(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3805418号
(P3805418)
(45)発行日　平成18年8月2日(2006.8.2)　(24)登録日　平成18年5月19日(2006.5.19)

(51)Int.Cl.　F I
G01N 13/16 (2006.01)　G01N 13/16 C
G12B 21/08 (2006.01)　G12B 1/00 601D

請求項の数 3　(全 9 頁)

(21)出願番号　特願平7-350044
(22)出願日　平成7年12月25日(1995.12.25)
(65)公開番号　特開平9-178763
(43)公開日　平成9年7月11日(1997.7.11)
審査請求日　平成14年12月2日(2002.12.2)

(73)特許権者　000000376
オリンパス株式会社
東京都渋谷区幡ヶ谷２丁目４３番２号
(74)代理人　100087273
弁理士　最上　健治
(72)発明者　高山　美知雄
東京都渋谷区幡ケ谷２丁目４３番２号　オリンパス光学工業株式会社内

審査官　野田　洋平

最終頁に続く

(54)【発明の名称】ＡＦＭカンチレバー

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

支持部より伸びた窒化シリコン膜製カンチレバーの自由端近傍に、シリコン製探針部が配設され、該シリコン製探針部の少なくとも下部側面は前記カンチレバーを形成する窒化シリコン膜と一体的に形成されている窒化シリコン膜によって覆われるように構成されているＡＦＭカンチレバーにおいて、前記カンチレバーを形成する窒化シリコン膜によって覆われている前記シリコン製探針部の下部側面には、くびれ部が形成されていることを特徴とするＡＦＭカンチレバー。

【請求項２】

前記シリコン製探針部は、その先端部が外側に拡がった形状を有し、該先端部を形成するシリコンが露出するように構成されていることを特徴とする請求項１記載のＡＦＭカンチレバー。

【請求項３】

前記シリコン製探針部は、その先端部が錐体状に尖った形状を有していることを特徴とする請求項１記載のＡＦＭカンチレバー。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】

この発明は、原子間力顕微鏡（ＡＦＭ； Atomic Force Microscope）に用いるＡＦＭカンチレバーに関する。

【０００２】
【従来の技術】
従来、導電性試料を原子サイズオーダーの分解能で観察できる装置として走査トンネル顕微鏡（ＳＴＭ； Scanning Tunneling Microscope）がBinning とRohrerらにより発明されてから、原子オーダーの表面凹凸を観察できる顕微鏡として各方面での利用が進んでいる。しかしＳＴＭでは、観察できる試料は導電性のものに限られている。
【０００３】
そこで、ＳＴＭにおけるサーボ技術を始めとする要素技術を利用しながら、ＳＴＭでは測定し難かった絶縁性の試料を原子サイズオーダーの精度で観察することのできる顕微鏡として、原子間力顕微鏡（ＡＦＭ）が提案された。このＡＦＭは、例えば特開昭６２－１３０３０２号（ＩＢＭ、Ｇ．ビニッヒ、サンプル表面の像を形成する方法及び装置）に開示されている。
【０００４】
ＡＦＭの構造はＳＴＭに類似しており、走査型プローブ顕微鏡の一つとして位置づけられる。ＡＦＭでは、自由端に鋭い突起部分（探針部）を持つ片持ち梁（カンチレバー）を、試料に対向して近接させ、探針部の先端の原子と試料原子との間に働く相互作用力により変位する片持ち梁の動きを、電気的あるいは光学的にとらえて測定しつつ、試料をＸＹ方向に走査し、片持ち梁の探針部との位置関係を相対的に変化させることによって、試料の凹凸情報などを原子サイズオーダーで三次元的にとらえることができるようになっている。
【０００５】
このような構成のＡＦＭ等の走査型プローブ顕微鏡用のカンチレバーチップとしては、Ｔ．Ｒ．Ａlbrecht らが半導体ＩＣ製造プロセスを応用して作製することのできる酸化シリコン膜製のカンチレバーを提案して以来〔 Thomas R. Albrecht and Calvin F. Quate : Atomic resolution imaging of a nonconductor Atomforce Microscopy J. Appl. Phy. 62(1987)2599 〕、ミクロンオーダーの高精度で優れた再現性をもって作製することが可能になっている。また、このようなカンチレバーチップは、バッチプロセスによって作製することができ、低コスト化が実現されている。したがって、現在では、半導体ＩＣ製造プロセスを応用して作製されるカンチレバーチップが主流となっている。
【０００６】
一方、近年半導体集積回路をより集積化するため、シリコン基板にトレンチホールを形成し、その内部にキャパシタやトランジスタを形成する試みがなされている。その際、トレンチホール形状やその側壁表面の荒れが、前記キャパシタあるいはトランジスタの特性を左右することから、トレンチホール形成後、その形状や表面荒れを簡便に評価する手法が望まれている。そして、このような評価をＡＦＭによって行うために有効な探針の形成方法を、トマス．バイエルらが提案している（特開平３－１０４１３６号、ＩＢＭ、トマス．バイエル他、超微細シリコン．テイップを形成する方法）。
【０００７】
次に、この探針の形成方法を図７を参照しながら説明する。まず図７の（Ａ）に示すように、スタート基板として酸化シリコン膜702 を表面に形成したシリコン基板701 を用い、探針を形成するための一般に円形のパターンを酸化シリコン膜702 に転写し、この酸化シリコン膜702 をマスクとしてシリコン基板701 を異方性ＲＩＥ処理することにより、柱状突起軸703 を形成する。次に図７の（Ｂ）に示すように、前記柱状突起軸703 の側壁を浅く等方性エッチング処理することにより、突起軸径を小さくすると共に、突起軸下部に円錐形の基部703aを形成し、突起軸703 の機械的安定性を向上させる。次に図７の（Ｃ）に示すように、異方性湿式エッチングを施すことにより、酸化シリコン膜702 からなるマスクの真下に負の断面形状を形成する。最後に酸化シリコン膜702 からなるマスクを除去することにより、図７の（Ｄ）に示すように、先端が外側に拡がった形状の探針704 が形成される。
【０００８】

このように先端が外側に拡がった形状の探針を用いることにより、負の勾配角をもつトレンチホール形状や、その側壁荒れが測定可能となる。

【０００９】

【発明が解決しようとする課題】

前述したトマス．バイエルらが提案したカンチレバーは、前記作製方法からわかるように、探針及びレバー共にシリコン製である。試料側壁のＡＦＭ測定においては、探針を試料側壁に接触させて測定する方式がとられるため、レバー特性としては柔らかい方が測定感度を高くすることができる。しかし、シリコン製のカンチレバーにおいては、レバー膜厚を１μｍ以下に薄く安定して作製することは極めて困難であり、レバー特性を柔らかくすることは難しいので、測定感度が低下してしまう。またシリコン製の探針は、接触式の測定では磨耗が激しいため、測定再現性がとれないという問題点もある。更にまた、探針が静電気等により帯電するために、測定再現性がとれないという問題点もある。

【００１０】

本発明は、従来のＡＦＭカンチレバーにおける上記問題点を解消するためになされたもので、請求項１記載の発明は、測定分解能が高いと共に、強度の高いＡＦＭカンチレバーを提供することを目的とする。請求項２記載の発明は、強度が高いと共にトレンチホール側壁評価に適した側壁観察感度を向上させたＡＦＭカンチレバーを提供することを目的とする。請求項３記載の発明は、通常のＡＦＭ測定に多用される形状の探針部をもつＡＦＭカンチレバーにおいて、強度が高いと共に測定分解能を向上させたものを提供することを目的とする。

【００１１】

【課題を解決するための手段】

上記問題点を解決するため、請求項１記載の発明は、支持部より伸びた窒化シリコン膜製カンチレバーの自由端近傍に、シリコン製探針部が配設され、該シリコン製探針部の少なくとも下部側面は前記カンチレバーを形成する窒化シリコン膜と一体的に形成されている窒化シリコン膜によって覆われるように構成されているＡＦＭカンチレバーにおいて、前記カンチレバーを形成する窒化シリコン膜によって覆われている前記シリコン製探針部の下部側面には、くびれ部が形成されるようにＡＦＭカンチレバーを構成するものである。このように構成することにより、カンチレバーを薄い窒化シリコン膜で容易に構成することができるため、測定分解能を向上させることができると共に、探針部がカンチレバーから抜けることがなくなり、強度を大にすることができる。

【００１２】

請求項２記載の発明は、請求項１記載のＡＦＭカンチレバーにおいて、前記シリコン製探針部は、その先端部が外側に拡がった形状を有し、該先端部を形成するシリコンが露出するように構成するものである。このように構成することにより、強度を保ちながらトレンチホール等の側壁観察感度を向上させることが可能となる。請求項３記載の発明は、請求項１記載のＡＦＭカンチレバーにおいて、探針部が錐体状に尖った形状を有するように構成するものである。このように構成することにより、通常のＡＦＭ測定に多用される形状の探針部をもつＡＦＭカンチレバーにも請求項１記載の発明の構成を適用して、強度を保ちながら測定分解能を向上させることができる。

【００１３】

【発明の実施の形態】

〔第１の実施の形態〕

次に、発明の実施の形態について説明する。図１は本発明に係るＡＦＭカンチレバーの第１の実施の形態の構成を説明する図で、図１の（Ａ）はその横断面図、図１の（Ｂ）はその斜視図である。この発明の実施の形態におけるＡＦＭカンチレバー100 は、単結晶シリコンからなる探針部101 と、窒化シリコン膜からなるカンチレバー102 と、単結晶シリコンからなる支持部103 とで構成され、探針部101 はカンチレバー102 の自由端近傍に配設されていて、その先端は外側に拡がっており、下部側面は前記カンチレバー102 を形成する窒化シリコン膜104 で覆われている。なお、図において105 はカンチレバー102 と支

持部103 との間に介在している酸化シリコン膜である。なお、探針部101 の下部側面をカンチレバー102 を形成する窒化シリコン膜104 で覆っているのは、探針部101 のカンチレバー102 への取付けを強固にするためである。

【００１４】

次に、このように構成された第１の実施の形態のＡＦＭカンチレバーの製法を、図２の（Ａ）～（Ｅ）の製造工程断面図を用いて説明する。まず図２の（Ａ）に示すように、本カンチレバーを作製するため、スタート基板として２枚の（100 ）シリコン基板を酸化シリコン膜を介して貼り合わせた基板、すなわち貼り合わせＳＯＩ（ Silicon On Insulator ）基板211 を用意する。貼り合わせたこの２枚の基板の厚さは、一方が例えば15μｍであり、これは探針部を形成する基板として使用される。そして他方は例えば500 μｍであり、これは支持部の形成に使用される。また、中間の酸化シリコン膜の厚さは例えば１μｍである。そして、上記ＳＯＩ基板211 の表面に酸化シリコン膜を例えば１μｍ形成した後、通常のリソグラフィ工程により基板表面の探針部を形成すべき所定の場所に、探針部形成用酸化シリコン膜マスクパターン212 を、基板裏面には支持部を形成するためのマスクパターン213 を形成する。

【００１５】

次に図２の（Ｂ）に示すように、前記酸化シリコン膜マスクパターン212 をマスクとして、中間層の酸化シリコン膜が露出するまでＳＯＩ基板211 の表面をエッチング処理することにより、探針部201 を形成する。このときエッチング条件を適当に選ぶことにより、探針部先端が外側に拡がるようにする。

【００１６】

次に図２の（Ｃ）に示すように、前記酸化シリコン膜マスクパターン212 を剥離した後、カンチレバーを形成するための窒化シリコン膜214 を全面に形成する。この窒化シリコン膜214 は、通常半導体素子に多用されるシリコンと窒素の組成が３：４のものよりも、シリコン含有量を高めたものを用いる。これにより、熱膨張係数がシリコンに近づくため、基板シリコンを剥離してカンチレバーを形成する際、カンチレバーが反るのを防ぐことができる。次に前記窒化シリコン膜214 をカンチレバー形状に加工する際のマスクとなるフォトレジスト215 を形成するが、このとき探針部201 の先端が露出するようにフォトレジスト215 の膜厚を選択する。

【００１７】

次に、前記フォトレジスト215 をマスクとして前記窒化シリコン膜214 をエッチング処理することにより、カンチレバーパターン形状に加工すると共に、探針部先端のシリコンを露出させる。次に図２の（Ｄ）に示すように、熱酸化処理を施すことにより、前記シリコンの露出した探針部の先端に、酸化シリコン膜216 を形成する。これにより探針部201 の先端部エッジが鋭くなり、測定分解能が向上すると共に、基板をエッチング処理してカンチレバーを形成する際に探針部を保護することが可能となる。次に図２の（Ｅ）に示すように、基板裏面からエッチング処理し、最後にフッカ水素酸水溶液で酸化膜をエッチング除去することにより、下部側面が窒化シリコン膜206 で覆われた探針部201 とカンチレバー202 と支持部203 とからなる図１に示した第１の実施の形態と同様の構成のＡＦＭカンチレバーが完成する。なお、205 は酸化シリコン膜である。

【００１８】

上記第１の実施の形態のＡＦＭカンチレバーにおいて、探針部とカンチレバーとは、探針部の下部側面をカンチレバーを形成する窒化シリコン膜で覆うかたちで固定されている。この構成の場合、使用中に探針部がカンチレバーから抜け落ちてしまう可能性がある。そこで、探針部の下部側面にくびれ部を形成する構成とすることにより、カンチレバーから探針部が使用中抜け落ちるようなことがなくなり、使用強度を高めることが可能となる。

【００１９】

次に、探針部の下部側面にくびれ部を形成したＡＦＭカンチレバーの製造方法の例を、図３の（Ａ）～（Ｃ）に基づいて説明する。まず図２の（Ｂ）に示したと同様の製法によ

り、探針部301 となるシリコン突起を形成した後、図３の（Ａ）に示すように、探針部301 に探針部301 の上部の大半が隠れ、探針部301 の基端部が露出するようなレジストパターン317 を形成する。このレジストパターン317 をマスクとして探針部301 に等方性のシリコンエッチングを施すことにより、図３の（Ｂ）に示すように探針部下部側面にくびれ部318 を形成することができる。その後、図３の（Ｃ）に示すように、カンチレバーを形成するための窒化シリコン膜314 を全面に形成し、くびれ部318 にも埋め込む。これにより、探針部301 がカンチレバーにしっかりと固定されたＡＦＭカンチレバーが得られる。

【００２０】

〔第２の実施の形態〕

次に、本発明に係るＡＦＭカンチレバーの第２の実施の形態について、図４を用いて説明する。この実施の形態は図４に示すように、探針部401 の先端のシリコンを露出させず、カンチレバー402 を形成している窒化シリコン膜404 で探針部全体を覆うように形成しているもので、この点で第１の実施の形態と構成を異にするものである。なお図４において、403 は支持部、405 は酸化シリコン膜である。

【００２１】

このように構成することにより、シリコンよりも硬質な窒化シリコン膜で、試料面と接する探針部先端が覆われているため、探針部の磨耗が少なく、再現性の良い測定が行えるＡＦＭカンチレバーが得られる。

【００２２】

〔第３の実施の形態〕

次に、本発明に係るＡＦＭカンチレバーの第３の実施の形態について、図５を用いて説明する。この実施の形態のＡＦＭカンチレバーは、前述した第１の実施の形態と同様の構成のＡＦＭカンチレバーにおいて、探針部501 の表面に、更にSi_3N_4 膜、ＤＬＣ（ダイアモンドライクカーボン）膜、ＳｉＣ膜等の硬質膜519 を薄く形成して、探針部先端を硬質膜で被覆するものである。なお図５において、502 はカンチレバー、503 は支持部、505 は酸化シリコン膜である。

【００２３】

このように構成することにより、カンチレバーを形成するシリコン含有量の高い窒化シリコン膜よりも硬質な膜で、探針部を被覆できるため、第２の実施の形態に示したものよりも、更に探針部の磨耗が押さえられ、測定再現性が向上する。また硬質膜は薄く形成できるため、探針部を被覆することによる先端エッジの鋭さの劣化が低減でき、第２の実施の形態に示したものよりも、高い測定分解能が期待できる。

【００２４】

〔第４の実施の形態〕

次に、本発明に係るＡＦＭカンチレバーの第４の実施の形態について、図６を用いて説明する。この実施の形態のＡＦＭカンチレバーは、前述した第１の実施の形態に示したものと同様の工程により探針部601 となるシリコン製突起を形成した後、このシリコン製突起にリンあるいはボロン等の不純物を高濃度に拡散し、その後、第１の実施の形態と同様にしてカンチレバー602 を形成後、最後にカンチレバー602 及び支持部603 の裏面に、Ａｕ，Ａｌ 等の金属膜620 を蒸着法等により形成することにより、本実施の形態のＡＦＭカンチレバーが得られる。なお、605 は酸化シリコン膜である。

【００２５】

このように構成することにより、探針部601 は導電性となり、またカンチレバー602 の裏面に形成した金属膜620 と探針部601 が電気的につながれるので、カンチレバー支持部603 の端部を接地することにより、探針部先端の電位を接地することが可能となる。この結果、静電気等の影響による探針部の帯電による測定再現性の低下を防止できる。

【００２６】

なお、上記各実施の形態においては、トレンチ形状や側壁荒れを測定するのに適した、先端部が外側に拡がった形状の探針部をもつＡＦＭカンチレバーについて説明を行ってきたが、通常のＡＦＭ測定に多用される先端が錐体状に尖った形状の探針部をもつＡＦＭカ

ンチレバーにも、上記構成を、勿論適用することができる。

【００２７】

【発明の効果】

以上実施の形態に基づいて説明したように、本発明によれば、カンチレバーを窒化シリコン膜で構成すると共に、シリコン製探針部の少なくとも下部側面をカンチレバーを形成する窒化シリコン膜と一体的に形成し、更に探針部の下部側面にくびれ部を形成するように構成しているため、測定分解能を向上させると共に、探針部をカンチレバーに強固に取り付けることができる。

【図面の簡単な説明】

【図１】　本発明に係るＡＦＭカンチレバーの第１の実施の形態を示す横断面図及び斜視図である。

【図２】　図１に示した第１の実施の形態の製造方法を説明するための製造工程を示す図である。

【図３】　第１の実施の形態の変形例の製造方法を説明するための製造工程を示す図である。

【図４】　本発明の第２の実施の形態を示す横断面図である。

【図５】　本発明の第３の実施の形態を示す横断面図である。

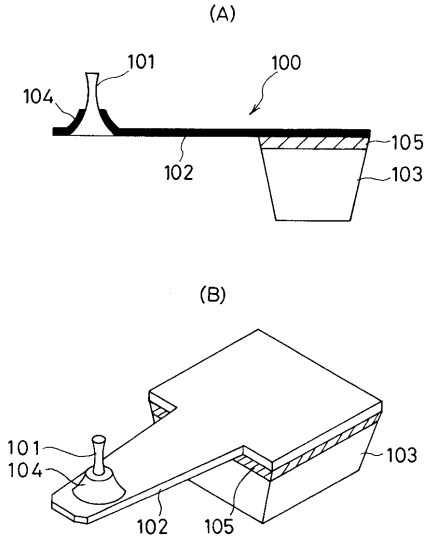
【図６】　本発明の第４の実施の形態を示す横断面図である。

【図７】　従来のＡＦＭカンチレバーの探針部部分の製造方法を説明するための製造工程を示す図である。

【符号の説明】

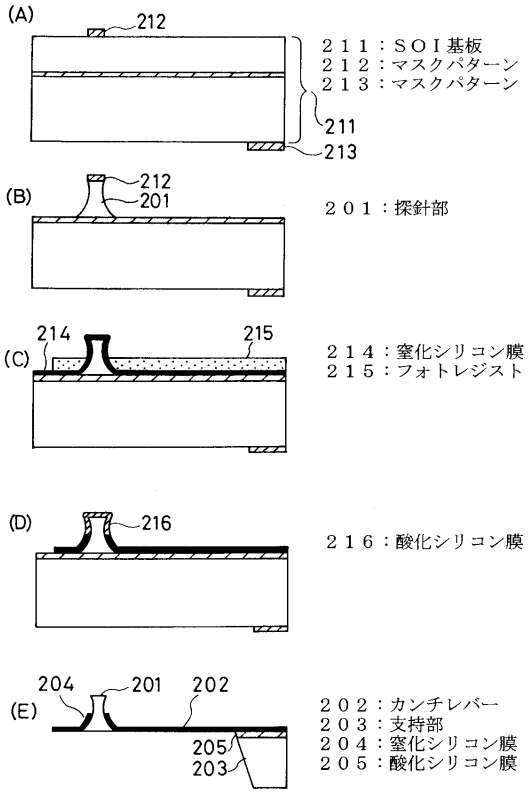
100　ＡＦＭカンチレバー
101,201,301,401,501,601　探針部
102,202,402,502,602　カンチレバー
103,203,403,503,603　支持部
104,204,404　窒化シリコン膜
105,205,405,505,605　酸化シリコン膜
211　ＳＩＯ基板
212　探針部形成用酸化シリコン膜マスクパターン
213　支持部形成用酸化シリコン膜マスクパターン
214　窒化シリコン膜
215　フォトレジスト
216　酸化シリコン膜
317　レジストパターン
318　くびれ部
519　硬質膜
620　金属膜

【図１】



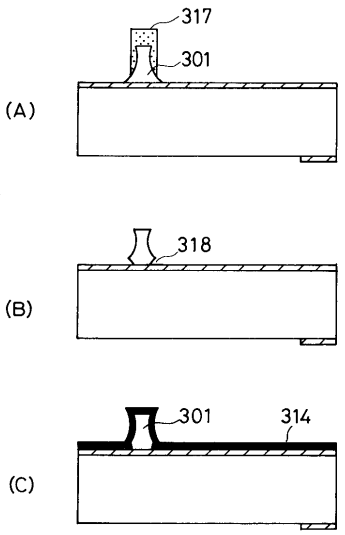
１００：ＡＦＭカンチレバー
１０１：探針部
１０２：カンチレバー
１０３：支持部
１０４：窒化シリコン膜
１０５：酸化シリコン膜

【図２】



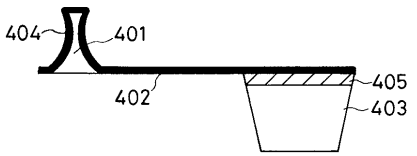
２１１：ＳＯＩ基板
２１２：マスクパターン
２１３：マスクパターン
２０１：探針部
２１４：窒化シリコン膜
２１５：フォトレジスト
２１６：酸化シリコン膜
２０２：カンチレバー
２０３：支持部
２０４：窒化シリコン膜
２０５：酸化シリコン膜

【図３】



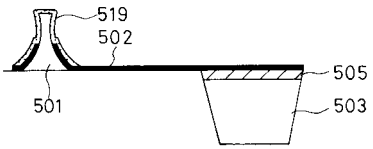
３０１：探針部
３１４：窒化シリコン膜
３１７：レジストパターン
３１８：くびれ部

【図４】



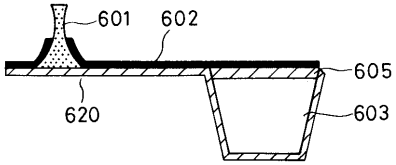
４０１：探針部
４０２：カンチレバー
４０３：支持部
４０４：窒化シリコン膜
４０５：酸化シリコン膜

【図５】



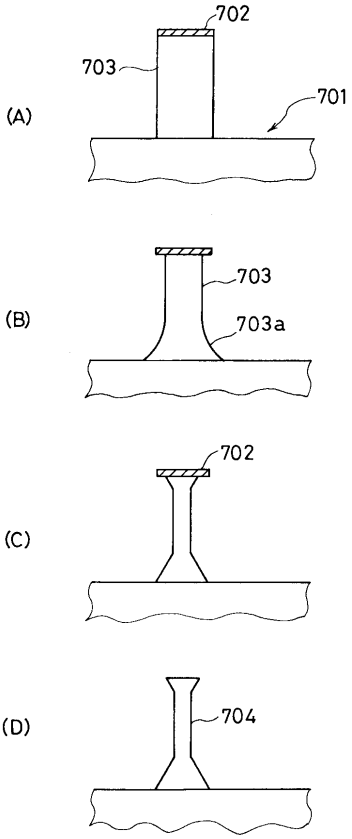
５０１：探針部
５０２：カンチレバー
５０３：支持部
５０５：酸化シリコン膜
５１９：硬質膜

【図６】



６０１：探針部　　６０５：酸化シリコン膜
６０２：カンチレバー　６２０：金属膜
６０３：支持部

【図７】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平０３－０７５５０１（ＪＰ，Ａ）
特開平０５－２０３４４４（ＪＰ，Ａ）
特開平０６－０８２２４８（ＪＰ，Ａ）
実開平０３－０３５４１１（ＪＰ，Ｕ）
特開平０７－０９２１７３（ＪＰ，Ａ）
特開平０５－２５１５２４（ＪＰ，Ａ）
特開平０６－１２９８４７（ＪＰ，Ａ）
特開平０７－３１１２０７（ＪＰ，Ａ）
特開平０６－０６８７９１（ＪＰ，Ａ）
特開平０６－０１１３３５（ＪＰ，Ａ）
特開平０６－０１８２５７（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
G01N 13/10-13/24
G12B 21/00-21/24