

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2005-530125

(P2005-530125A)

(43) 公表日 平成17年10月6日(2005.10.6)

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

G O 1 N 13/10

F 1

G O 1 N 13/10

G O 1 N 13/10

テーマコード(参考)

C

F

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 28 頁)

(21) 出願番号	特願2003-524047 (P2003-524047)
(86) (22) 出願日	平成14年8月27日 (2002.8.27)
(85) 翻訳文提出日	平成16年2月19日 (2004.2.19)
(86) 國際出願番号	PCT/US2002/025947
(87) 國際公開番号	W02003/019238
(87) 國際公開日	平成15年3月6日 (2003.3.6)
(31) 優先権主張番号	145136
(32) 優先日	平成13年8月27日 (2001.8.27)
(33) 優先権主張国	イスラエル(IL)

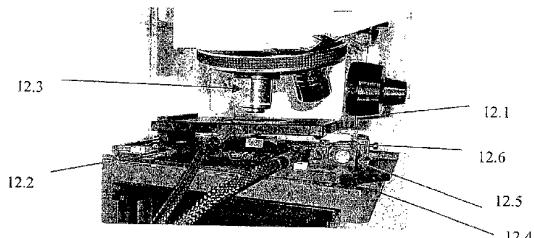
(71) 出願人	504064294 ナノニクス・イメージング・リミテッド N A N O N I C S I M A G I N G, L T D.
(71) 出願人	501227557 イスラエル91487エルサレム、マルチ ヤ、マンハット・テクノロジカル・パーク
(74) 代理人	100086405 アーロン・ルイス A a r o n L E W I S
(74) 代理人	100098280 イスラエル93707エルサレム、ネベ ・シャーナン18/14番
(74) 代理人	弁理士 河宮 治
(74) 代理人	100098280 弁理士 石野 正弘

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】遠方領域の光学顕微鏡の透明インターフェイスを備えた複数プレートのチップまたはサンプルをスキャンする再現可能なスキャンプローブ顕微鏡

## (57) 【要約】

この発明はスキャンされるプローブ顕微鏡に関し、チップをスキャンする一つのプレート(12.1)および、サンプルをスキャンする第2のプレート(12.2)を含み、スキャンされるプローブ顕微鏡の光軸は、標準の光学顕微鏡への組み込みを自由に許可する。



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

トップのスキャナープレートおよび下部のスキャナープレートを有する 2 枚のプレートがスキャンされるプローブ顕微鏡であり、一方のプレートがチップのスキャンを可能にし、他方がサンプルのスキャンを可能にし、スキャンされるプローブ顕微鏡の軸は、スキャンされるプローブ顕微鏡の軸がトップ、底部または双方で自由を要求するビーム導入システムへの組み込みが自由である装置。

**【請求項 2】**

トップのプレートを底部のプレートに対してヒンジ構造にでき、DC または他のモータにより、粗いアプローチが引き起こされる請求項 1 記載の装置。 10

**【請求項 3】**

前記トップのプレートは、底部のプレートの上に単に載置され、そして、二つのプレートスキャナーが大きい z 範囲を持つ能力を含む、DC モータまたは他の手段により粗いアプローチが引き起こされる請求項 1 記載の装置。

**【請求項 4】**

トップのプレートが、光軸を自由に維持する一方、正規のビーム偏向を有するものに置き換えられる請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の装置。

**【請求項 5】**

サンプルをスキャンすること、チップをスキャンすること、および二つのチップが同時に操作されることを可能にする 3 つのプレートを備える装置。 20

**【請求項 6】**

単一プレートのチップスキャナーがスキャンされるプローブ顕微鏡の装置であり、正規の顕微鏡に取り付けられたものを含む、いずれかの選択されたスキャン用ステージで動作できる装置。

**【請求項 7】**

冷却器の容器内で動作し、その容器内でサンプルが 4 °K 程度に冷却される請求項 1 ~ 6 のいずれかに記載の装置。

**【請求項 8】**

単一プレートのチップスキャナーまたは複数プレートのチップ及びサンプルスキャン用システム、またはサンプルスキャン用システムを含み、スキャンされる顕微鏡またはスキャン機構のプローブのカンチレバーが、トップからの放射ビームを不明瞭にせず、この結果、スキャンされるプローブ顕微鏡のチャンネルに加え、光学、電子光学またはイオンビーム照明または、顕微鏡、リソグラフおよび/または分光モードで用いることのできる、原子、イオン又は分子ビーム導入システムである顕微鏡からの照明のチャンネルを許可する請求項 1 ~ 7 のいずれかに記載の装置。 30

**【請求項 9】**

熱または電子またはイオンビームまたは原子ビームまたは分子ビームの堆積システムに基づく、いずれかの薄いフィルム堆積システムに挿入できる請求項 8 記載の装置。

**【請求項 10】**

サンプルがサンプルスキャン用プレート内に保持され、そして、標準ビーム偏向技術を用いて動作するが、レンズでの観察で妨害されない装置の光軸を有する、チップスキャナー用プレートおよび/またはトッププレートのいずれかの内部のチップマウント内にチップが保持される請求項 1 ~ 6 、 8 のいずれかに記載の装置。 40

**【請求項 11】**

固体没入レンズを用いる請求項 10 記載の装置。

**【請求項 12】**

シリコンカンチレバー技術で製作された近領域の光学エレメントを用いる請求項 10 記載の装置。

**【請求項 13】**

無開口の近領域をスキャンする顕微鏡のための開口無しのプローブを用いる請求項 10 50

記載の装置。

【請求項 1 4】

光集中用プローブとして、トップから底部から導かれたビームを不明瞭にするカンチレバーを持たない、偏向極小チップのプローブを用いる請求項 1 ~ 1 0 のいずれかに記載の装置。

【請求項 1 5】

減衰波の光学顕微鏡に結合できる請求項 1 ~ 1 4 のいずれかに記載の装置。

【請求項 1 6】

正規のレンズまたはファイバープローブまたは一体レンズを有するファイバーを用い、ビームをスキャンするかステージをスキャンする、共焦点光学顕微鏡に結合できる請求項 1 ~ 1 5 のいずれかに記載の装置。 10

【請求項 1 7】

スキャンされるプローブシステムで使用できるいずれかのプローブとともに使用でき、そして、カンチレバーが上方からまたは下方からのビームを不明瞭にしない、すべてのプローブを含み、原子の力、近接領域および遠方領域の光学用プローブ、化学液体の供給または吸引用の極小のマイクロピペットのプローブ、電気的測定または電磁放射の収集または分配または熱プローブまたは電磁プローブまたは、スキャンされる顕微鏡のための他のプローブおよびプローブの結合を含む請求項 1 ~ 1 6 のいずれかに記載の装置。

【請求項 1 8】

ファイバーおよび追加されたレーザを備えたファイバーレンズおよび溶接のための他のデバイスおよびコンポーネントまたはアセンブリのための他のデバイスのアタッチメントを含む、光学コンポーネントの自動および半自動のアセンブリのために用いられる請求項 1 ~ 1 7 のいずれかに記載の装置。 20

【請求項 1 9】

いずれかの顕微鏡に結合できる、スキャンされるプローブ顕微鏡であり、プローブのカンチレバーまたはスキャン機構がトップからの放射ビームを不明瞭にせず、その結果、スキャンされるプローブ顕微鏡チャンネルに加え、顕微鏡、リソグラフおよび/または分光モードで使用できる、光学、および電子光学またはイオンビーム照明システムである顕微鏡からの照明のチャンネルを可能にする請求項 1 ~ 1 8 のいずれかに記載の装置。

【請求項 2 0】

微粒子またはチップを備えた制御された方法で、光学ビーム、電子光学またはイオンビームシステムを弱くするために、スキャンされるプローブ顕微鏡を用いることにより、いずれかの光学、電子光学またはイオンビームシステムの解像度を改善できる請求項 1 ~ 1 9 のいずれかに記載の装置。 30

【請求項 2 1】

光学、電子光学またはイオンビームシステムの校正またはこのシステムのビーム下のサンプルの登録を、その存在により改善できる請求項 2 0 記載の装置。

【請求項 2 2】

波またはX線の拡散または、陰極線照明の分光を改善するために用いることができる請求項 1 ~ 1 9 のいずれかに記載の装置。 40

【請求項 2 3】

フィードバックのために、チップ、サンプルおよびチューニングフォークの幾何学形状のいずれかの結合にしたチューニングフォークを用い、そして、チューニングフォークにチップを接着するか接着しないかにし、そして、チップ取り付けまたはチューニングフォークへの近接取り付けを制御する請求項 1 ~ 2 2 のいずれかに記載の装置。

【請求項 2 4】

チューニングフォークへのチップ取り付けの制御が、ほぼゼロバックラッシュ移動技術に基づく請求項 1 ~ 2 3 のいずれかに記載の装置。

【請求項 2 5】

チューニングフォークは、非接触、接触および中間接触の動作モードで用いることがで

50

きる請求項 1 ~ 2 4 のいずれかに記載の装置。

**【請求項 2 6】**

フィードバックのためにビームの分配および集光用の単一または複数のチャンネルファイバーを有するフィードバックシステムに基づくファイバーを用い、これらのファイバーは、直線状またはカンチレバー化され、そして信号の検出は振幅、位相、波長または、SPMセンサの移動をモニターするために使用できる、他の光学パラメータに基づく請求項 1 ~ 2 2 のいずれかに記載の装置。

**【請求項 2 7】**

フィードバックのためのビームの分配および集光用に単一または複数のチャンネルファイバーまたは導波管または他の光ガイド用デバイスを有するフィードバックシステムを持つために、ファイバーまたは導波管または他の光ガイド用デバイスを用い、これらのファイバーまたは導波管または他の光ガイド用デバイスは、直線状またはカンチレバー化され、そして、信号の検知は、振幅、位相、波長または、SPMセンサの移動をモニターするために使用できる他の光学パラメータに基づく、請求項 1 ~ 2 2 のいずれかに記載の装置。 10

**【請求項 2 8】**

導波管先端でのサブ波長先端からの内部反射光のパラメータがフィードバック方法として用いられる請求項 1 ~ 2 2 のいずれかに記載の装置。

**【請求項 2 9】**

中間接触または非接触の動作モードのためにスキャンされるプローブ顕微鏡で用いられる、チューニングフォークおよび/または圧電体のごとき共振器が、共振振動するセンサとして用いられ、原子または他の力を通じて表面を検知できるプローブに結合される請求項 1 ~ 2 8 のいずれかに記載の装置。 20

**【請求項 3 0】**

圧電デバイス、磁歪セルまたは他のコンバータのごとき、電気から機械的移動への振動コンバータは、検出器に機械的に結合でき、その検出器は、折り曲げられた、又は直線状のカンチレバーであり、共振システムに接着され、チップの振動の検出およびその動搖が、差動増幅器および/またはロックイン増幅器により取り出される請求項 2 9 記載の装置。

**【請求項 3 1】**

前記表面に対するチップの特定の距離にて、位置検知器またはチューニングフォークのごとき共振器システムまたは他の同様なデバイスにより検出された時、および光、電圧などの第 2 の信号をモニターすることにより検出された時、サンプル表面に対するプローブチップの特定の高さでの情報にアクセスでき、前記表面に対するチップの振動周波数の基準信号を含む請求項 1 ~ 3 0 のいずれかに記載の装置。 30

**【請求項 3 2】**

表面から特定の距離での信号および、前記表面に対するチップの全体の運動の間の信号の双方をモニターする請求項 3 1 記載の装置。

**【請求項 3 3】**

このような信号を関連した方法で読み出すための能力を持つ請求項 3 1 または 3 2 に用いることのできる装置。

**【請求項 3 4】**

二つのプレートがスキャンされるプローブ顕微鏡を用いるスキャンされるプローブ顕微鏡の方法であり、一方のプレートがチップのスキャンを可能にし、他方がサンプルのスキャンを可能にし、スキャンされるプローブ顕微鏡の軸は、スキャンされるプローブ顕微鏡の軸がトップ、底部または双方で自由を要求するビーム導入システムへの組み込みが自由である方法。 40

**【請求項 3 5】**

トップのプレートを底部のプレートに対してヒンジ構造にでき、DCまたは他のモータにより、粗いアプローチが引き起こされる請求項 3 4 記載の方法。

**【請求項 3 6】**

前記トップのプレートは、底部のプレートの上に単に載置され、そして、二つのプレー

トスキャナーが大きいz範囲を持つ能力を含む、DCモータまたは他の手段により粗いアプローチが引き起こされる請求項35記載の方法。

【請求項37】

トップのプレートが、光軸を自由に維持する一方、正規のビーム偏向を有するものに置き換えられる請求項34～36のいずれかに記載の方法。

【請求項38】

サンプルをスキャンすること、チップをスキャンすること、および二つのチップが同時に操作されることを可能にする3つのプレートを備える方法。

【請求項39】

単一プレートのチップスキャナーがスキャンされるプローブ顕微鏡の方法であり、正規の顕微鏡に取り付けられたものを含む、いずれかの選択されたスキャン用ステージで動作できる方法。 10

【請求項40】

冷却器の容器内で動作し、その容器内でサンプルが4°K程度に冷却される請求項34～39のいずれかに記載の方法。

【請求項41】

単一プレートのチップスキャナーまたは複数プレートのチップ及びサンプルスキャン用システム、またはサンプルスキャン用システムを含み、スキャンされる顕微鏡またはスキャナ機構のプローブのカンチレバーが、トップからの放射ビームを不明瞭にせず、この結果、スキャンされるプローブ顕微鏡のチャンネルに加え、光学、電子光学またはイオンビーム照明または、顕微鏡、リソグラフおよび/または分光モードで用いることのできる、原子、イオン又は分子ビーム導入システムである顕微鏡からの照明のチャンネルを許可する請求項34～39のいずれかに記載の方法。 20

【請求項42】

熱または電子またはイオンビームまたは原子ビームまたは分子ビームの堆積システムに基づく、いずれかの薄いフィルム堆積システムに挿入できる請求項41記載の方法。

【請求項43】

サンプルがサンプルスキャン用プレート内に保持され、そして、標準ビーム偏向技術を用いて動作するが、レンズでの観察で妨害されない装置の光軸を有する、チップスキャン用プレートおよび/またはトッププレートのいずれかの内部のチップマウント内にチップが保持される請求項34～39、41のいずれかに記載の方法。 30

【請求項44】

固体没入レンズを用いる請求項34～43のいずれかに記載の方法。

【請求項45】

シリコンカンチレバー技術で製作された近領域の光学エレメントを用いる請求項34～43のいずれかに記載の方法。

【請求項46】

無開口の近領域をスキャンする顕微鏡のための開口無しのプローブを用いる請求項34～43のいずれかに記載の方法。

【請求項47】

光集中用プローブとして、トップから底部から導かれたビームを不明瞭にするカンチレバーを持たない、偏向極小チップのプローブを用いる請求項34～43のいずれかに記載の方法。 40

【請求項48】

減衰波の光学顕微鏡に結合できる請求項34～47のいずれかに記載の方法。

【請求項49】

正規のレンズまたはファイバープローブまたは一体レンズを有するファイバーを用い、ビームをスキャンするかステージをスキャンする、共焦点光学顕微鏡に結合できる請求項34～48のいずれかに記載の方法。

【請求項50】

10

20

30

40

50

スキャンされるプローブシステムで使用できるいづれかのプローブとともに使用でき、そして、カンチレバーが上方からまたは下方からのビームを不明瞭にしない、すべてのプローブを含み、原子の力、近接領域および遠方領域の光学用プローブ、化学液体の供給または吸引用の極小のマイクロピペットのプローブ、電気的測定または電磁放射の収集または分配または熱プローブまたは電磁プローブまたは、スキャンされる顕微鏡のための他のプローブおよびプローブの結合を含む請求項 3 4 ~ 4 9 のいづれかに記載の方法。

【請求項 5 1】

ファイバーおよび追加されたレーザを備えたファイバーレンズおよび溶接のための他のデバイスおよびコンポーネントまたはアセンブリのための他のデバイスのアタッチメントを含む、光学コンポーネントの自動および半自動のアセンブリのために用いられる請求項 3 4 ~ 5 0 のいづれかに記載の方法。 10

【請求項 5 2】

いづれかの顕微鏡に結合できる、スキャンされるプローブ顕微鏡であり、プローブのカンチレバーまたはスキャン機構がトップからの放射ビームを不明瞭にせず、その結果、スキャンされるプローブ顕微鏡チャンネルに加え、顕微鏡、リソグラフおよび/または分光モードで使用できる、光学、および電子光学またはイオンビーム照明システムである顕微鏡からの照明のチャンネルを可能にする請求項 3 4 ~ 5 1 のいづれかに記載の方法。

【請求項 5 3】

微粒子またはチップを備えた制御された方法で、光学ビーム、電子光学またはイオンビームシステムを弱くするために、スキャンされるプローブ顕微鏡を用いることにより、いづれかの光学、電子光学またはイオンビームシステムの解像度を改善できる請求項 3 4 ~ 5 2 のいづれかに記載の方法。 20

【請求項 5 4】

光学、電子光学またはイオンビームシステムの校正またはこのシステムのビーム下のサンプルの登録を、その存在により改善できる請求項 5 3 記載の方法。

【請求項 5 5】

波またはX線の拡散または、陰極線照明の分光を改善するために用いることができる請求項 3 4 ~ 5 2 のいづれかに記載の方法。

【請求項 5 6】

フィードバックのために、チップ、サンプルおよびチューニングフォークの幾何学形状のいづれかの結合にしたチューニングフォークを用い、そして、チューニングフォークにチップを接着するか接着しないかにし、そして、チップ取り付けまたはチューニングフォークへの近接取り付けを制御する請求項 3 4 ~ 5 5 のいづれかに記載の方法。 30

【請求項 5 7】

チューニングフォークへのチップ取り付けの制御が、ほぼゼロバックラッシュ移動技術に基づく請求項 3 4 ~ 5 6 のいづれかに記載の方法。

【請求項 5 8】

チューニングフォークは、非接触、接触および中間接触の動作モードで用いることができる請求項 3 4 ~ 5 7 のいづれかに記載の方法。

【請求項 5 9】

フィードバックのためにビームの分配および集光用の单一または複数のチャンネルファイバーを有するフィードバックシステムに基づくファイバーを用い、これらのファイバーは、直線状またはカンチレバー化され、そして信号の検出は振幅、位相、波長または、SPMセンサの移動をモニターするために使用できる、他の光学パラメータに基づく請求項 3 4 ~ 5 5 のいづれかに記載の方法。

【請求項 6 0】

フィードバックのためのビームの分配および集光用に单一または複数のチャンネルファイバーまたは導波管または他の光ガイド用デバイスを有するフィードバックシステムを持つために、ファイバーまたは導波管または他の光ガイド用デバイスを用い、これらのファイバーまたは導波管または他の光ガイド用デバイスは、直線状またはカンチレバー化され 50

、そして、信号の検知は、振幅、位相、波長または、SPMセンサの移動をモニターするために使用できる他の光学パラメータに基づく、請求項34～55のいずれかに記載の方法。

#### 【請求項61】

導波管先端でのサブ波長先端からの内部反射光のパラメータがフィードバック方法として用いられる請求項34～55のいずれかに記載の方法。

#### 【請求項62】

中間接触または非接触の動作モードのためにスキャンされるプローブ顕微鏡で用いられる、チューニングフォークおよび/または圧電体のごとき共振器が、共振振動するセンサとして用いられ、原子または他の力を通じて表面を検知できるプローブに結合される請求項34～61のいずれかに記載の方法。 10

#### 【請求項63】

圧電デバイス、磁歪セルまたは他のコンバータのごとき、電気から機械的移動への振動コンバータは、検出器に機械的に結合でき、その検出器は、折り曲げられた、又は直線状のカンチレバーであり、共振システムに接着され、チップの振動の検出およびその動搖が、差動増幅器および/またはロックイン増幅器により取り出される請求項62記載の方法。

#### 【請求項64】

前記表面に対するチップの特定の距離にて、位置検知器またはチューニングフォークのごとき共振器システムまたは他の同様なデバイスにより検出された時、および光、電圧などの第2の信号をモニターすることにより検出された時、サンプル表面に対するプローブチップの特定の高さでの情報にアクセスでき、前記表面に対するチップの振動周波数の基準信号を含む請求項34～63のいずれかに記載の方法。 20

#### 【請求項65】

表面から特定の距離での信号および、前記表面に対するチップの全体の運動の間の信号の双方をモニターする請求項64記載の方法。

#### 【請求項66】

このような信号を関連した方法で読み出すための能力を持つ請求項64または65に用いることのできる方法。

#### 【発明の詳細な説明】

#### 【発明の詳細な説明】

#### 【0001】

#### [発明の分野]

この発明の分野は、新規な超薄型のスキャン用プローブ顕微鏡の設計であり、以前に利用されなかった特徴を有し、容易に動作し、種々の異なる動作モードで柔軟的に再構成されるものである。この発明は、上方またはその反転方向に遠方領域の光学顕微鏡に完全に調和することを可能にしつつ、プローブがスキャンされる顕微鏡での新規な能力を可能にする。この発明はまた、低温の光学式のクライオスタット(低温器)に容易に導入し、そして、種々のアクセサリの使用を許可する。この発明はまた実行されるべきチップのスキャン方法の多様性を可能にする。

#### 【0002】

#### [発明の背景]

スキャンされるプローブ顕微鏡(SPM)は過去20年間で、多くの段階の発達をとげてきた。これらの顕微鏡の発達での重要な転機は、写真で以前から長年にわたって使用してきた、チューブの圧電体スキャナーの適用であった。このスキャナーは、最初、原子顕微鏡(AFM)[G.Binning and D.P.E.Smith, Rev.Sei.Instrum. 57, 1688(1986)]で用いられた。これは、同様な顕微鏡(一般的にSPMとして分類される)の全体の変形の発達における方法に結びついた。

#### 【0003】

上述に加え、SPMの設計は、サンプルを統合された動作[K.Besoka,Surf.Sei]によりスキャンできる、3つのチューブスキャナーを用いて発達した。更に、圧電エレメントの統合

10

20

30

40

50

された動作により、サンプルをスキャンすることを可能にする、4チューブスキャナーも開示[K.Lieberman,N.Ben-Ami and A.Lewis,Rev.Sei.Inster.67,3567(1996)]されている。

#### 【0004】

最後に、フィードバック機構が、サンプルに密接に接近して、SPMで用いられるプローブまたはチップをスキャンするための観察に用いられるチューニングフォーク(音叉)に基づき特許にされている[K.Karrai and M.Haines, US 特許番号 5,641,896]。そのチューニングフォークは、距離を制御し、そして、サンプルに対するチップの距離調整を提供するように作用する。この特許は、しかしながら、直線状チップの軸に対して直線状チップの特定の移動方向を要求し、通常の力のフィードバックよりむしろ、共有された力の使用のみによって可能にされる点で制限される。

10

#### 【0005】

Karrai 及びHainesの機構は、近接領域をスキャンする光学顕微鏡(NSOM)のために発明され、広く用いられてきた。プローブがスキャンされるこれらの顕微鏡では、光ファイバーが小さい円錐状チップに引き出され、そして、円錐状チップが開口を形成するため金属でコーティングされる。その後、光ファイバーを通じて光が通過し、開口の寸法でもって開口から発散する。

#### 【0006】

円錐状のチップは、チップとサンプルとの距離調整のために、チューニングフォークの一つの先端に取り付けることができる。この方法では、チューニングフォークは、特定の共振周波数で共振し、これは一般に監視時の指示として用いられる。上述した円錐状チップにおける直線状ファイバーの終端が、フォークの先端の一つに沿って、チップが先端から延在するようにして、極めて明確に幾何学的に取り付けられる。そのファイバーの残りは、チューニングフォークの長さに沿って位置し、全長にわたって取り付けられる。このアセンブリの上に、周波数が印加される。チップ／チューニングフォークのアセンブリは、チップが印加された周波数で発振した状態で表面に接近するので、チューニングフォーク内の発振振幅および位相に変化があり、これがチップの位置を変えるために用いられ、その結果、チップ／サンプルの距離が維持される。

20

#### 【特許文献 1】US 特許番号 5,641,896

#### 【発明の開示】

#### 【発明が解決しようとする課題】

30

#### 【0007】

上述でわかるように、KarraiおよびHinesの発明は、チューニングフォーク／直線状光ファイバーのアセンブリの特殊な幾何学形状においてのみ用いることができるので、極めて制限している。しかしながら、より大きな重要な点は、このようなアセンブリの使用の間に、チューニングフォークの特性が、光ファイバーチップをその先端に取り付けることにより、強烈に影響されることが明白になることであり、このことは試みられた他の幾何学形体[H.Muramatsu,N.Yamamoto,T.Umemoto,K.Homma,N.Chiba及びM.Fujihara,Jpn.J.Appl.Phys.,36,5753(1997)]、およびチューニングフォークの先端の一つの上のシリコンカンチレバー[W.H.J.Rensen,N.F.van Hulst,A.G.T.Ruiter及びP.E.West,Appl.Pfys.Lett.,75, 1640(1999)]と無関係である。

40

#### 【0008】

特に重要な一つの変形は、制御できない方法においてQファクタの低減である。最近、この問題を喚起する試みがなされた[D.N.Davydov,K.B.Shelimov,T.L.HaslettおよびM.Moskovits,Appl.Phys.Lett.75,1796(1999)]。これらの研究者は、Qファクタの変更に対する理由の一つは、そのようなファイバーチップが先端の一つに取り付けられた時、チューニングフォークの対称性を破ることであると示唆した[D.N.Davydov,K.B.Shelimov,T.L.HaslettおよびM.Moskovits,Appl.Phys.Lett.75,1796(1999)]。これらの研究者は、直線状光ファイバーチップを、対称性の破壊を最小にするようにして設置することは、Qファクタの変更の程度に影響を与えることができる。更に、チューニングフォークの技術の問題に対する別の理由のとして、大量のファイバーが与えられる。しかしながら、Qファクタの変

50

更の程度を直接の制御は達成されていない。Davydov その他により提起された問題は、チューニングフォーク技術の一般的な問題の症状である。

【0009】

チューニングフォークを持つ、あるいは持たないチューブのスキャンシステムは、サンプルのスキャンのための顕微鏡を設計するか、あるいは、チップのスキャンのための顕微鏡を設計するために、これまで採用されてきたが、長年にわたり、直線状チップに対するチューブスキャナーまたはチューニングフォークが力のフィードバックを切断するので、チップおよびサンプル双方のスキャンする顕微鏡を設計することは実現されなかった。

【0010】

更に、チューニングフォーク／チップのアセンブリの制御された装填のための方法およびデバイスは公知技術で述べられておらず、そして、この発明においてこの制御を可能にするチップおよびチューニングフォークのための幾何学形状は達成されていない。更に、制御された態様で、スキャンされるプローブチップをチューニングフォークに取り付けるために要求される接着剤の量を低減する方法は存在しなかった。スキャンされるプローブの顕微鏡をスキャンするチップ／サンプルを形成するために、このような方法およびフィードバックを用いる際の大きな問題および利用可能な幾何学形体を達成する際の大きな問題があり、これは我々の発明が指摘したものである。更に、チップをチューニングフォークに接着する必要性のないように設計されたチューニングフォークの報告はない。最後に、この発明に基づく利用可能なチップのフィードバックの他の方法、およびこの発明のチップ／サンプルをスキャンする顕微鏡システムを可能にする他の方法の変形は過去に開示されていない。

【0011】

更に、縦型の顕微鏡のレンズは、動作の間、スキャンされるプローブの顕微鏡を同時に観察できるように、公知のチップをスキャンさせる顕微鏡は縦型の通常の光学顕微鏡の上に配置できない。チップをより広い視野内に位置させるだけでなく、狭い領域をスキャンする光学顕微鏡に適したチップで照らされたサンプルからの光を同時に集めることは重要である。近い領域の光学および原子の顕微鏡チップを有する光学顕微鏡のイメージの校正も重要である。

【0012】

上述のすべては、商業タイプのSPMのみならず、あらゆる報告された研究所タイプに対しても真実である。

【課題を解決するための手段】

【0013】

この発明によれば、チューニングフォーク上のチップの配置の対称性が必要でないのみならず、理想的に特性のチューニングフォークをより少なく製造するに際し、多量のファイバーが重要な要素でない。かわりに、この発明は、主な問題が、ファイバーをチューニングフォークに取り付けるために用いられる接着剤であることを示している。従って、この発明は、上述した問題を再現可能な方法で解決する方法で、チューニングフォークの装填を可能にするアプローチに向けられる。この発明はまた、チューニングフォークのフィードバックがこの発明の結果のように追加的に動作している時にも、チューニングフォークのフィードバックに張り合うフィードバックのための他の方法の変形に向けられる。

【0014】

フラットなスキャナーを使用して、種々のエミュレーションでチップおよびサンプルのスキャンを可能にする取替え可能な超薄型プレートのシリーズに基づく新規なスキャン用のプローブ器具を開発するために、本発明は、カンチレバー構造のシリコンまたはガラスのAFMタイプのチップをスキャンさせるための3つの異なる方法の一つを発展させる。

【0015】

この発展の一部として、チップ／サンプルをスキャンさせるSPMが構築されるのを可能にする、チップおよびチューニングフォークに対する対称性を達成するため、制御されたチューニングフォーク／チップのアセンブリが提供される。更に、この発明は、制御され

10

20

20

30

40

50

た方法にて、スキャンされるプローブチップをチューニングフォークに取り付けた後に残る接着剤の量を低減させるか、このアセンブリにおいて接着剤を完全に排除する方法を開示する。この方法は、このチップ／サンプルのスキャン用設計だけでなく、チューニングフォークのすべての使用にも適用できる。更に、チューニングフォーク上へのチップの装填が、軸変位およびファイバーでの伸長を招くことなく、達成されることが見出されている。そして、このことが、このチップ／サンプルのスキャン設計だけでなく、チューニングフォークのすべての使用にも適用できる。最後に、この発明の改善されたチップ／サンプルのスキャン設計を可能にする、フィードバックへの他のアプローチが開示される。

#### 【0016】

この発明に起因する超薄型のSPM顕微鏡は、いずれかの光学顕微鏡の上に上向にまたはその逆に設置できる第1のチップのスキャンシステムを具体化する。それは、同じ装置内でチップまたはサンプルのスキャンを許可し、そして、AFMモードの動作(チップがサンプルと非接触または一時的に接触)から一定モードの動作(チップがサンプルと常時、接触)に切り替え可能である、第1のSPMである。第1のチップまたはサンプルのスキャンシステムはまた、上向きの光学顕微鏡のすべてのレンズがSPM動作時に自由に回転を許可し、そして、第1のSPMは、二つの個別に制御されるチップがサンプルに接触するようとする。この発明は、上述した特徴の一つまたはすべてを有した状態で、顕微鏡が光学機または他の冷却器の中に容易に挿入されることを可能にする。それは、共焦点の光学顕微鏡に対しても用いることができ、また、液体環境下で動作を可能にするアクセサリと協働できる。

10

20

30

30

#### 【0017】

従って、この発明は、二つのプレートがスキャンされるプローブ顕微鏡に向けられ、これは、トッププレートと底部のプレートを含み、一方のプレートは、チップのスキャンを可能にし、他方はサンプルのスキャンを可能にし、スキャンされるプローブ顕微鏡の光軸は自由であり、標準の光学顕微鏡への組み込みを許可する。この発明の一つの実施例では、トップのプレートは、底部のプレートに対してヒンジ機構で設けられ、サンプルへのプローブの粗いアプローチは、DCあるいは他のモータにより引き起こされる。この発明の別の実施例では、トップのプレートは、底部プレート上に単に載置され、粗いアプローチは、二つのフラットなスキャナーが大きいz範囲を持つことを可能にする、DCモータまたは他の機構により引き起こされる。

#### 【0018】

別の実施例では、トップのプレートは、光軸を自由に保ちながら、正規のビーム方向を持つものに置き換えられる。そして、更に別の実施例では、顕微鏡は3つのプレートを含み、サンプルのスキャン、チップのスキャンおよび二つのチップが同時に操作されることを可能にする。フラットなプレートのチップスキャナーは、選択されたいずれかのスキャン用のステージ(正規の顕微鏡に取り付けられるものを含む)で動作できる。

#### 【0019】

この発明の装置は、通常の冷却器の容器内で動作し、その内部ではサンプルは4°K程度に冷却される。

#### 【0020】

この発明による顕微鏡は、液体セルを用いてもよく、セル内では、サンプルはサンプルスキャン用プレートに保持され、そして、チップはチップスキャナープレート内のチップマウント内に保持され、そして、標準のビーム偏向技術(これはレンズで観察するために妨害されない装置の光軸を有する)を用いて動作するチッププレートを含んでもよい。このレンズは、固体の没入レンズであってもよい。顕微鏡は、シリコンカンチレバー技術で製作された近接領域の光学エレメントを用いてもよく、そして、無開口の近接領域をスキャンする光学顕微鏡のための無開口のプローブを用いてもよい。顕微鏡はまた、自動および半自動の光学コンポーネント(ファイバー、レーザおよび他の装置に付加されるファイバーレンズを含み、および溶接を含む)によるアセンブリのために用いられてもよく、または、コンポーネントまたは他の装置の取り付けのための手順が用いられてもよい。

40

50

## 【0021】

その顕微鏡は、フィードバックのために、幾何学形状のチップ、サンプルおよびチューニングフォークのいずれかの結合で、および、チューニングフォークへチップを接着して、または接着せずに、チューニングフォークが用いられてもよい。チューニングフォークへのチップ取り付けの制御は、ほぼ、ゼロバックラッシュ移動の技術に基づいてもよく、そして、チューニングフォークは、非接触、接触および中間接触の動作モードで用いることができる。フィードバックのためにビームの供給および集光のための单一または複数のチャンネルファイバーを有する、フィードバックシステムに基づくファイバーは、直線状のまたはカンチレバー構造のファイバーを用いてもよく、そして、信号検知は振幅、位相、波長または他の光学パラメータ(SPMセンサの移動をモニターするために利用できるもの)に基づいてもよい。そのフィードバック信号は、所望により、導波のチップにて副の波長のチップからの内部反射光に基づいてもよい。

10

## 【0022】

この発明は、スキャンされるプローブ顕微鏡の方法にも向けられ、2枚のプレートがスキャンされるプローブ顕微鏡を用い、一つはチップのスキャンを、他方はサンプルのスキャンを可能にし、このスキャンされるプローブ顕微鏡の光軸は、標準の光学顕微鏡への組み込みが自由であり、チューニングフォークは、幾何学的なチップ、サンプルおよびチューニングフォークのいずれかの結合にされ、かつ、チューニングフォークにチップを接着して、または接着せずに、かつ、チューニングフォークへのチップ取り付けまたは近傍取り付けの制御によって、または、フィードバックのために用いられる。チューニングフォークへのチップ取り付けの制御は、ほぼゼロのバックラッシュ移動技術に基づき、そして、そのチューニングフォークは、非接触、接触および中間接触の動作モードで用いることができる。フィードバックのためにビームの供給および集光のために单一または複数のチャンネルファイバー(これらのファイバーは直線状またはカンチレバー構造)を有し、振幅、位相、波長または他の光パラメータに基づき信号を検知するフィードバックシステムに基づくファイバーは、SPMセンサの移動をモニターするために用いられる。

20

## 【0023】

この発明は、ここでは、その使用に関し、いずれかの光学顕微鏡(減衰波光学顕微鏡または、ステージ又はビームスキャンの共焦点顕微鏡(これは正規のレンズを通じた照明を有するか、又はレンズを持つか持たないファイバープローブを有するか、または一体のレンズを有するファイバーを有する))を述べたが、他の実施例において、この発明が、いずれかの顕微鏡、リソグラフィまたは分光器(波およびx線分散または陰極線照明を含む)のシステムにおいて、单一または複数プレートがスキャンされるプローブ顕微鏡の述べられたシーケンスを統合して用いることができる。前記システムでは、ビームがトップまたは底部または双方から導かれ、スキャンされるプローブシステムで用いることのできるいずれかのプローブとそのような幾何学形状にして用いることができ、これらのプローブシステムは、原子の力、近接領域および遠方領域の光学品のためのプローブ、化学液体の供給または吸引または、電気的測定または電磁放射の収集または供給のための極小マイクロビペットのプローブ、またはサーマルプローブまたは電磁プローブまたは他のプローブおよび、スキャンされるプローブ顕微鏡と共に使用できるプローブの結合を含む。これは、スキャンされるプローブ顕微鏡チャンネルに加えて、統合される顕微鏡からの照明チャンネルを許可し、その顕微鏡は、光学、電子光学、またはイオンビーム照明または他のビーム指向システムであってもよい。これは、この明細書で述べたスキャンされるプローブ顕微鏡は、单一または複数のプレートであってもよく、プローブとそれらに関係したスキャン機構(プローブのカンチレバーまたはスキャン機構がトップからの照明を不明瞭にしない)を持つという事実から起因する。

30

## 【0024】

更に別の実施例では、单一または複数のプレートタイプのこれらの顕微鏡は、このような測定のために、真空チャンバーからスキャンされる顕微鏡または走査電子顕微鏡へ堆積されたフィルムを取り除くことなく、いずれかのビーム導入システム(堆積されるフィル

40

50

ム上の位置情報において厚さが重要な高真空堆積システムを含む)と結合できる。このような堆積システムは、熱、電子、イオンビーム、原子ビーム、分子ビームの堆積システムに基づく薄いフィルムの堆積システムを含むことができる。

【発明の効果】

【0025】

この結果、広く言えば、この発明は、単一または複数プレートのスキャンプローブ顕微鏡に関し、これは、單一プレートのチップスキャンシステムまたは、チップスキャナープレートおよび底部スキャナープレート(一方のプレートがチップのスキャンを許可し、他方がサンプルのスキャンを可能にする)を含み、スキャンされるプローブ顕微鏡の軸は、スキャンされるプローブシステムの軸をトップ、底部または双方で自由にする、ビーム導入システムへの組み込みが自由である。10

【発明を実施するための最良の形態】

【0026】

上述の内容、およびこの発明の追加的な目的、特徴および利点は、それについての好ましい実施例の以下の詳細な説明および添付図面から理解されるであろう。

【0027】

1. チューニングフォークのフィードバック

この発明の一つの好ましい実施例は、図1、2に示され、チューニングフォーク(1.1および2.1)がフォークホルダー(2.2)上にマウントされる。フォークホルダー上のチューニングフォークの装着は、複数の方向の内のひとつであってもよい。そのチューニングフォークは、図1および2で示したように用いることができ、または、この発明に基づき、サンプルへの方位に対してもこれの方向にも設置できる。図3において、チューニングフォークを、記入した3つの軸で図式的に示す。サンプルおよびチップ軸も示した。そのチューニングフォークは、そのz軸を、サンプルのz軸と平行にして配置でき、あるいは、チューニングフォークの他のいずれかの軸を、サンプルのz軸と平行にして配置でき、他の方位も可能である。チューニングフォークの振動はチューニングフォークのy軸に沿う。20

【0028】

また、図3には、SPMチップが自身の組の軸に関して示される。そのチップは、直線状のファイバーまたは、図4Aで示されるようにカンチレバー構造のファイバー(4.1)、または図4Bで示されるようにシリコンのカンチレバー(4.2)に結びつけることができる。しかし、重要な方位は、サンプルおよびチューニングフォークの軸に対するチップの方位である。そのチップは、図3で示されるように、常に負のz軸に向けて位置する。しかしながら、得られる現実のフィードバック信号は、チップのz軸が、チューニングフォークのy軸振動に対し、いかに位置するかに依存する。たとえば、図1に示されるように、チューニングフォークは、そのy軸がサンプルのz軸と平行にして位置する。そのチップは、そのz軸がチューニングフォークのy軸と直交して位置し、そして、そのカンチレバーは、チューニングフォークのx軸と垂直にして位置する。この形態では、チューニングフォークがそのy軸に沿って振動するので、そのチップは、サンプル表面に対して垂直で、かつ、サンプルのz軸と平行に振動する。これは、垂直の力のフィードバックであるフィードバック信号を与え、サンプルがチップに垂直の力を加え、それが、チップを担っているチューニングフォークの先端で検知される。3040

【0029】

図5にあるような別の例では、チューニングフォーク(5.1)は、そのy軸がサンプルのz軸と直交して位置する。カンチレバー構造のチップは、そのz軸がチューニングフォークのy軸、z軸と直交して位置し、そのカンチレバーはチューニングフォークのy軸、z軸と直交する。この構造では、チューニングフォークがそのy軸に沿って振動するので、チップは、サンプルのxy平面に横方向に、かつ、サンプルのりz軸に直交に振動し、フィードバック信号のために用いられる力は横方向の力と呼ばれる。この例では、横方向の動きは、チューニングフォークが位置するマウントの位置に依存して、x、y軸に沿う50

。

### 【 0 0 3 0 】

図 6 にあるような別の例では、チューニングフォーク(6.1)は、その y 軸がサンプルの z 軸に直交して位置する。チップ(6.2)は、その z 軸がチューニングフォークの y および x 軸に直交して位置し、そして、直線状のチップなので、カンチレバーはない。この形態では、チューニングフォークがその y 軸に沿って振動するので、チップは、サンプルの x y 面と横方向に、かつ、サンプルの z 軸と直交して振動する。この例では、横方向の動きは、チューニングフォークが位置するマウント上の位置に依存して、x または y 軸に沿う。3つのエミュレーションを物理的に図 1、5 および 6 に示すが、それらは、方位のみを意味するものではなく、上述から明らかなように、種々の変形が可能である。

10

### 【 0 0 3 1 】

これらの方位は、この発明の基本である装着技術が実現されないなら、不可能である。図 6 に示したような装着には、3つのエレメントがある。最初に、ホルダー(6.3)があり、そのホルダーを通じてチューニングフォークが設けられる。次に強磁性ガイド(6.4)がある。そのホルダーおよび強磁性ガイドは同じマウント(6.5)に取り付けられる。チップに取り付けられるカンチレバーまたはファイバーは、一つのエミュレーションでは磁石(6.6)に接着される。スプリングやねじのようなすべての機械的なコネクタの場合にあるように、バックラッシュがなく、予めの装填を必要としない、磁石スライダーのアセンブリを提供するために、その磁石は強磁性ガイド上に位置する。この結果、ファイバーとフォークの間の結合に加わる追加的な力はなくなり、その結合は、力のフィードバックのために印加された、外部からの小さい動きに対して機械的に安定する。

20

### 【 0 0 3 2 】

一つの好ましい実施例では、チューニングフォークの振動特性が測定される一方、チップがチューニングフォークに近接するように、前記結合が調整される。チューニングフォークへのチップの動きは、物理的な接触の前に停止され、その共振周波数、振幅および位相の一つまたはすべてを測定することにより、モニターされる。達成された距離は、チューニングフォークの振動特性の測定感度に依存する。可能な限り接近した距離での測定は除かれる。そして、これは、強磁性ガイドおよび磁石(これはバックラッシュ無しのスライダーアセンブリ)を用いて達成される。このポイントで、カンチレバーまたはファイバーが接着される。接着後、共振をモニターできるかを確実にするために、アセンブリの共振周波数がチェックされる。

30

### 【 0 0 3 3 】

別の構成では、チューニングフォークの振動特性を測定することにより、チップをチューニングフォークへもって行くために、特性に合致し、チューニングフォークに接触することなく停止できる、ファイバーまたは、他の移動技術の保持を容易のために毛細管の使用を含む。

40

### 【 0 0 3 4 】

接着剤が乾燥した後、大量の接着剤が、注意深い溶剤の添加により、最小に低減できる。チューニングフォークの電気的接続は、電気信号を印加してチューニングフォークを振動させるために、マウント(1.2 および 2.3)の本体への取り付けである。

40

### 【 0 0 3 5 】

別の構成では、フォークとチップの間に接着剤を必要としない。このような構成では、その一例を図 7 に示す。チップおよびカンチレバーまたは直線状のチップの圧電変換器または他の極小変換デバイス(7.3)への適した取り付けにより、チューニングフォーク(7.1)およびカンチレバー構造または直線状のチップ(7.2)が互い移動できる。このデバイス(7.3)は、チップおよびチューニングフォークの相対移動を行える。明白なように、チューニングフォーク、AFMセンサおよびサンプルのために、上述したような他のすべての幾何学形状を想到できる。チップおよびチューニングフォークさらに圧電エлементさえもマイクロ製作の方法で一つのアイテムとして製造できる。上述のすべてにおいて、チューニングフォーク自身もいずれのチップも持たないAFMセンサとして使用できる

50

ことが、無視されてはならない。

【0036】

SPMセンサをチューニングフォークに近接させるための方法およびデバイスは、チューニングフォーク技術を用いてAFMの接触および非接触モードを提供する。圧電変換器のごときデバイス(7.3)は、共通ホルダー(7.4)に取り付けられ、このホルダーはAFMセンサ(7.2)をも保持する。チューニングフォークがAFMセンサチップの存在を検知可能とする、チューニングフォークからAFMセンサチップへの距離を制御して、AFMセンサのチップは、移動するために用いた圧電デバイスでもって、チューニングフォークに接近し、かつ、制御された近接常態で位置する。AFMセンサチップがサンプルの幾何学的構造に応答して上下に移動する時に、チューニングフォークの振幅および位相の変化は、フィードバック信号として用いることができる。この移動は、AFMセンサのカンチレバーとチューニングフォークとの間の距離を変化させ、このことが、チューニングフォークの振動振幅および位相を変える。10

【0037】

要約すると、チップの発展使用およびプローブがスキャンされる顕微鏡でのサンプルのスキャンのためのフィードバック方法は、チップの装填方法が、過去の権威者(D.N.Davydov,K.B.Shelimov,T.L.Haslett and M.Moskovits, Appl. Phys. Lett. 75, 1796(1999))が、Karrai and Hines(K.Karri and M.Haines, US 特許番号 5,641,896)および、Karrai and Hinesにより発明された以外の幾何学構造を用いる他の権威者により述べられたような、チューニングフォークのフィードバックの問題源として示したようなフォークまたは多数のフォークの対称性のいずれの破壊よりも重要である。この装填方法の一部として、大量の接着剤は、いずれの対称問題よりも、より重要であり、また、Davydovにより示唆されたような大量のプローブよりも更により重要である。更に、チップをチューニングフォークに装填する時に、応力が欠如していることも非常に重要である。上述したすべての場合に、一つの先端が振動され、その先端から測定がなされるか、両方が同時に振動されてもよい。20

【0038】

2. ファイバービームの偏向フィードバック

フラットまたは他のスキャナーへの統合を可能にし、およびチップまたはサンプルのSPMを可能にする、チップスキャンのフィードバックのための別の方法は、標準ビーム偏向方法論に基づき、その方法論では、ダイオードレーザビームがAFMセンサのカンチレバーから反射され、そして、位置検知器に入射される。これは、AFMフィードバックで最も広く用いられている方法である。このような方法をチップのスキャンに適用する際の重大な问题是、カンチレバー上にビームを維持して、チップがスキャンされる間、安定な方法でカンチレバーからまたは直線状のチップから反射を起こさせることである。一般的な解決は、チップがスキャンする時にビームの位置を調整する複雑なミラーシステムを用いる。しかし、これは、カンチレバー構造のチップを扱っている時、標準の光学顕微鏡で直接に見る場合に比べ、サンプルのトップを不明瞭にする。この発明のチップおよびサンプルスキャンの顕微鏡の部分として、ビーム偏向フィードバックのための二つの新規な方法が開発されており、標準となっていた複雑なミラーシステムを用いることなく、チップのスキャンを可能にしている。3040

【0039】

第1の方法を図8に示しており、ビーム偏向チップ内の標準ミラーおよびスキャン用チップのマウントが、二つの光ファイバー(8.1)および(8.2)で置き換えられる。そのチップマウントは、照明用ファイバー(8.1)と集光用ファイバー(8.2)との間にスペースを与える。カンチレバー構造のチップが採用された時は、このスペースは、レンズでサンプルを見ることを可能にする。図8のアセンブリは、チップマウント内に組み込むことができ、その例を図9に示しており、以下に示すチップスキャンのフラットなスキャナーに適合する。

【0040】

10

20

30

40

50

ビーム偏向に基づくチップおよびサンプルスキャンの顕微鏡を可能にする第2の方法を図10に示し、第2のカンチレバー構造のAFM, NSOMまたはSPMセンサ(10.1)の上に光のポイントを向けるために、カンチレバー構造の複数チャンネルのファイバープローブ(10.0)を備える。光のポイントは、複数チャンネルファイバーの一つのチャンネル(10.2)を通じて向けられたビームにより、生成され、別チャンネル(10.3)を通じて集光される。複数チャンネルのカンチレバー構造のエレメントは、二つ以上、用いられてもよいことが理解されよう。図10の変形の例は、他を排除しないが、5チャンネルのデバイスであり、1つのチャンネルはSPMセンサを照らし、他の4つは、複数チャンネルチップからの通常のおよび横方向のセンサのカンチレバーの位置に依存して、異なる角度への反射を集める。

10

## 【0041】

これとは別に、例えば、SPMセンサのカンチレバーに接近した3チャンネルのチップであってもよく、2チャンネルはレーザビームに関係した位相を送信し、他のチャンネルは集光器として作用する。チャンネル数を変更でき、当然、直線状のチップ、振幅および位相信号の結合を含む。更に、種々の動作のセンサカンチレバーまたは直線状チップも使用できる。また、SPMの移動をモニターできるいざれかの光学現象も採用できる。

## 【0042】

## 3. 内部フィードバック

光ファイバーのような導波管がSPMセンサに基づくAFMとして採用される時に用いることのできる第3の一般的なフィードバック方法を図11に示す。この図において、レーザービーム(11.1)は、AFMセンサとして機能するカンチレバー構造のファイバー内に注入される。チップ(11.2)は変調されるので、光はチップ領域から反射して、光が注入された方向に沿ってバックする。その反射された光はまた、ファイバー内で変調され、変調されたリターン信号の位相および振幅が適切に検出され、そしてフィードバック信号として用いられる。

20

## 【0043】

最後に、上述のすべての方法は、AFM動作の接触、断続的な接触または非接触のモードの変更で用いることができ、チップ/サンプルのスキャンシステムの他のエミュレーションのいざれかを用いることができる。更に、ある幾何学形状および材質が上述の多くに採用されるが、bimorphsのような異なる材質、圧電性のコーティングを有する他の圧電セラミック材料および、イメージセンサおよびフィードバックセンサなど他の圧電セラミックに対する異なる幾何学形状も可能である。また、複数チャンネルのファイバーの場合、圧電エレメントを用いることなく、かつ、極めて高い解像度を与える方法で、カンチレバーを瞬間に加熱および冷却して、カンチレバーを穏やかに振動さるために、チャンネルの一つを通じてレーザを供給できる。

30

## 【0044】

本発明に基づく、チップ/サンプルをスキャンする複数プレートの再現可能な顕微鏡の例(他のエミュレーションを排除しない)は、図12の(12.1)および(12.2)で示した2枚プレートのものであり、2枚のプレートでチップまたはサンプルのスキャンを可能にする。この動作モードでは、2枚プレートのチップ/サンプルをスキャンする顕微鏡は、一般的な垂直の光学顕微鏡(そのすべてのレンズは回転自在である)のレンズ(12.3)とサンプルステージ(12.4)との間に挿入される。プレートの長い範囲の移動は、そのようなフラットのスキャンさせるプレートの長い範囲に単に基づくものである。あるいは図示したように、ステッピングモータ(12.5)、インチワーム、いざれかのDCモータなどのデバイスが、サンプル(12.6)へのチップのアプローチのために用いることができる。チップをスキャンするプレートは、回されるか、クリップ留めが解除されるか、または他の手段で底のプレートに取り付けられるかして、持ち上げられるか、取り外される。通常の接触動作用のプレート(13.1)には、ダイオードレーザ(13.2)および位置検出器PSD(13.3)を挿入できる。

40

## 【0045】

50

これとは別に、チップをスキャンさせる同じ上側のプレート(12.1)を用いることができ、そのプレートにダイオードレーザおよび位置検出器が追加される。チップおよびサンプルをスキャンさせるプレートを適切に備えることで、この器具は、ステップモータ、インチワームおよび同種を用いることなく、サンプルおよびチップ間で0.2mmものz方向の拡張を可能にする。これは以前には決して実行できなかった。プレートの一つを適所に備えることで、この拡張は0.2mm値の半分に低減される。

#### 【0046】

液体セルを含む多数のアクセサリをこれらの新規な顕微鏡に用いることができる。図13のごとく、トップのプレートを有する一つのエミュレーションでは、液体セルは、その結果、適したビーム偏向のための構造を持つ。液体セルは、上述したチューニングフォークに似たフィードバックのごときビーム偏向以外の他の方法でも実現できる。小さい修正が図14の液体セルの設計に対して施される。10

#### 【0047】

図14の設計において、チップマウント(14.1)はトップのプレート(これはスキャンするプレートまたはスキャンしないプレートであってもよい)上に設けられ、液体セル(14.2)は、上述した顕微鏡のサンプル用の下プレート上に設けられる。更に、液体セル内の液体を取り替えるために液体の入口および出口用の二つのチャンネルがある。

#### 【0048】

図15に示したようなチップマウントの構成は、チップホルダー内の円錐体底部の孔(15.1)に接着されたガラス窓を含む。また、磁石の二つの強磁性極(15.2)および(14.4)も示す。これらの極はエアギャップまたは窓を有する磁気回路を形成するが、これらの二つの極は、チップを含むチップホルダーを位置させる。そのチップホルダーは、チップが窓の下(15.3)に位置するように設けられる。20

#### 【0049】

図16に示すように、液体セルが、フィードバックのための通常のビーム偏向システムと共に用いられた時、チップ(16.1)に光を向けるために、そして、その後、反射光を光検出器(16.2)に向けるために、2重ブリッジ構造が前記窓の上に設けられる。このブリッジは、ギャップを有する二つのミラーからなり、これらの二つのミラー間のギャップにより、垂直の顕微鏡でトップからサンプルを見ることを保持する。この設計は、二つのブリッジを、二つのミラー間の間隔について、および相対の角度について調節するに際して柔軟性を与える。30

#### 【0050】

別の可能な構成では、サンプルのスキャンに加え、二つのチップを独立してスキャンする能力を有する、複数プレートのSPM器具を構成できる。これは、これまでのSPM器具が以前に持ち合わせていなかった別の能力である。これを達成するため、図17に示すように、一つが別のトップに位置する3つのプレートが用いられる。二つの外側のプレート(17.1)および(17.2)のそれぞれは、サンプルまたはチップをスキャンでき、前記二つのプレートに積層されたプレート(17.3)もチップを保持できる。このプレート上のチップは、一つのエミュレーションでは、圧電チップ調整器、上述したおよび電気的または光学的に基づいた検出法を用いてサンプルと接触するように位置させる。40

#### 【0051】

フィードバックは、サンプルをスキャンするプレートで達成でき、または、このチップを保持する中間のプレートがプレート(17.2)として、同じフィードバックおよびスキャン能力を持つ。チップをスキャンする外側のプレート(17.2)は、第2のチップを保持する。このチップは、中間プレートにある孔を通じてサンプルと接触するように位置される。この第2のチップ上のフィードバックは、チップをスキャンするプレート(17.2)により達成される。このエミュレーションでは、チップの一つが直線状チップであり、その他は、カンチレバー構造のチップであるが、二つの直線状のチップまたは二つのカンチレバー構造のチップまたは、各々の一つが二つのスキャンさせるプレートのいずれか一方に接続されたものを用いた設計が可能である。50

## 【0052】

上述した2つまたは3つのプレートの超薄型のSPM設計は、光学冷却器および、通常の冷却器に対して容易に用いることができる。冷却器は制限されたスペースを持ち、この顕微鏡の設計は冷却器内のSPMに対して理想的である。光学冷却器の特定のケースでは、放射光で出入り口となる平行な光学窓(18.1)および(18.2)間の限られたスペースがある。このSPM設計は、二つ(18.3)または3つのプレート構造における(18.1)および(18.2)で名づけられた窓の間に挿入されるのが理想的である。利用できる冷却方法として、それは、サンプルを冷却するための冷却ブレード(18.4)、冷却フィンガーまたは覆っている液体またはガスクーラントである。ブレード(18.4)または冷却フィンガーの場合、チップは室温にされ、これは、スキャン範囲が温度によって影響されるので、チップをスキャンさせるモードで有利である。

10

## 【0053】

この再現可能な複数プレートの顕微鏡の構造を通じて特定の構造を述べてきたが、この発明は極めて普遍的であり、多くの他の設計に適用できる。例えば、図19に示したように、この発明は、チップをスキャンさせるプレート(19.1)は、底のプレートを用いることなく、要求に応じて選択できる、大きいサンプルスキャンのステージ(19.2)で機能させることを可能にする。このチップスキャナーは、ライン上にチップおよび、サンプル観察用のレンズを持つために、正規の顕微鏡のレンズに取り付けることもできる。

20

## 【0054】

この発明の設計は、液体セル、チューニングフォーク、新規なビーム偏向方法を備えたようなものに一般的な適用できる。また、いずれかのタイプのチップ(制限されないものを含む)、直線状のチップ、カンチレバー構造のチップ、正規のシリコンカンチレバー(特に近い領域の光学適用に作成されたものを含む)、および金チップのカンチレバー(これは特に開口無しの近い領域の顕微鏡および、顕微鏡レンズに比べてSILの高い調整を有する2重プレートの顕微鏡のトップのプレート上に位置できる、固体の没入レンズ)と協働するための設計が理想的である。

20

## 【0055】

簡単に述べると、このような機能を備えた顕微鏡はこれまでなかった。この発明のデバイスおよび方法の適用は、プローブがスキャンされる顕微鏡のすべての領域を包含し、そして更に、2つのプレート構造は、ファイバーのアライメントのために、集積化光学エレメントの自動的な部品のアセンブリのためにこのシステムが効果的に使用されることを可能にする。これらの後者の適用に対し、システムは、レーザ溶接、およびアセンブリのために部品または他のデバイスのアタッチメントが追加できる。

30

## 【0056】

この発明は好ましい実施例に関して述べてきたが、この発明の真の本旨および範囲(これについては特許請求の範囲で述べている)からそれることなく、多くの変形が可能であることが理解されよう。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0057】

【図1】サンプル上で適応されるチューニングフォークのチップマウントを示す上方からの斜視図

40

【図2】図1のチューニングフォークのチップマウントの底から見た斜視図

【図3】チューニングフォーク、チップおよびサンプルの可能な軸の方位を示した図

【図4A】カンチレバー構造の光ファイバーの近い領域の光学および原子の力センサの顕微鏡写真

【図4B】カンチレバー構造のシリコンセンサチップの顕微鏡写真

【図5】チューニングフォークのチップマウントの第2の実施例を示す上方からの斜視図

【図6】チューニングフォークのチップマウントの第3の実施例を示す上方からの斜視図

【図7】チューニングフォークと接触モードの動作に対するチップマウントの上方からの斜視図

50

【図 8】チューニングフォークと接触モードの動作に対するチップマウントの上方からの斜視図

【図 9】2本のファイバービーム偏向システムのためのチップマウントの上方からの斜視図

【図 10】レーザ光をSPMセンサのカンチレバー構造のチップに偏向させるためのカンチレバー構造の複数チャンネルのチップに対する概略図

【図 11】光導波管およびその導波管に注入される光ビームを用いた内部フィードバック機構の概略図

【図 12】顕微鏡のレンズと通常の顕微鏡のステージとの間の二つのプレートチップ／サンプルをスキャンするSPMを示す図

【図 13】レーザダイオードおよびPSDを組み込んだ、トップのプレート構造の変形を示す図

【図 14】液体セルの一つの実施例の斜視図

【図 15】液体セルのためのチップマウントの底からの斜視図

【図 16】通常のダイオードレーザ反射のフィードバックを有する液体セルに対する2重ミラーブリッジの斜視図

【図 17】3つのプレートを持つ顕微鏡構造の概略図

【図 18】複数プレートを持つ顕微鏡構造の低温タイプを示す図

【図 19】大きいサンプルステージを有するチップスキャナーとして単一のプレートを持つ顕微鏡を示す図

#### 【符号の説明】

##### 【0058】

- 1 . 1 チューニングフォーク
- 2 . 2 フォークホルダー
- 4 . 1 ファイバー
- 4 . 2 カンチレバー
- 6 . 2 チップ
- 6 . 3 ホルダー
- 6 . 4 強磁性ガイド
- 6 . 5 マウント
- 6 . 6 磁石
- 7 . 3 極小変換デバイス
- 7 . 4 共通ホルダー
- 8 . 1 照明用ファイバー
- 8 . 2 集光用ファイバー
- 10 . 1 SPMセンサ
- 11 . 1 レーザビーム
- 12 . 1 プレート
- 12 . 3 レンズ
- 12 . 4 サンプルステージ
- 12 . 5 ステッピングモータ
- 12 . 6 サンプル
- 13 . 1 プレート
- 13 . 2 ダイオードレーザ
- 14 . 2 液体セル

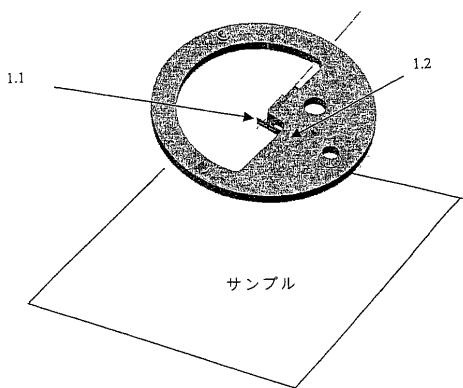
10

20

30

40

【図 1】



【図 2】

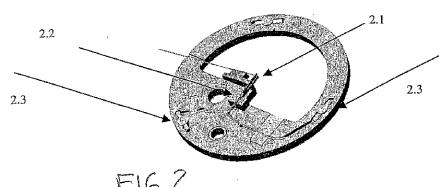
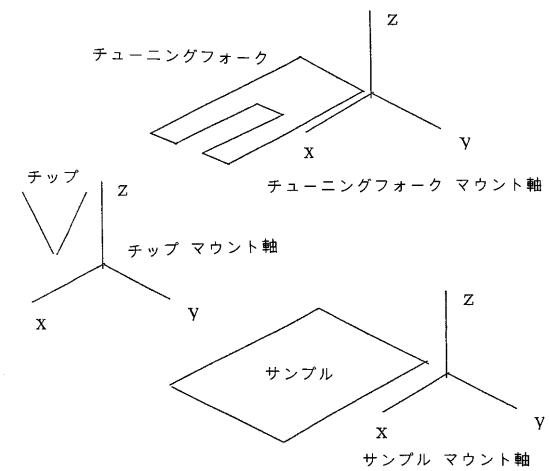
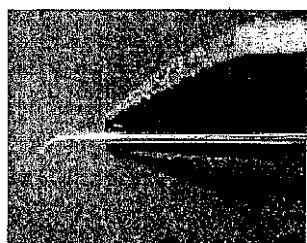


FIG. 2

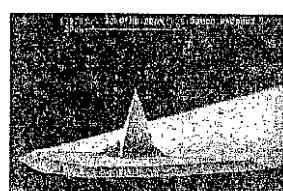
【図 3】



【図 4 A】

4.1  
FIG. 4A

【図 4 B】

4.2  
FIG. 4B

【図 5】

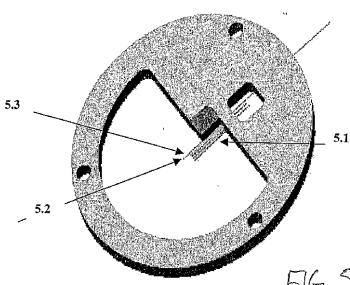
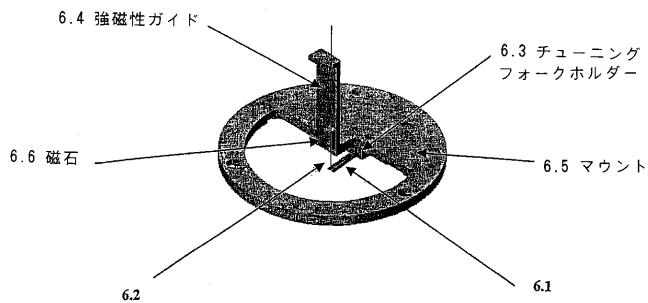


FIG. 5

【図6】



【図8】

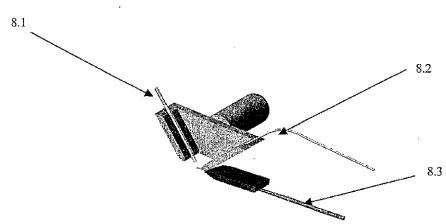


FIG.8

【図7】

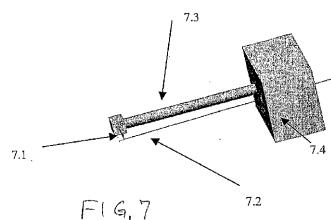


FIG.7

【図9】

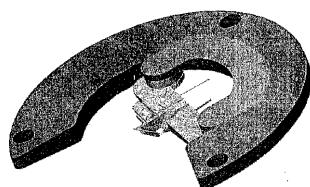


FIG.9

【図10】

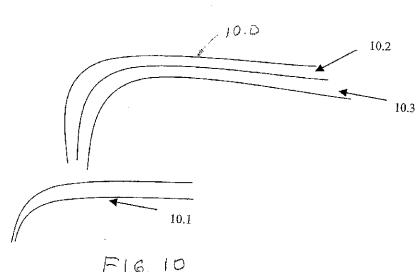


FIG.10

【図12】

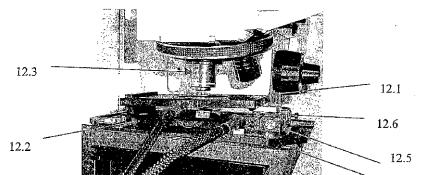


FIG.12

【図11】

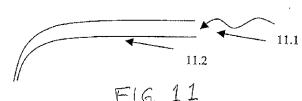
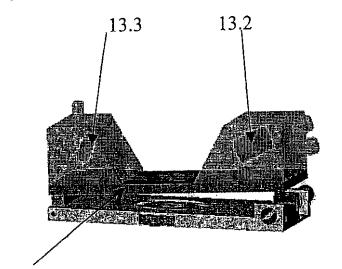
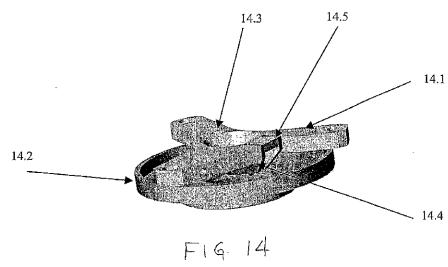


FIG.11

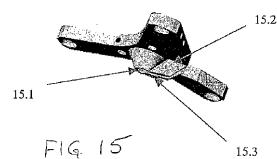
【図13】

レーザダイオード及びPSDを有する  
上部プレート構造の変形図

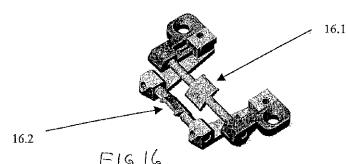
【図14】



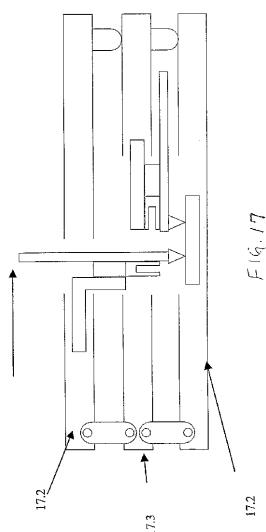
【図15】



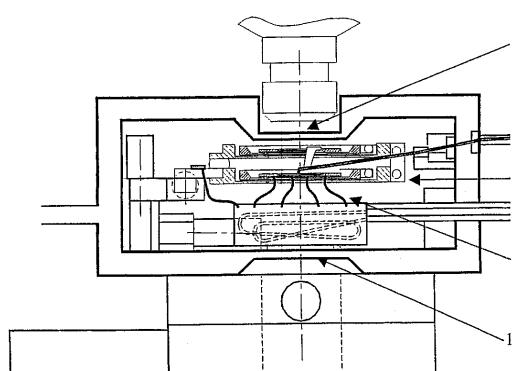
【図16】



【図17】

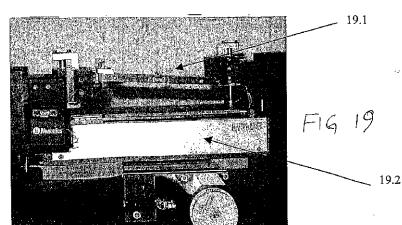


【図18】



複数プレート構造の低温タイプ：  
冷却器内の2枚のプレートの例

【図19】



## 【手続補正書】

【提出日】平成15年3月25日(2003.3.25)

## 【手続補正1】

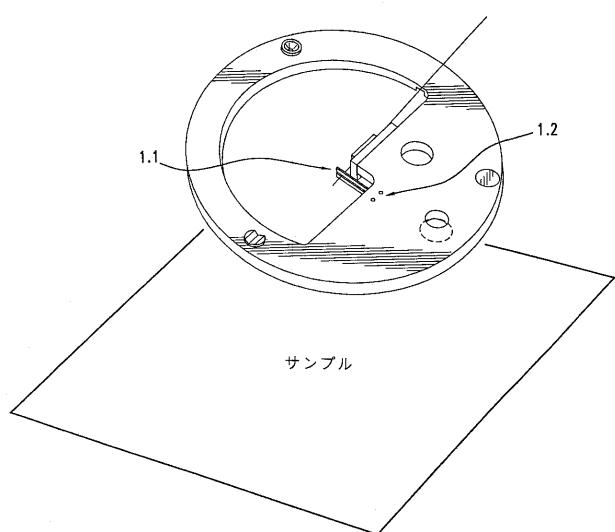
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】全図

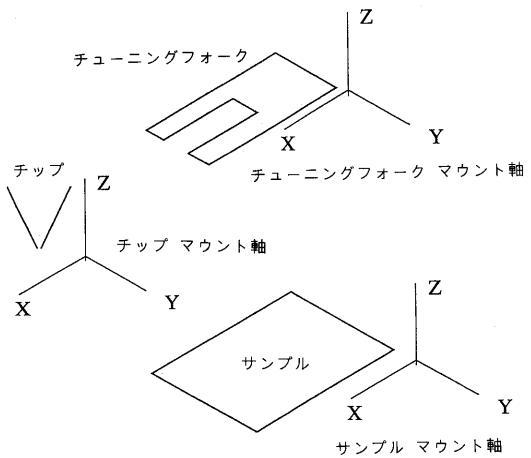
【補正方法】変更

【補正の内容】

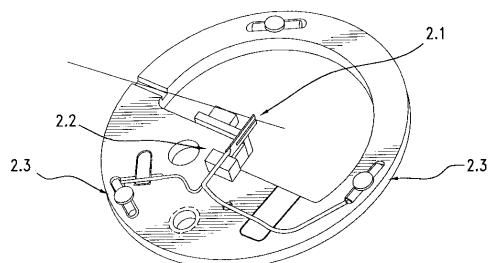
【図1】



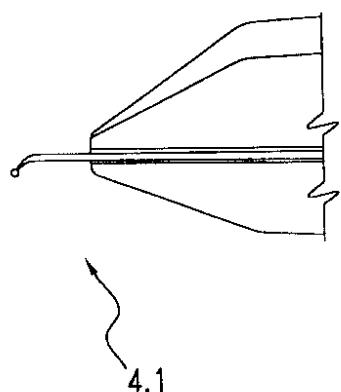
【図3】



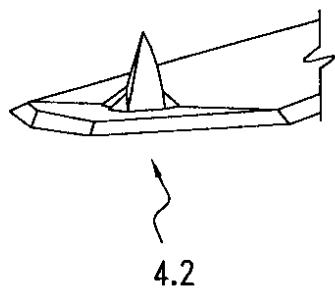
【図2】



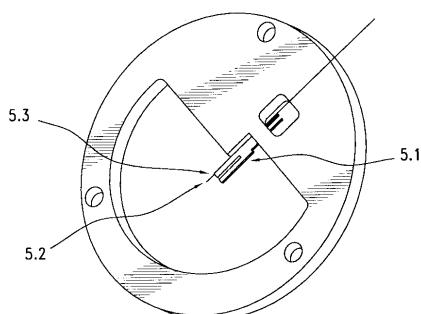
【図 4 A】



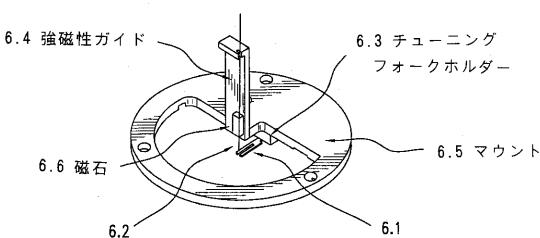
【図 4 B】



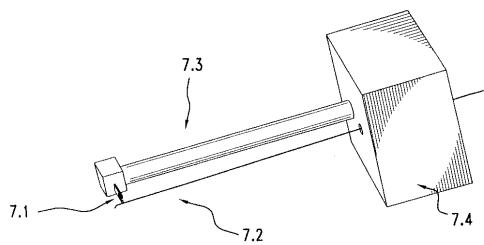
【図 5】



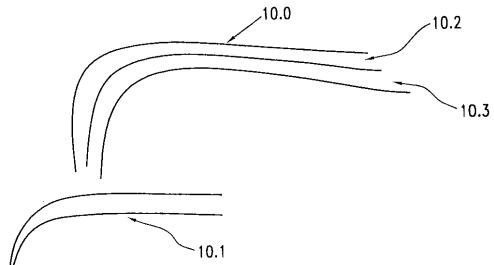
【図 6】



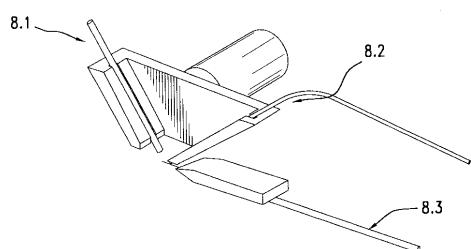
【図 7】



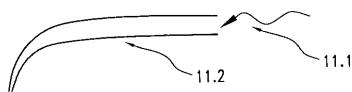
【図 10】



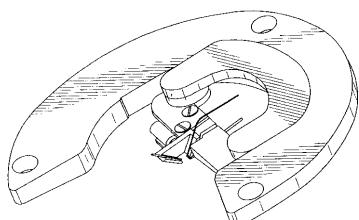
【図 8】



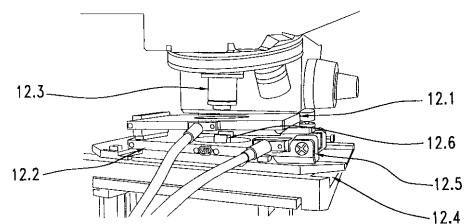
【図 11】



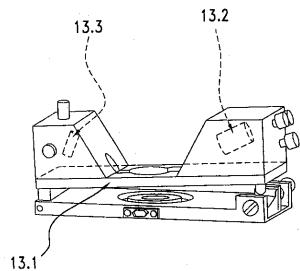
【図 9】



【図 12】

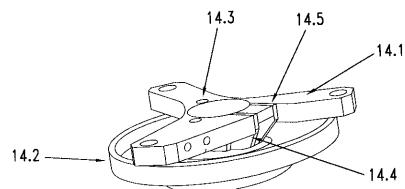


【図13】

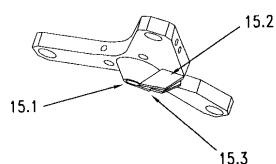


レーザダイオード及びPSDを有する  
上部プレート構造の変形図

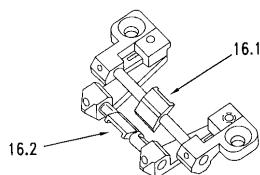
【図14】



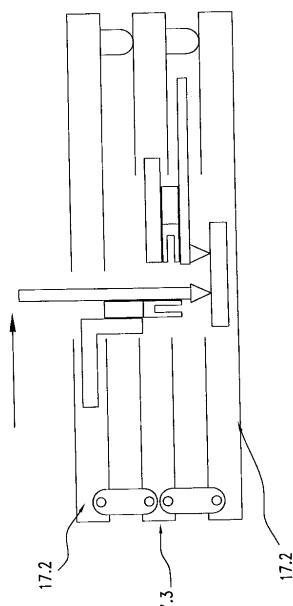
【図15】



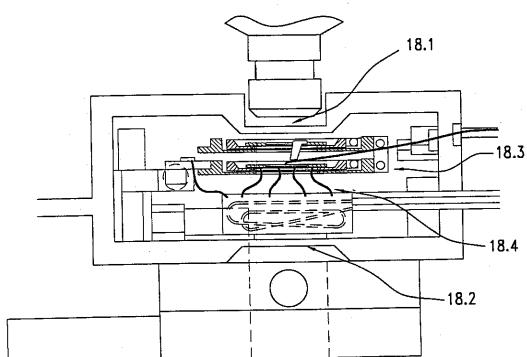
【図16】



【図17】

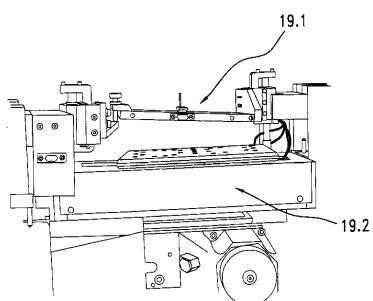


【図18】

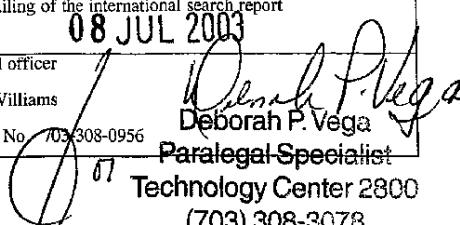


複数プレート構造の低温タイプ：  
冷却器内の2枚のプレートの例

【図19】



## 【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/US02/25947															
<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> IPC(7) : G01B 5/28, 7/34; US CL : 73/105; 250/306, 307 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC																	
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) U.S. : 73/105; 250/306, 307																	
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched NONE																	
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) NONE																	
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Category *</th> <th style="text-align: left;">Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th style="text-align: left;">Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>US 6,246,054 B1 (TODA et al.) 12 June 2001 (12.06.2001), Figures 11A-12B and col. 17, lines 17-67 through col. 21, lines 1-38</td> <td>1, 6, and 34</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 5,990,477 A (TOMITA) 23 November 1999 (23.11.1999), whole document.</td> <td>1-3, 5, 6, and 34-36</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 6,257,053 B1 (TOMITA et al.) 10 July 2001 (10.07.2001), whole document.</td> <td>1-3, 5, 6, and 34-36</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 6,249,000 B1 (MURAMATSU et al.) 19 June 2001 (19.06.2001), whole document.</td> <td>1-3, 5, 6, and 34-36</td> </tr> </tbody> </table>			Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.	X	US 6,246,054 B1 (TODA et al.) 12 June 2001 (12.06.2001), Figures 11A-12B and col. 17, lines 17-67 through col. 21, lines 1-38	1, 6, and 34	A	US 5,990,477 A (TOMITA) 23 November 1999 (23.11.1999), whole document.	1-3, 5, 6, and 34-36	A	US 6,257,053 B1 (TOMITA et al.) 10 July 2001 (10.07.2001), whole document.	1-3, 5, 6, and 34-36	A	US 6,249,000 B1 (MURAMATSU et al.) 19 June 2001 (19.06.2001), whole document.	1-3, 5, 6, and 34-36
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.															
X	US 6,246,054 B1 (TODA et al.) 12 June 2001 (12.06.2001), Figures 11A-12B and col. 17, lines 17-67 through col. 21, lines 1-38	1, 6, and 34															
A	US 5,990,477 A (TOMITA) 23 November 1999 (23.11.1999), whole document.	1-3, 5, 6, and 34-36															
A	US 6,257,053 B1 (TOMITA et al.) 10 July 2001 (10.07.2001), whole document.	1-3, 5, 6, and 34-36															
A	US 6,249,000 B1 (MURAMATSU et al.) 19 June 2001 (19.06.2001), whole document.	1-3, 5, 6, and 34-36															
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/>		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 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																	
Date of the actual completion of the international search 16 October 2002 (16.10.2002)	Date of mailing of the international search report <b>08 JUL 2003</b>																
Name and mailing address of the ISA/US Commissioner of Patents and Trademarks Box PCT Washington, D.C. 20231 Facsimile No. (703)309-3230	Authorized officer Deborah P. Vega Telephone No. (703) 308-0956  Deborah P. Vega Paralegal Specialist Technology Center 2800 (703) 308-3078																

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.
PCT/US02/25947

**Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of Item 1 of first sheet)**

This international report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1.  Claim Nos.: because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
  
  
  
2.  Claim Nos.: because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
  
  
  
3.  Claim Nos.: 4,7-33 and 37-65 because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

**Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of Item 2 of first sheet)**

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

1.  As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2.  As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3.  As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
  
  
  
4.  No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

**Remark on Protest**  The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.  
 No protest accompanied the payment of additional search fees.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/US02/25947

**Box III TEXT OF THE ABSTRACT (Continuation of Item 5 of the first sheet)**

## New Abstract

The invention is directed to a scanned probe microscope including one plate (12.1) allowing for tip scanning and a second plate (12.2) allowing for sample scanning, with an optical axis of the scanned probe microscope being free to permit incorporation into standard optical microscopes.

---

フロントページの続き

(81)指定国 AP(GH,GM,KE,LS,MW,MZ,SD,SL,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,MD,RU,TJ,TM),EP(AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,IE,IT,LU,MC,NL,PT,SE,SK,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BR,BY,BZ,CA,CH,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DZ,EC,EE,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,HR,HU,ID,IL,IN,IS,JP,KE,KG,KP,KR,KZ,LC,LK,LR,LS,LT,LU,LV,MA,MD,MG,MK,MN,MW,MX,MZ,N0,NZ,OM,PH,PL,PT,RO,RU,SD,SE,SG,SI,SK,SL,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,YU,ZA,ZM,ZW

(72)発明者 アーロン・レイス

イスラエル93707エルサレム、ネベー・シャーナン18/14番

(72)発明者 アナトリー・コミッサー

イスラエル96784エルサレム、ブラジル・ストリート102番/アパートメント17

(72)発明者 ヒシャム・タハ

イスラエル91390エルサレム、ポスト・オフィス・ボックス39132、ジバト・ラム

(72)発明者 アレキサンダー・ラトナー

イスラエル96750エルサレム、アブラハム・スターイン・ストリート27番/アパートメント4