

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2007年2月1日 (01.02.2007)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2007/013371 A1(51) 国際特許分類:
G01N 13/12 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2006/314495

(22) 国際出願日: 2006年7月21日 (21.07.2006)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願2005-213716 2005年7月25日 (25.07.2005) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社島津製作所 (SHIMADZU CORPORATION) [JP/JP]; 〒6048511 京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地 Kyoto (JP). 国立大学法人大阪大学 (OSAKA UNIVERSITY) [JP/JP]; 〒5650871 大阪府吹田市山田丘1番1号 Osaka (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 川合 知二 (KAWAI, Tomoji) [JP/JP]; 〒5650871 大阪府吹田市山田丘1番1号 国立大学法人大阪大学内 Osaka (JP).

田中 裕行 (TANAKA, Hiroyuki) [JP/JP]; 〒5650871 大阪府吹田市山田丘1番1号 国立大学法人大阪大学内 Osaka (JP).

(74) 代理人: 野口 繁雄 (NOGUCHI, Shigeo); 〒5560016 大阪府大阪市浪速区元町2丁目8-1 ラポール難波9階 野口特許事務所 Osaka (JP).

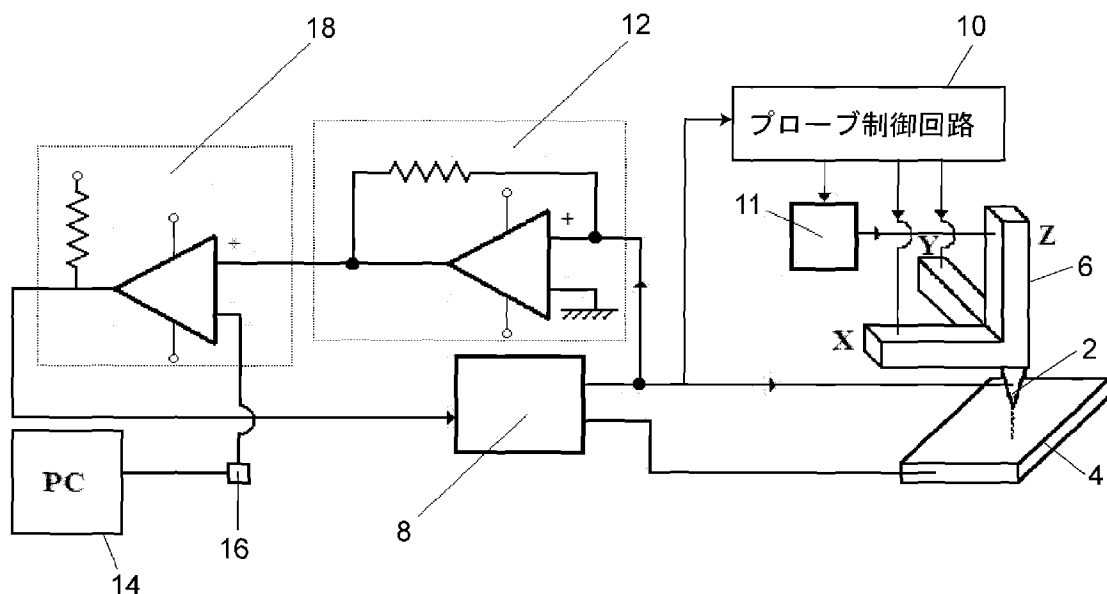
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY,

[続葉有]

(54) Title: SCAN TUNNEL SPECTRAL METHOD AND SCAN TUNNEL MICROSCOPE

(54) 発明の名称: 走査型トンネル分光方法及び走査型トンネル顕微鏡



10... PROBE CONTROL CIRCUIT

(57) Abstract: A scan tunnel microscope includes: a current-voltage conversion circuit (12) for converting tunnel current into voltage in scan tunnel spectral measurement mode; threshold value setting means (14, 16) for setting a threshold value in a range where no tunnel current which would destroy a surface of a sample (4) or a probe (2) flows; and a comparison circuit (18) for outputting a signal for controlling a bias voltage sweep circuit of a bias voltage application/sweep circuit (8) so that the output voltage of the current-voltage conversion circuit (12) will not exceed the threshold value.

[続葉有]

WO 2007/013371 A1



KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

添付公開書類:

— 国際調査報告書

(57) 要約: 好ましい形態では、走査型トンネル分光測定モードのときにトンネル電流を電圧に変換する電流－電圧変換回路12と、試料4表面又は探針2が破壊される大きさのトンネル電流が流れない範囲でしきい値を設定するしきい値設定手段14、16と、電流－電圧変換回路12の出力電圧がそのしきい値を超えないようにバイアス電圧印加／掃引回路8のバイアス電圧掃引回路を制御する信号を出力する比較回路18を備えている。

明 細 書

走査型トンネル分光方法及び走査型トンネル顕微鏡

技術分野

[0001] 本発明は、走査型トンネル分光方法及びそれを実現する走査型トンネル顕微鏡に関する。

背景技術

[0002] 走査型トンネル顕微鏡 (STM) は、探針と試料表面間に流れるトンネル電流を利用して試料表面を観察するものであり、半導体や金属の表面構造を原子レベルで観察することができるという特徴から、近年盛んに用いられている顕微鏡である。

[0003] 走査型トンネル顕微鏡を使用した測定モードの1つに、探針と試料との距離を固定した状態で探針と試料との間に印加するバイアス電圧を掃引してその電圧変化に依存したトンネル電流の変化を測定して試料表面の電子状態を観察する走査型トンネル分光法 (STS) がある。走査型トンネル分光法は、X線光電子分光法などの他の表面電子状態測定法では達成できない、局所的な表面電子状態を原子分解能で得ることができる点で、きわめて有効な手法と考えられ、これまで様々な改良が行われている (例えば、特許文献1参照。)。

特許文献1:特開平8-285871号公報

非特許文献1:D. M. Eiger et. al., Nature 344 (1990), 524

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0004] 従来より実施されている走査型トンネル分光法は、走査型トンネル顕微鏡の走査の途中で探針位置を固定して探針駆動用ピエゾ素子へのフィードバック回路を切り、一定範囲内でバイアス電圧値を掃引することにより、トンネル電流の変化をバイアス電圧の関数として測定し、試料表面の電子状態を得る。このとき掃引すべきバイアス電圧の最適範囲は、対象とする試料の種類によって異なり、特にフェルミレベル近傍にバンドギャップを有する半導体等の測定にあたっては、バイアス電圧の掃引範囲設定が極めて重要となる。例えば、走査時の設定よりも高電圧／高電流設定の条件に

することで、走査型トンネル顕微鏡を用いて試料表面や探針先端の個々の原子を移動できることが一般に知られており(例えば、非特許文献1参照。)、これは同時に、表面電子状態が未知である試料又は試料表面の吸着物を測定する場合、過大な掃引バイアス電圧の印加が試料表面又は探針先端の破壊を引き起こす危険性があることを示している。上述の半導体試料等の走査型トンネル分光法測定の場合などは、一般的にトンネル電流の変化はバイアス電圧変化に対して非線形的な挙動を示し、局所的な電荷の偏りなどが存在することが多いためにトンネル電流の挙動が予測しにくく、表面破壊や探針先端の破壊が起きる危険性が特に大きい。

[0005] 本発明は、走査型トンネル分光法測定において試料表面破壊や探針先端の破壊を防ぐことのできる走査型トンネル分光法と、その方法を実現する走査型トンネル顕微鏡を提供することを目的とするものである。

課題を解決するための手段

[0006] 本発明の走査型トンネル分光方法は、トンネル電流又はそれから導かれる物理量に対して、試料表面又は探針が破壊される大きさのトンネル電流が流れない範囲でしきい値を設定し、そのしきい値との比較により探針と試料との間のバイアス電圧の掃引範囲を制限することを特徴とする。

トンネル電流から導かれる物理量とは、代表的には抵抗体を介して変換される電圧であるが、それに限らない。トンネル電流の大きさを電流値以外の時間、パルス数など、しきい値と比較できるものであれば種々の物理量とすることができ、しかもアナログ値でもデジタル値でもよい。

[0007] ここで、掃引範囲の制限とは、掃引範囲を狭めるだけでなく、掃引を停止してバイアス電圧を一定電圧に固定することも含んでいる。

そのしきい値は試料表面又は探針が破壊される大きさのトンネル電流が流れない範囲の値であればどこに設定してもよいが、バイアス電圧の掃引範囲をより広くしてより多くの情報を得るためには、許容される最大値に設定するのが好ましい。

また、そのしきい値は試料及び探針に応じて適当な値に設定することが好ましい。

[0008] バイアス電圧の掃引範囲を制限する一形態は、前記のトンネル電流又は物理量がそのしきい値を超えたときは、バイアス電圧の掃引を停止して、バイアス電圧をそのト

ンネル電流又は物理量がそのしきい値を超えないものとなる一定電圧とするものである。

その場合、その一定電圧は適当に設定することができるが、例えば掃引開始前のバイアス電圧とすることができる。

[0009] バイアス電圧の掃引範囲を制限する他の形態は、前記のトンネル電流又は物理量がそのしきい値を超えたときは、そのトンネル電流又は物理量がそのしきい値を超えないものとなるように、前記バイアス電圧の掃引電圧の絶対値を減少させて掃引を続けるものである。

掃引開始前のバイアス電圧は適当に設定することができるが、好ましい一例は探針のフェルミレベルが試料のバンドギャップ内にくるように設定することである。

測定対象試料の一例は、導体基板上に固定された核酸である。

[0010] 本発明の走査型トンネル顕微鏡は、探針と試料との間にバイアス電圧を印加して探針と試料との間に流れるトンネル電流を検出し、そのトンネル電流が一定になるように探針と試料との距離をフィードバック制御するものであって、前記フィードバック制御を停止させて探針と試料との距離を固定する探針ホールド回路と、前記探針ホールド回路が探針と試料との距離を固定している状態のときに、前記バイアス電圧を掃引するバイアス電圧掃引回路と、前記トンネル電流又はそれから導かれる物理量に対して、試料表面又は探針が破壊される大きさのトンネル電流が流れない範囲でしきい値を設定するしきい値設定手段と、前記トンネル電流又は前記物理量が前記しきい値を超えないように前記バイアス電圧掃引回路を制御するバイアス電圧制御手段と、を備えている。

[0011] 前記バイアス電圧制御手段の一形態は、前記トンネル電流を電圧に変換する電流－電圧変換回路と、前記電流－電圧変換回路の出力を前記しきい値と比較し、前記バイアス電圧掃引回路を制御するための信号を発生する比較回路と、を備えたものである。

[0012] 前記バイアス電圧掃引回路の一形態は、前記比較回路からの制御信号に基づいて前記バイアス電圧の掃引を停止して、前記バイアス電圧を前記トンネル電流又は前記物理量が前記しきい値を超えないものとなる一定電圧に切り換える切換え回路

を備えたものである。

- [0013] 前記バイアス電圧掃引回路の他の形態は、前記バイアス電圧の掃引電圧の絶対値を前記トンネル電流又は前記物理量が前記しきい値を超えないものとなるように減少させる減衰回路と、前記比較回路からの制御信号に基づいて前記バイアス電圧掃引用の出力を、前記減衰回路を経由する出力に切り換える切換え回路と、を備えたものである。

発明の効果

- [0014] 本発明の走査型トンネル分光方法及び走査型トンネル顕微鏡によれば、試料表面又は探針が破壊されないように設定されたしきい値との比較によりバイアス電圧の掃引範囲を制限するので、試料表面の破壊も探針の破壊も防止することができる。
- [0015] トンネル電流又は物理量がしきい値を超えたときにバイアス電圧を一定電圧にする方法は簡便に実現することができる。その際、その一定電圧を掃引開始前のバイアス電圧にすれば、単に掃引動作を停止するだけでよく、一層容易に実現することができる。
- [0016] トンネル電流又は物理量がしきい値を超えたときバイアス電圧の掃引電圧の絶対値を減少させて掃引を続けるようにすれば、走査型トンネル分光測定を続けることができる。

掃引開始前のバイアス電圧を探針のフェルミレベルが試料のバンドギャップ内にくるように設定すれば、試料と探針間に流れるトンネル電流の初期値を、ゼロに近づけることができ、試料及び探針が受けるダメージを最小限に抑えることが可能である。

発明を実施するための最良の形態

- [0017] 以下、本発明の一実施例を図1の走査型トンネル顕微鏡により説明する。

2は探針であり、試料4に接近して配置され、X、Y及びZ方向のそれぞれに駆動するピエゾ素子からなるプローブ6に保持されて試料4の表面上でX、Y及びZ方向に移動させられる。試料4表面をX-Y平面、試料4表面から探針2に向かう方向をZ方向とする。

- [0018] 8はバイアス電圧印加回路とバイアス電圧掃引回路を含むバイアス電圧印加／掃引回路であり、探針2と試料4との間にバイアス電圧を印加するとともに、走査型トンネ

ル分光測定モードのときにそのバイアス電圧を掃引する。

- [0019] 10は通常の走査型トンネル顕微鏡測定モードのときに探針2と試料4との間に流れるトンネル電流を検出し、そのトンネル電流が一定になるようにプローブ6を介して探針2と試料4との距離をフィードバック制御するプローブ制御回路である。
- [0020] 11は走査型トンネル分光測定モードのときにプローブ制御回路10によるフィードバック制御を停止させて探針2と試料4との距離を固定する探針ホールド回路である。探針ホールド回路11には、サンプルホールド用ICなどを用いることができる。
- [0021] この実施例では、試料4表面の破壊及び探針2の破壊を防止するために、走査型トンネル分光測定モードのときにトンネル電流から導かれる物理量としてトンネル電流を電圧に変換する電流－電圧変換回路12と、試料4表面又は探針2が破壊される大きさのトンネル電流が流れない範囲でしきい値を設定するしきい値設定手段14、16と、電流－電圧変換回路12の出力電圧がそのしきい値を超えないようにバイアス電圧印加／掃引回路8のバイアス電圧掃引回路を制御する信号を出力する比較回路18を備えている。
- 電流－電圧変換回路12と比較回路18はバイアス電圧制御手段を構成している。
- [0022] しきい値設定手段14、16は、回路に接続されたパーソナルコンピュータ14と、パーソナルコンピュータ14に設定されたデジタル値のしきい値をアナログ値に変換するD／Aコンバータ16を含んでいる。しきい値電圧はパーソナルコンピュータ14により設定され、D／Aコンバータ16を通して比較回路18に与えられる。これにより、測定系ごとに異なった、最適なしきい値を設定することが可能となる。しきい値としては、許容最大トンネル電流値に相当する電圧値とすることが好ましい。
- [0023] バイアス電圧印加／掃引回路の一例は図2、図3に示されるものである。このバイアス電圧印加／掃引回路8aは、入力したデジタル信号をアナログ電圧信号に変換するD／Aコンバータ17、そのD／Aコンバータ17のアナログ電圧出力を増幅して出力する増幅器19、バイアス電圧印加用のデータを保持するための電圧保持素子15、及び比較回路18からの制御信号に基づいてD／Aコンバータ17の入力端子をコンピュータ14の出力端子と電圧保持素子15のいずれかに切り換えて接続する切換え回路24を備えている。切換え回路24はゲート素子などに代表される入力切替え機

能を備えた回路である。

このバイアス電圧印加／掃引回路8aは、図2に示されるように切換え回路24によりD/Aコンバータ17の入力端子がコンピュータ14の出力端子に接続されたときはバイアス電圧掃引回路20を構成する。また、図3に示されるように切換え回路24によりD/Aコンバータ17の入力端子が電圧保持素子15に接続されたときは、バイアス電圧印加回路22を構成し、バイアス電圧掃引回路20によるバイアス電圧の掃引を停止してバイアス電圧を一定電圧に切り換える。その一定電圧は、ここではバイアス電圧印加回路22に含まれる電圧保持素子15の出力電圧に応じた値であり、その電圧は電流－電圧変換回路12の出力電圧がしきい値を超えないものであるとともに、バイアス電圧掃引開始前の電圧でもあり、探針2のフェルミレベルが試料4のバンドギャップ内にくるように設定されたものである。

[0024] バイアス電圧掃引回路20によるバイアス電圧の掃引は、コンピュータ14からの出力信号を順次D/Aコンバータ17によりアナログ電圧信号に変換し、増幅器19により増幅して出力することにより行われる。この掃引により、電流－電圧変換回路12の出力電圧がしきい値を超えると、比較回路18から切換え回路24に信号が出力され、図3に示されるように、あらかじめ電圧保持素子15に保持されていた、バイアス電圧に相当するデータがD/Aコンバータ17に出力され、バイアス電圧を一定電圧に切り換える。

[0025] 次に、この実施例の動作について説明する。

まず、走査型トンネル顕微鏡の通常の測定モードを説明する。

探針2と試料4との間にバイアス電圧印加／掃引回路8から一定の直流電圧のバイアス電圧が印加されている。探針2が試料4にnm程度に接近すると、トンネル効果により探針2と試料4との間にトンネル電流が流れる。プローブ制御回路10はこのトンネル電流を増幅し、それが一定になるようにプローブ6のZ方向のピエゾ素子を駆動するZ方向制御電圧が印加されて探針2の高さが制御される。

[0026] 次に、本発明による走査型トンネル分光法の測定モードを説明する。

走査型トンネル分光法の測定モード時には探針ホールド回路11によりプローブ制御回路10によるフィードバック制御が切られ、探針2の位置が固定される。

[0027] そして、バイアス電圧印加／掃引回路8により探針2－試料4間に印加されるバイアス電圧が掃引され、そのバイアス電圧掃引により発生するトンネル電流信号の変化は、電流－電圧変換回路12により微小電圧変化に変換され、比較回路18に導入される。比較回路18では、あらかじめ設定されたしきい値との比較がリアルタイムで行われ、電流－電圧変換回路12の出力電圧値がしきい値を超えた場合は、バイアス電圧印加／掃引回路8に制御信号が出力され、バイアス電圧印加／掃引回路8では切換え回路24aによりバイアス電圧掃引回路20の出力が切断されて初期のバイアス電圧値に戻される。

[0028] バイアス電圧印加／掃引回路の他の例は図4に示されるものである。このバイアス電圧印加／掃引回路8bは、バイアス電圧掃引電圧の絶対値を電流－電圧変換回路12の出力電圧値がしきい値を超えないものとなるように減少させる減衰回路26と、減衰回路26からの出力信号をアナログ電圧信号に変換するためのD/Aコンバータ17と、さらにそのアナログ電圧信号を増幅するための増幅器19より構成される。減衰回路26は、タイマICなどに代表される素子より構成され、コンピュータ14からのパルス信号出力を計数する機能を持つ。積算されたパルスの個数は減衰回路26より出力され、個数に対応した電圧値がD/Aコンバータ17、及び電圧を増幅するための増幅器19を通して出力され、バイアス電圧の掃引を行う。減衰回路26は、比較回路18からの出力により計数の増減方向を制御することができ、電流－電圧変換回路12の出力電圧値がしきい値を超えない場合は、コンピュータ14からのパルス信号出力を積算してD/Aコンバータ17に出力し、あらかじめ設定された範囲でのバイアス電圧掃引を行う。電流－電圧変換回路12の出力電圧値がしきい値を超えた場合は、比較回路18から出力される制御信号により積算を減じ、出力バイアス電圧値がしきい値を超えないものとなるように減少させることにより、走査型トンネル分光法の測定を継続させることができる。

[0029] バイアス電圧印加／掃引回路のさらなる例は図5に示されるものである。このバイアス電圧印加／掃引回路8cはバイアス電圧印加回路22と、比較回路18aからの制御信号に基づいてバイアス電圧掃引回路による掃引電圧の絶対値を電流－電圧変換回路12の出力電圧値がしきい値を超えないものとなるように減少させる減衰回路26

と、比較回路18bからの制御信号に基づいてバイアス電圧の掃引を停止して、バイアス電圧を一定電圧に切り換える切換え回路24を備えている。

[0030] 減衰回路26は、タイマICなどに代表される素子より構成され、コンピュータ14からのパルス信号出力を計数する機能を持つ。積算されたパルスの個数は減衰回路26より出力され、切り換え回路24を経由して、パルス個数に対応したアナログ電圧値がD/Aコンバータ17、及び電圧を増幅するための増幅器19を通して出力され、バイアス電圧の掃引を行う。減衰回路26は、比較回路18aからの出力により計数の増減方向を制御することができ、電流－電圧変換回路12の出力電圧値がしきい値を超えない場合は、コンピュータ14からのパルス信号出力を積算してD/Aコンバータ17に出力し、あらかじめ設定された範囲でのバイアス電圧掃引を行う。電流－電圧変換回路12の出力電圧値がしきい値を超えた場合は、比較回路18aからの出力で計数を減ずることにより、出力バイアス電圧値がしきい値を超えないものとなるように減少させ、走査型トンネル分光法の測定を継続させることができる。

[0031] 比較回路18aと18bは、それぞれに異なるしきい値をコンピュータ14により設定することができる。一方の比較回路18aからの出力の一方を減衰回路26の制御用信号として与え、他方の比較回路18bからの出力を切り換え回路24の制御用信号として与えることで、出力バイアス電圧値がしきい値を超えないものとなるように減少させ、走査型トンネル分光法の測定を継続させるか、あるいはバイアス電圧の掃引を停止して、バイアス電圧印加回路22により、バイアス電圧を電圧保持素子15に設定した一定電圧に切り換えるかを独立に制御することが可能となる。

[0032] バイアス電圧印加／掃引回路のさらに他の例は図6に示されるものである。比較回路18の出力である制御信号を、直接コンピュータ14に取り込み、図2から図5に示されるバイアス電圧印加／掃引回路8a～8cの機能の一部をコンピュータで自動化することも可能である。その際、コンピュータ出力はD/Aコンバータ17及び増幅器19によりアナログ電圧出力に変換され、探針2及び試料4間に印加される。

産業上の利用可能性

[0033] 本発明は、走査型トンネル分光法により試料表面の電子状態を観察するのに利用することができる。

図面の簡単な説明

- [0034] [図1]一実施例の走査型トンネル顕微鏡を概略的に示すブロック図である。
- [図2]同実施例におけるバイアス電圧印加／掃引回路の一例を、バイアス電圧掃引回路として動作させる状態で示すブロック図である。
- [図3]同バイアス電圧印加／掃引回路を、バイアス電圧印加回路として動作させる状態で示すブロック図である。
- [図4]同実施例におけるバイアス電圧印加／掃引回路の他の例を示すブロック図である。
- [図5]同実施例におけるバイアス電圧印加／掃引回路のさらに他の例を示すブロック図である。
- [図6]同実施例におけるバイアス電圧印加／掃引回路のさらに他の例を示すブロック図である。

符号の説明

- [0035]
- | | |
|---------------|---------------|
| 2 | 探針 |
| 4 | 試料 |
| 6 | プローブ |
| 8, 8a, 8b, 8c | バイアス電圧印加／掃引回路 |
| 10 | プローブ制御回路 |
| 11 | 探針ホールド回路 |
| 12 | 電流－電圧変換回路 |
| 14 | パーソナルコンピュータ |
| 15 | 電圧保持素子 |
| 16, 17 | D／Aコンバータ |
| 18 | 比較回路 |
| 19 | 増幅器 |
| 20 | バイアス電圧掃引回路 |
| 22 | バイアス電圧印加回路 |
| 24 | 切換え回路 |

26 減衰回路

請求の範囲

- [1] 走査型トンネル顕微鏡を使用し、探針と試料との距離を固定した状態で探針と試料との間にバイアス電圧を印加するとともに、そのバイアス電圧を掃引してその電圧変化に依存したトンネル電流の変化を測定して試料表面の電子状態を観察する方法において、
- 前記トンネル電流又はそれから導かれる物理量に対して、試料表面又は探針が破壊される大きさのトンネル電流が流れない範囲でしきい値を設定し、そのしきい値との比較により前記バイアス電圧の掃引範囲を制限することを特徴とする走査型トンネル分光方法。
- [2] 前記トンネル電流又は前記物理量が前記しきい値を超えたときは、前記バイアス電圧の掃引を停止して、前記バイアス電圧を前記トンネル電流又は前記物理量が前記しきい値を超えないものとなる一定電圧とする請求項1に記載の走査型トンネル分光方法。
- [3] 前記一定電圧は掃引開始前の前記バイアス電圧である請求項2に記載の走査型トンネル分光方法。
- [4] 前記トンネル電流又は前記物理量が前記しきい値を超えたときは、前記トンネル電流又は前記物理量が前記しきい値を超えないものとなるように、前記バイアス電圧の掃引電圧の絶対値を減少させて掃引を続ける請求項1に記載の走査型トンネル分光方法。
- [5] 掃引開始前の前記バイアス電圧を探針のフェルミレベルが試料のバンドギャップ内にくるように設定する請求項1から4のいずれかに記載の走査型トンネル分光方法。
- [6] 試料として導体基板上に固定された核酸を測定する請求項1から5のいずれかに記載の走査型トンネル分光方法。
- [7] 探針と試料との間にバイアス電圧を印加して探針と試料との間に流れるトンネル電流を検出し、そのトンネル電流が一定になるように探針と試料との距離をフィードバック制御する走査型トンネル顕微鏡において、
- 前記フィードバック制御を停止させて探針と試料との距離を固定する探針ホールド回路と、

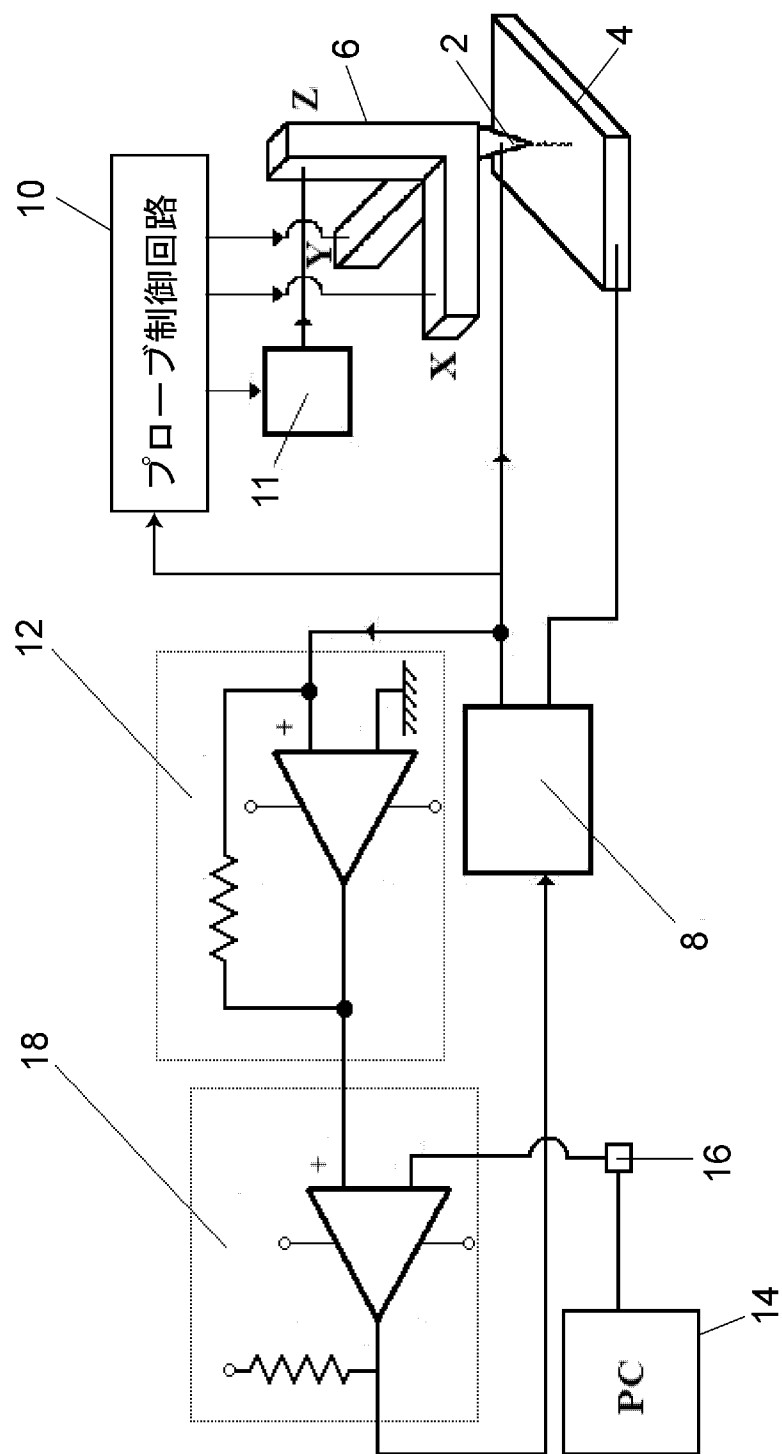
前記探針ホールド回路が探針と試料との距離を固定している状態のときに、前記バイアス電圧を掃引するバイアス電圧掃引回路と、

前記トンネル電流又はそれから導かれる物理量に対して、試料表面又は探針が破壊される大きさのトンネル電流が流れない範囲でしきい値を設定するしきい値設定手段と、

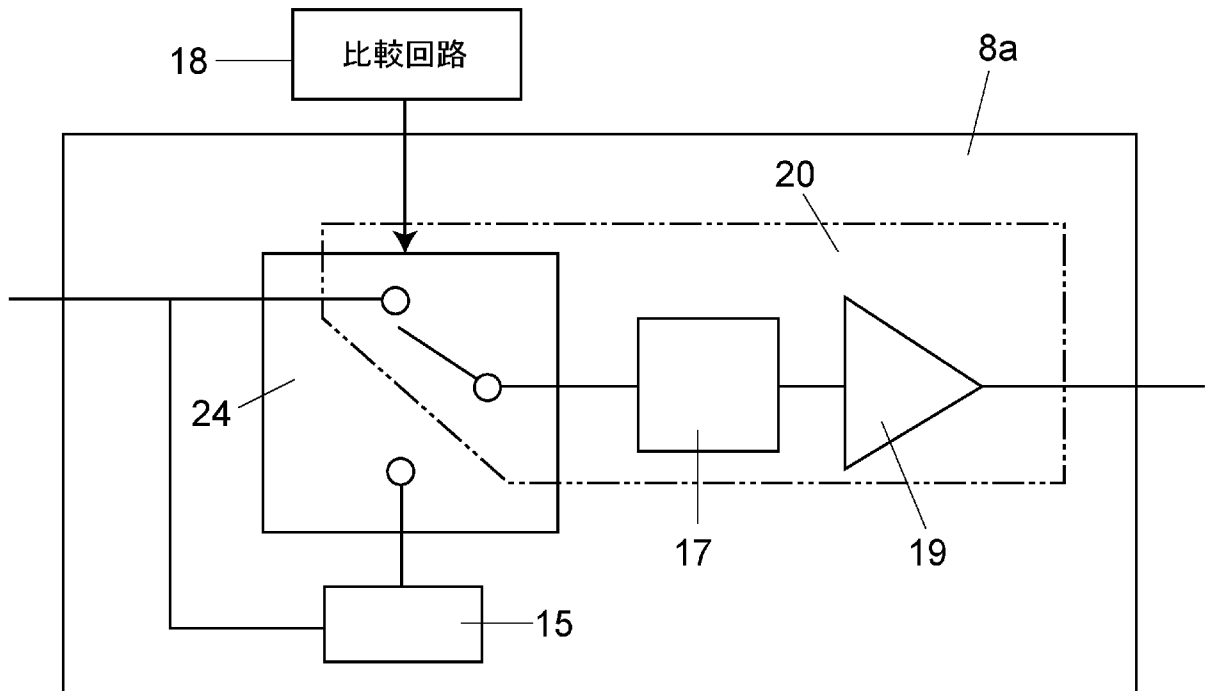
前記トンネル電流又は前記物理量が前記しきい値を超えないように前記バイアス電圧掃引回路を制御するバイアス電圧制御手段と、
を備えたことを特徴とする走査型トンネル顕微鏡。

- [8] 前記バイアス電圧制御手段は、前記トンネル電流を電圧に変換する電流－電圧変換回路と、前記電流－電圧変換回路の出力を前記しきい値と比較し、前記バイアス電圧掃引回路を制御するための信号を発生する比較回路と、を備えている請求項7に記載の走査型トンネル顕微鏡。
- [9] 前記バイアス電圧掃引回路は、前記比較回路からの制御信号に基づいて前記バイアス電圧の掃引を停止して、前記バイアス電圧を前記トンネル電流又は前記物理量が前記しきい値を超えないものとなる一定電圧に切り換える切換え回路を備えている請求項8に記載の走査型トンネル顕微鏡。
- [10] 前記一定電圧は掃引開始前の前記バイアス電圧である請求項9に記載の走査型トンネル顕微鏡。
- [11] 前記バイアス電圧掃引回路は、前記バイアス電圧の掃引電圧の絶対値を前記トンネル電流又は前記物理量が前記しきい値を超えないものとなるように減少させる減衰回路と、前記比較回路からの制御信号に基づいて前記バイアス電圧掃引用の出力を、前記減衰回路を経由する出力に切り換える切換え回路と、を備えている請求項8に記載の走査型トンネル顕微鏡。
- [12] 掃引開始前の前記バイアス電圧は探針のフェルミレベルが試料のバンドギャップ内にくるように設定されている請求項7から11のいずれかに記載の走査型トンネル顕微鏡。

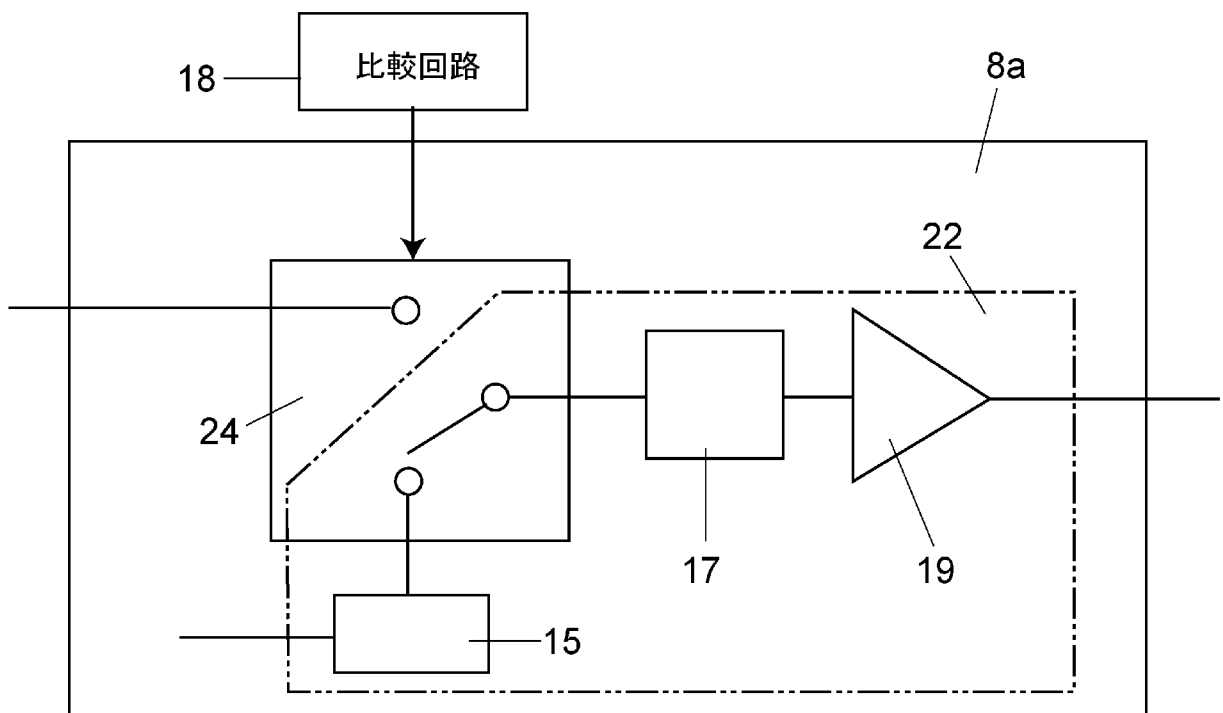
[図1]



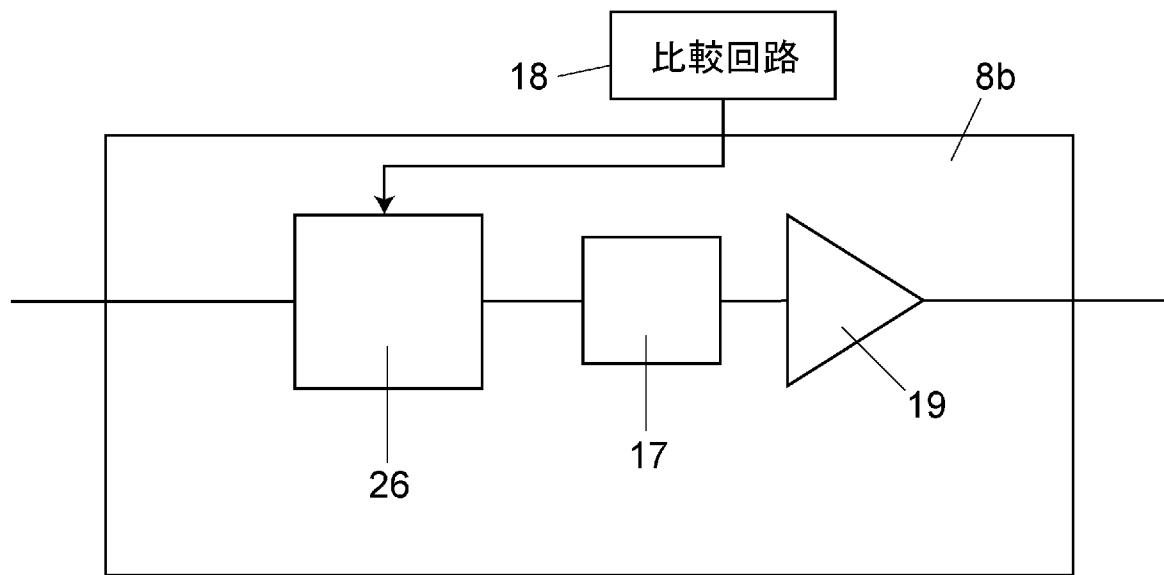
[図2]



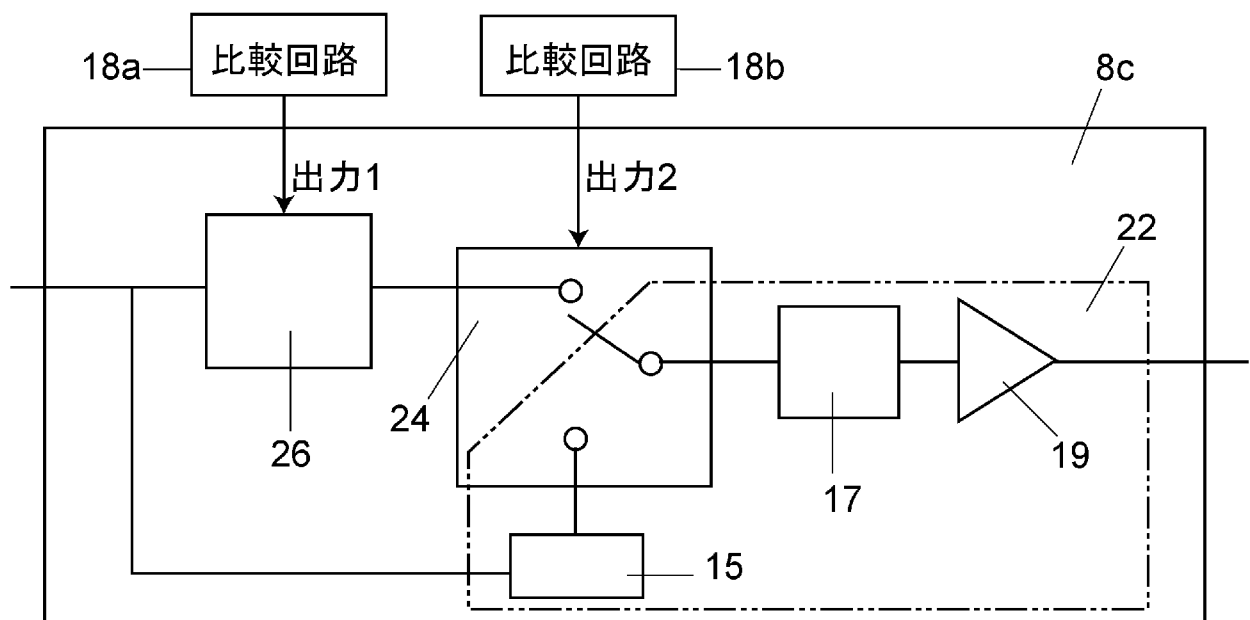
[図3]



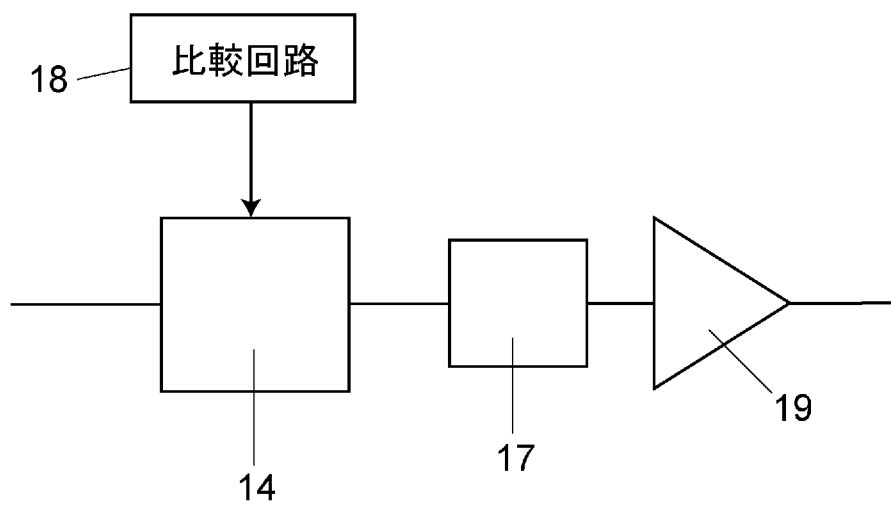
[図4]



[図5]



[図6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2006/314495

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01N13/12 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01N13/10-13/24

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2006
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2006	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2006

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

JSTPlus (JDream2)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 5-322511 A (Hitachi Construction Machinery Co., Ltd.), 07 December, 1993 (07.12.93), Full text; all drawings (Family: none)	1-12
A	JP 2002-365194 A (Yuzo MORI), 18 December, 2002 (18.12.02), Full text; all drawings (Family: none)	1-12
A	JP 2000-74930 A (Yuzo MORI), 14 March, 2000 (14.03.00), Full text; all drawings (Family: none)	1-12



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

17 August, 2006 (17.08.06)

Date of mailing of the international search report

29 August, 2006 (29.08.06)

Name and mailing address of the ISA/

Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2006/314495

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	Yoshihiro Nojima, et al., High-Resolution Scanning Tunneling Microscopy and Spectroscopy Studies of Deoxyribonucleic Acid and Fluorescein Isothiocyanate, Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 43, No. 8A, 2004, p. 5526-5527	1-12

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. G01N13/12(2006. 01) i			
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. G01N13/10-13/24			
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1 9 2 2 - 1 9 9 6 年 日本国公開実用新案公報 1 9 7 1 - 2 0 0 6 年 日本国実用新案登録公報 1 9 9 6 - 2 0 0 6 年 日本国登録実用新案公報 1 9 9 4 - 2 0 0 6 年			
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語） JSTPlus(JDream2)			
C. 関連すると認められる文献			
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号	
A	JP 5-322511 A（日立建機株式会社） 1 9 9 3 . 1 2 . 0 7 , 全文、全図 （ファミリーなし）	1-12	
A	JP 2002-365194 A（森 勇藏） 2 0 0 2 . 1 2 . 1 8 , 全文、全図 （ファミリーなし）	1-12	
A	JP 2000-74930 A（森 勇藏） 2 0 0 0 . 0 3 . 1 4 , 全文、全図 （ファミリーなし）	1-12	
☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。 ☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。			
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献			
国際調査を完了した日 1 7 . 0 8 . 2 0 0 6		国際調査報告の発送日 2 9 . 0 8 . 2 0 0 6	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（I S A / J P） 郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5 東京都千代田区霞が関三丁目 4 番 3 号		特許庁審査官（権限のある職員） 野田 洋平 電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 5 2	2 J 3 2 1 0

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	Yoshihiro Nojima, et al., High-Resolution Scanning Tunneling Microscopy and Spectroscopy Studies of Deoxyribonucleic Acid and Fluorescein Isothiocyanate, Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 43, No. 8A, 2004, p. 5526-5527	1-12