、カンチレバー同様にプローブチップとして用いることができる。すなわち光てこ用光源 30 からの光を図 7 ( A ) に示す方向から入射し光プローブ終端の誘電体多層膜 10 を反射ミラーとして利用することにより光てことして機能する。

20

#### 【 0 0 2 2 】

本発明の第四実施例である光プローブは実施例 1 および 2 と同様の工程で作製される。フォトマスクに  $3 \times 3$  からなる 9 つの穴が開いたパターンを用いること以外に変わることはない。

図 8 は本実施例で作製した光プローブの評価に使用した短パルス光応答特性評価装置の光学系を示したものである。光源 12 として、チタンサファイアレーザーの基本波の 800 nm、パルス幅 40 fs を用いた。光源 12 から出た光のパルス幅とスペクトル幅を ( 相関器 A / 分光器 A ) 13 により測定し、40 fs および 24 nm というフーリエ変換限界パルスであることを確認した。この光パルスを 4 個のプリュースタープリズムから構成される分散制御器 16 を通過させることにより負の群速度分散を与え、パルス幅とスペクトル幅を ( 相関器 B / 分光器 B ) 14 により測定して 69 fs および 7 nm を得た。

30

#### 【 0 0 2 3 】

次に本発明の第一実施例により作製した光プローブ 28 を通過させてパルス幅とスペクトル幅を ( 相関器 C / 分光器 C ) 15 により測定し、パルス幅の最小値として 43 fs およびスペクトル幅の最大値として 22 nm を得た。この値は ( 相関器 A / 分光器 A ) 13 で測定された値と同様にフーリエ変換限界パルスであることを示しており、光プローブ 28 による正の分散が分散制御器 16 により補償されていることを示している。尚この時、 piezo 素子を用いた結合定数可変機構 32 により平凸レンズ 31 の位置を微動させて光プローブとの距離を調整しており、平凸レンズ 31 と光プローブ 28 の距離が 40 nm の時にフーリエ変換限界パルスが得られている。この距離を大きくするとエバネッセント光を介した光結合が弱くなり、光プローブにおける正の群速度分散が大きくなるために、プリズムによる分散制御器では補償することが不可能となりフーリエ変換限界パルスとならずにパルス幅が広がってしまう。4 個のプリュースタープリズムによる分散制御器 16 の代わりに回折格子対による分散制御器も同等の機能を有する。

40

#### 【 0 0 2 4 】

本発明の第三実施例により作製した光ファイバプローブを通過させてパルス幅とスペクトル幅を ( 相関器 C / 分光器 C ) 15 により測定し、パルス幅の最小値として 41 fs およびスペクトル幅の最大値として 23 nm を得た。この値は ( 相関器 A および分光器 A ) 13 で測定された値と同様にフーリエ変換限界パルスであることを示しており、光プローブに

50

よる正の分散が分散制御器により補償されていることを示している。本プローブについても第一実施例1と同様に種々の評価を行った結果、実施例1と同様の結果が得られている。

#### 【0025】

本発明の第四実施例の光プローブの短パルス光の通過特性評価実験においても、実施例1および2と同様の結果が得られた。又、本光プローブを実施例1および2と同様に走査型プローブ顕微鏡装置に取り付けて種々の観察・計測を行った結果、発光分光測定では発光強度が実施例1の場合と比較して約9倍になると共に、発光強度の時間依存プロファイルは実施例1の場合と比較すると減衰時間が長くなった。このことは近接した複数箇所の同時励起により励起状態の移動過程が抑制されたことを示している。

10

#### 【0026】

図9は本発明の光プローブを走査型プローブ顕微鏡に取り付けた構成の一例を示している。プローブと試料間に働く力を検出しその距離または力が一定になるように制御するAFMの動作機構が基本構成であり、プローブとしてカンチレバーのかわりに本発明の光プローブを用いてもその部分に変更なく使用することができる。光てこ30は光プローブ終端に作製した誘電体多層膜10を反射ミラーとして使用できる。光学特性測定用光源26からの光を光プローブに入射すれば共振器として増幅されたエバネッセント場を作り出すことができ、S/Nのよい測定ができる。また光学特性測定光検出手段27と光学特性測定用光源26との配置を逆にして試料側からの光を光プローブで取り出すという使用方法も可能である。試料からの蛍光を測定する場合には、その時、光プローブ28に作製された誘電体多層膜10は励起光をカットし蛍光を透過する波長選択フィルターとして機能する。

20

#### 【0027】

観察・計測を行った結果を以下に示す。まず、観測への適用実験としてガラスの上に厚さ20nmのCr薄膜を1 $\mu$ m角の交互にエッチングしたチェック上のパターンを観察した。結果、100nm程度で光学分解能を持つイメージを観察することができた。特に、本発明のプローブでは、光強度が強いため、光信号のS/N比が高いイメージを得ることができた。

#### 【0028】

次に、分光測定への適用実験として、本発明で製作した光プローブによって、PMMAにDODCI(3,3'-diethyloxadicarbocyanine)を混合したものを蒸着し、加熱圧縮した試料について、Nd:YAGレーザーの532nmの波長の励起光によって、発光スペクトルおよび発光強度の時間依存プロファイルの測定を行った。結果、希薄DODCI試料に対して、高濃度のDODCIを含む試料では、発光ピーク波長が長波長側にシフトするとともに、蛍光寿命が短くなることが確認できた。

30

#### 【0029】

さらに、上述の方法で製作した波長400nm用の光プローブを用い、固体表面の発光分光測定に適用した。試料は、PMMAとローダミン6Gをアセトンに溶解しスピンコートにより薄膜作製したのを用い、光源としては、上述のチタンサファイアレーザーを用いた。この結果、明瞭な発光スペクトルおよび発光強度の時間依存プロファイルの測定結果を得ることが可能であった。

40

#### 【0030】

##### 【発明の効果】

以上説明したように、本発明による光プローブと光プローブの製造法によれば、従来の光近接場効果を利用した光プローブで、微小開口におけるエバネッセント場の強度が、入射光に対して、大きく減衰してしまったのに対して、微小開口を有する光プローブを光共振器もしくはその一部とすることにより光プローブ内の光強度を増強して、微小開口部に形成されるエバネッセント場の強度を増強する光プローブを提供することが可能になり、S/N比の高い走査型プローブ顕微鏡観察を行うことが可能になった。これによって、蛍光像観察、微小領域のラマン分光、時間分解分光における応用範囲を大きく広げることがで

50

きる。またメモリーへの応用では書き込み速度を向上することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の光プローブの第一実施例の構成図である。

【図 2】本発明の光プローブの第二実施例の構成図である。

【図 3】本発明の光プローブの第三実施例の構成図である。

【図 4】本発明の光プローブの第四実施例の構成図である。

【図 5】本発明の光プローブの作製工程図である。

【図 6】本発明の光プローブの製作工程図である。

【図 7】本発明の光プローブを用いたカンチレバーの構成図である。

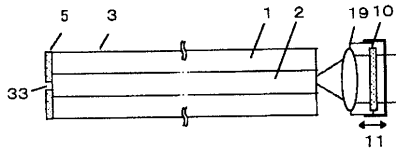
【図 8】本発明の光ファイバプローブの短パルス光応答特性評価の光学系の模式図である。 10

【図 9】本発明の光プローブを用いた走査型プローブ顕微鏡の構成図である。

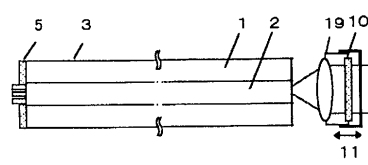
【符号の説明】

1	クラッド層	
2	コア層	
3	SiO <sub>2</sub> ファイバー	
4	Crマスク	
5	誘電体多層膜	
6	ZrO <sub>2</sub> 層	
7	MgF <sub>2</sub> 層	20
8	フォトレジスト	
9	微小突起	
10	誘電体多層鏡	
11	共振器長 / 平行度調整機構	
12	光源	
13	相関器A / 分光器A	
14	相関器B / 分光器B	
15	相関器C / 分光器C	
16	分散制御器	
17	穴	30
18	フォトマスク	
19	レンズ	
20	ステンレス製治具	
21	石英ロッド	
22	ホルダー	
23	測定試料	
24	X Y Z 移動機構	
25	制御手段	
26	光学特性測定用光源	
27	光学特性測定光検出手段	40
28	光プローブ	
29	バイモルフ	
30	光てこ用光源	
31	平凸レンズ	
32	結合定数可変機構	
33	微小透過孔	
34	SiO <sub>2</sub> 層	
35	固定端	

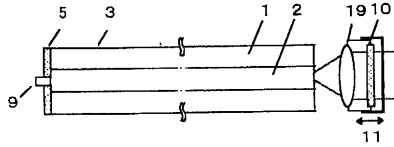
【 図 1 】



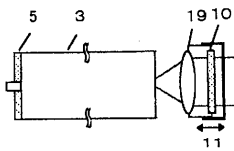
【 図 4 】



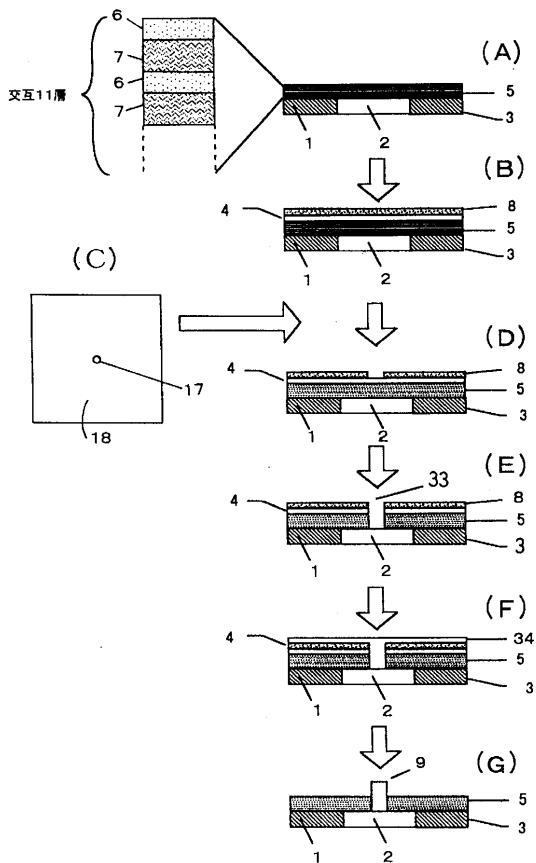
【 図 2 】



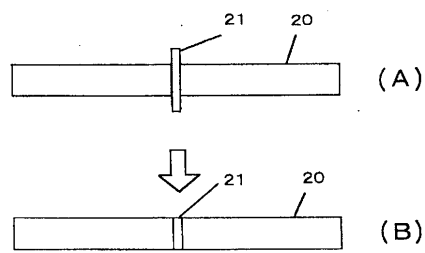
【 図 3 】



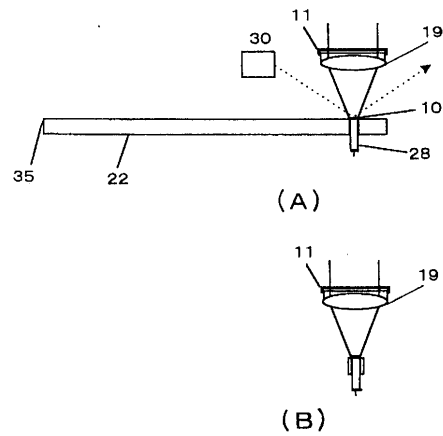
【 図 5 】



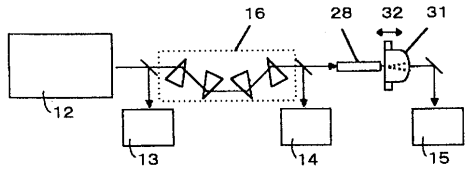
【 図 6 】



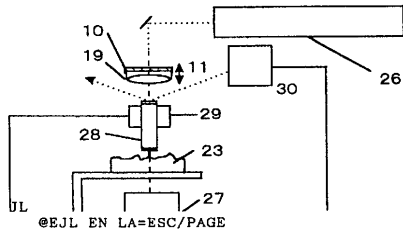
【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】



## フロントページの続き

- (72)発明者 三戸 章裕  
茨城県つくば市梅園1丁目1番4 工業技術院計量研究所内
- (72)発明者 藤平 正道  
神奈川県川崎市麻生区下麻生1103-5
- (72)発明者 村松 宏  
千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 セイコーインスツルメンツ株式会社内
- (72)発明者 山本 典孝  
千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 セイコーインスツルメンツ株式会社内

審査官 遠藤 孝徳

- (56)参考文献 特開平3-278014(JP,A)  
特開平6-281414(JP,A)  
特開平7-12826(JP,A)  
欧州特許出願公開第762566(EP,A1)  
特開平5-203879(JP,A)  
特開平7-174770(JP,A)  
特開平7-261039(JP,A)  
特開平7-260459(JP,A)  
Shudong JIANG, Ken'ichi NAKAGAWA and Motoichi OHTSU, "Reflection-Resonance-Type Photon Scanning Tunneling Microscope", Japanese Journal of Applied Physics, 日本, 1994年1月1日, 第33巻、Part 2、第1A号, p. L55 - L58

- (58)調査した分野(Int.Cl.<sup>7</sup>, DB名)  
G01N 13/10 - 13/24  
G12B 21/00 - 21/24  
JICSTファイル(JOIS)