

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4489804号  
(P4489804)

(45) 発行日 平成22年6月23日(2010.6.23)

(24) 登録日 平成22年4月9日(2010.4.9)

(51) Int.Cl. F I  
**GO 1 B 11/00 (2006.01)** GO 1 B 11/00 G

請求項の数 8 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2007-505995 (P2007-505995)	(73) 特許権者	503360115 独立行政法人科学技術振興機構 埼玉県川口市本町四丁目1番8号
(86) (22) 出願日	平成18年3月2日(2006.3.2)	(74) 代理人	100089635 弁理士 清水 守
(86) 国際出願番号	PCT/JP2006/303935	(72) 発明者	川勝 英樹 日本国東京都世田谷区尾山台一丁目9番1 8号
(87) 国際公開番号	W02006/093210	審査官	▲うし▼田 真悟
(87) 国際公開日	平成18年9月8日(2006.9.8)	(56) 参考文献	特開平06-185977 (JP, A) 特開2003-114182 (JP, A)
審査請求日	平成19年9月5日(2007.9.5)		
(31) 優先権主張番号	特願2005-56753 (P2005-56753)		
(32) 優先日	平成17年3月2日(2005.3.2)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ホモダイナレーザ干渉計プローブ及びそれを用いた変位計測システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

- (a) 光を導く光ファイバーと、  
(b) 該光ファイバーからの光を受けるコリメートレンズと、  
(c) 該コリメートレンズからの光を受けて、該光を直線偏光から円偏光に変換する4分の1波長板と、  
(d) 該4分の1波長板からの光を基準光と計測光とに分けるビームスプリッタと、  
(e) 該ビームスプリッタからの基準光を受ける第1の焦点レンズと、  
(f) 前記第1の焦点レンズからの基準光を反射する反射ミラーと、  
(g) 前記ビームスプリッタからの計測光を受ける第2の焦点レンズと、  
(h) 前記ビームスプリッタからの基準光を受ける第1の焦点レンズと該第1の焦点レンズからの基準光を受けて反射する反射ミラーとの間隔を一定に保ったまま、前記第1の焦点レンズと前記ビームスプリッタとの間隔を調整する調整機構と、  
(i) 前記コリメートレンズと前記4分の1波長板と前記ビームスプリッタと前記第1の焦点レンズと前記反射ミラーと前記第2の焦点レンズと前記調整機構とを内蔵して一体化したプローブ本体とを備え、  
(j) 前記反射ミラーからの基準光を同一の経路をたどって計測手段に戻すとともに、前記第2の焦点レンズからの計測光を測定対象物に照射して該測定対象物からの計測光を同一の経路をたどって計測手段に戻すことを特徴とするホモダイナレーザ干渉計プローブ。

【請求項2】

10

20

( a ) 光を導く光ファイバーと、  
 ( b ) 該光ファイバーからの光を受けるコリメートレンズと、  
 ( c ) 該コリメートレンズからの光を受けて、基準光と計測光とに分けるビームスプリッタと、  
 ( d ) 該ビームスプリッタからの基準光を受ける第 1 の焦点レンズと、  
 ( e ) 前記第 1 の焦点レンズからの基準光を反射する反射ミラーと、  
 ( f ) 前記ビームスプリッタからの計測光を受ける第 2 の焦点レンズと、  
 ( g ) 前記ビームスプリッタからの基準光を受ける第 1 の焦点レンズと該第 1 の焦点レンズからの基準光を受けて反射する反射ミラーとの間隔を一定に保ったまま、前記第 1 の焦点レンズと前記ビームスプリッタとの間隔を調整する調整機構と、  
 ( h ) 前記コリメートレンズと前記ビームスプリッタと前記第 1 の焦点レンズと前記反射ミラーと前記第 2 の焦点レンズと前記調整機構とを内蔵して一体化したプローブ本体とを備え、  
 ( i ) 前記第 2 の焦点レンズからの計測光を測定対象物に照射して該測定対象物から反射された計測光を前記ビームスプリッタに戻し、該ビームスプリッタからの計測光を第 3 の焦点レンズを介して計測するとともに、前記反射ミラーからの基準光を前記ビームスプリッタに戻し、該ビームスプリッタからの基準光を前記第 3 の焦点レンズを介して計測する光検出器とを具備することを特徴とするホモダインレーザ干渉計プローブ。

10

## 【請求項 3】

請求項 2 記載のホモダインレーザ干渉計プローブにおいて、前記光検出器がフォトダイオードであることを特徴とするホモダインレーザ干渉計プローブ。

20

## 【請求項 4】

請求項 2 記載のホモダインレーザ干渉計プローブにおいて、前記光検出器が前記第 3 の焦点レンズの焦点部位に接続される光ファイバを介したフォトダイオードであることを特徴とするホモダインレーザ干渉計プローブ。

## 【請求項 5】

請求項 1 記載のホモダインレーザ干渉計プローブにおいて、前記調整機構がピエゾ素子であることを特徴とするホモダインレーザ干渉計プローブ。

## 【請求項 6】

請求項 1 記載のホモダインレーザ干渉計プローブにおいて、前記調整機構が剪断ピエゾ素子と楔であることを特徴とするホモダインレーザ干渉計プローブ。

30

## 【請求項 7】

請求項 1 記載のホモダインレーザ干渉計プローブを用い、前記光ファイバーに戻った前記基準光と計測光をビームスプリッタを介して干渉した光の強度を検出する素子に導き、前記計測光と基準光の光路の差を用いてホモダインレーザ干渉計測を行うことを特徴とするホモダインレーザ干渉計プローブを用いた変位計測システム。

## 【請求項 8】

請求項 2 記載のホモダインレーザ干渉計プローブを用い、前記光検出器で得られる前記基準光と計測光に基づいて、前記計測光と基準光の光路の差を用いてホモダインレーザ干渉計測を行うことを特徴とする変位計測システム。

40

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、ホモダインレーザ干渉計プローブ及びそれを用いた変位計測システムに関するものである。

## 【背景技術】

## 【0002】

従来の、走査型力顕微鏡のカンチレバーの変位計測方式としては、

( 1 ) 光てこ方式

( 2 ) 光ファイバー端面を用いたホモダイン干渉計方式

50

- (3) 凹面レンズを用いたファブリーペロー式ホモダインレーザ干渉計方式  
 (4) ヘテロダインレーザドップラー計方式  
 (5) 焦点レンズを用いずに、平面ミラーのみを用いて基準光を反射させたホモダイン干渉計方式、等が挙げられる。

【特許文献1】特開2003-114182

【特許文献2】WO 2004/017329

【非特許文献1】J. Yang et al., "Ultra-small single crystal silicon cantilevers for a new generation of SFM"

【非特許文献2】Hans J. Hug et al., "Scanning Force Microscopy with Ultrasmall Cantilevers"

10

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

以下に、上記した従来の各変位計測方式の問題点を列挙する。

(1) 光てこ方式は、光軸調整が煩雑で、特に液中、真空中、低温中での使用が困難である。

(2) 光ファイバー端面を用いたホモダイン干渉計方式は広く用いられているが、光ファイバー端面で生じる、入射光の4%にあたる反射光を基準光としているため、信号強度が小さい。また、切断したファイバーのままでは、その端面直径が数100 $\mu$ mあり、微小なカンチレバーの計測に適していない。

20

(3) ファブリーペロー式ホモダインレーザ干渉計方式は、高い感度を得られるが、凹面レンズと光ファイバーの同軸性をサブ $\mu$ mオーダで補償しないと性能が得られない。

(4) ヘテロダインレーザドップラー計方式は、高周波化に適するが、極めて高価である。

(5) ホモダイン干渉計方式は、光軸調整が困難であり、性能が出し難いなどの問題点を有する。

【0004】

本発明は、上記状況に鑑みて、構造が簡単で、安価で、かつ簡便な調整で容易に所定の性能が得られるホモダインレーザ干渉計プローブ及びそれを用いた変位計測システムを提供することを目的とする。

30

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明は、上記目的を達成するために、

(1) ホモダインレーザ干渉計プローブにおいて、光を導く光ファイバーと、この光ファイバーからの光を受けるコリメートレンズと、このコリメートレンズからの光を受けて、この光を直線偏光から円偏光に変換する4分の1波長板と、この4分の1波長板からの光を基準光と計測光とに分けるビームスプリッタと、このビームスプリッタからの基準光を受ける第1の焦点レンズと、前記第1の焦点レンズからの基準光を反射する反射ミラーと、前記ビームスプリッタからの計測光を受ける第2の焦点レンズと、前記ビームスプリッタからの基準光を受ける第1の焦点レンズとこの第1の焦点レンズからの基準光を受けて反射する反射ミラーとの間隔を一定に保ったまま、前記第1の焦点レンズと前記ビームスプリッタとの間隔を調整する調整機構と、前記コリメートレンズと前記4分の1波長板と前記ビームスプリッタと前記第1の焦点レンズと前記反射ミラーと前記第2の焦点レンズと前記調整機構とを内蔵して一体化したプローブ本体とを備え、前記反射ミラーからの基準光を同一の経路をたどって計測手段に戻すとともに、前記第2の焦点レンズからの計測光を測定対象物に照射してこの測定対象物からの計測光を同一の経路をたどって計測手段に戻すことを特徴とする。

40

【0006】

50

〔 2 〕ホモダインレーザ干渉計プローブにおいて、光を導く光ファイバーと、この光ファイバーからの光を受けるコリメートレンズと、このコリメートレンズからの光を受けて、基準光と計測光とに分けるビームスプリッタと、このビームスプリッタからの基準光を受ける第 1 の焦点レンズと、前記第 1 の焦点レンズからの基準光を反射する反射ミラーと、前記ビームスプリッタからの計測光を受ける第 2 の焦点レンズと、前記ビームスプリッタからの基準光を受ける第 1 の焦点レンズとこの第 1 の焦点レンズからの基準光を受けて反射する反射ミラーとの間隔を一定に保ったまま、前記第 1 の焦点レンズと前記ビームスプリッタとの間隔を調整する調整機構と、前記コリメートレンズと前記ビームスプリッタと前記第 1 の焦点レンズと前記反射ミラーと前記第 2 の焦点レンズと前記調整機構とを内蔵して一体化したプローブ本体とを備え、前記第 2 の焦点レンズからの計測光を測定対象物に照射してこの測定対象物から反射された計測光を前記ビームスプリッタに戻し、このビームスプリッタからの計測光を第 3 の焦点レンズを介して計測するとともに、前記反射ミラーからの基準光を前記ビームスプリッタに戻し、このビームスプリッタからの基準光を前記第 3 の焦点レンズを介して計測する光検出器とを具備することを特徴とする。

10

## 【 0 0 0 7 〕

〔 3 〕上記〔 2 〕記載のホモダインレーザ干渉計プローブにおいて、前記光検出器がフォトダイオードであることを特徴とする。

〔 4 〕上記〔 2 〕記載のホモダインレーザ干渉計プローブにおいて、前記光検出器が前記第 3 の焦点レンズの焦点部位に接続される光ファイバを介したフォトダイオードであることを特徴とする。

20

## 【 0 0 0 8 〕

〔 5 〕上記〔 1 〕記載のホモダインレーザ干渉計プローブにおいて、前記調整機構がピエゾ素子であることを特徴とする。

〔 6 〕上記〔 1 〕記載のホモダインレーザ干渉計プローブにおいて、前記調整機構が剪断ピエゾ素子と楔であることを特徴とする。

〔 7 〕ホモダインレーザ干渉計プローブを用いた変位計測システムであって、上記〔 1 〕記載のホモダインレーザ干渉計プローブを用い、前記光ファイバーに戻った前記基準光と計測光をビームスプリッタを介して干渉した光の強度を検出する素子に導き、前記計測光と基準光の光路の差を用いてホモダインレーザ干渉計測を行うことを特徴とする。

30

## 【 0 0 0 9 〕

〔 8 〕変位計測システムであって、上記〔 2 〕記載のホモダインレーザ干渉計プローブを用い、前記光検出器で得られる前記基準光と計測光に基づいて、前記計測光と基準光の光路の差を用いてホモダインレーザ干渉計測を行うことを特徴とする。

## 【 発明の効果 〕

## 【 0 0 1 0 〕

本発明によれば、簡便な構成で、高い基準光量を用いたホモダインレーザ干渉計測が可能になるとともに、基準光側にも焦点レンズを入れることによって光プローブや測定対象の角度や設置位置の若干の変化に対しても良好な干渉信号を得ることができる。

また、構造が簡単で、安価なホモダインレーザ干渉計プローブを用いた変位計測システムを提供することができる。

40

## 【 発明を実施するための最良の形態 〕

## 【 0 0 1 1 〕

本発明のホモダインレーザ干渉計プローブは、光を導く光ファイバーと、この光ファイバーからの光を受けるコリメートレンズと、このコリメートレンズからの光を受けて、この光を直線偏光から円偏光に変換する 4 分の 1 波長板と、この 4 分の 1 波長板からの光を基準光と計測光とに分けるビームスプリッタと、このビームスプリッタからの基準光を受ける第 1 の焦点レンズと、前記第 1 の焦点レンズからの基準光を反射する反射ミラーと、前記ビームスプリッタからの計測光を受ける第 2 の焦点レンズと、前記ビームスプリッタからの基準光を受ける第 1 の焦点レンズとこの第 1 の焦点レンズからの基準光を受けて反射する反射ミラーとの間隔を一定に保ったまま、前記第 1 の焦点レンズと前記ビームス

50

リッタとの間隔を調整する調整機構と、前記コリメートレンズと前記4分の1波長板と前記ビームスプリッタと前記第1の焦点レンズと前記反射ミラーと前記第2の焦点レンズと前記調整機構とを内蔵して一体化したプローブ本体とを備え、前記反射ミラーからの基準光を同一の経路をたどって計測手段に戻すとともに、前記第2の焦点レンズからの計測光を測定対象物に照射してこの測定対象物からの計測光を同一の経路をたどって計測手段に戻すようにした。

【実施例】

【0012】

以下、本発明の実施の形態について詳細に説明する。

図1は本発明の第1実施例を示すホモダイナミック干渉計プローブの模式図である。

この図において、1は光プローブ（ホモダイナミック干渉計プローブ本体：T字形の金属柱）、2は計測光・基準光が導入されるとともに、計測光・基準光が導出される光ファイバー、3は光ファイバー2からの計測光・基準光を受けるとともに、計測光・基準光を光ファイバー2へ導出するコリメートレンズ、4はコリメートレンズ3からの計測光・基準光を受けるとともに、計測光・基準光をコリメートレンズ3へ出射する1/4波長板、5は1/4波長板4より計測光・基準光を受けて、基準光を反射して、第1の焦点レンズ6に出射するとともに、計測光を透過して出射するビームスプリッタ、7はその第1の焦点レンズ6からの基準光を受けて反射する反射ミラー、8はビームスプリッタ5からの透過光である計測光を受ける第2の焦点レンズである。なお、Aは第2の焦点レンズ8からの計測光が照射される測定対象物（例えば、カンチレバー）である。変位測定対象物（  
20  
例えば、カンチレバー）Aで反射された計測光（信号光）は、同一の経路を経て、光ファイバー2へと戻る。

【0013】

本発明では、このように構成された光学系を有するホモダイナミック干渉計プローブを用いる。特に、ビームスプリッタ5と反射ミラー7との間に第1の焦点レンズ6を用いることが重要である。

これらのうち、測定対象物A以外は、直径10mm、長さ50mm程度の体積の光プローブ（ホモダイナミック干渉計プローブ本体：金属柱）1に内包される。

【0014】

このように、光ファイバー2から導入された光は、コリメートレンズ3により平行光となり、1/4波長板4によって直線偏光から円偏光となり、ビームスプリッタ5によって計測光と基準光に分けられる。基準光は第1の焦点レンズ6を経て、その焦点位置にある反射ミラー7に照射される。その反射ミラー7で反射した基準光は同一の経路をたどって計測装置（図示なし）に戻る。

【0015】

一方、ビームスプリッタ5を透過した計測光は、第2の焦点レンズ8を経て、その焦点位置近傍に配置される測定対象物（ここでは、カンチレバー）Aに照射され、その測定対象物Aからの計測光（信号光）が同一の経路をたどって光ファイバー2を介して計測装置に戻る。その計測装置においては、戻ってきた基準光と計測光の光路差によって、光の干渉が生じるので、その干渉の明暗の変化を検出して測定対象物Aの変位を検出することができる。詳細に述べると、基準光と計測光の光路差が光の波長の1/2の変化を生じると同時に干渉した光は明干渉、暗干渉、明干渉の周期的変化を生じ、その変化から変位測定対象の変位を知ることができる。特に、明干渉、暗干渉の中間点を作動点とすることにより、この作動点周りのnmオーダの微小な変位を高感度で計測可能になる。

【0016】

図2は本発明の第2実施例を示すホモダイナミック干渉計プローブの模式図である。

この実施例では、ビームスプリッタ5からの反射光である基準光を受ける第1の焦点レンズ6とこの第1の焦点レンズ6からの基準光を受けて反射する反射ミラー7との間隔を一定に保ったまま、第1の焦点レンズ6とビームスプリッタ5との間隔を調整する調整機構、例えば、ピエゾ素子10を設けるようにした。なお、ピエゾ素子10の駆動部は通常  
50

のものでよく図示はしていない。

【0017】

そこで、調整機構、例えば、 piezo素子10の駆動により、第1の焦点レンズ6とビームスプリッタ5との間隔を調整することにより、測定対象物Aに対する第2の焦点レンズ8のより精妙（ファイン）な設定を行うことができる。

図3は本発明の第2実施例の具体例を示すホモダインレーザ干渉計プローブにおける第1の焦点レンズと反射ミラーとの間隔を一定に保ったまま、第1の焦点レンズとビームスプリッタとの間隔を調整する調整機構の一例を示す図である。

【0018】

この図において、11は反射ミラー7と第1の焦点レンズ6を固定するホルダであり、このホルダ11に切断piezo素子14が固定された一对の楔13が配置される。ホルダ11はガイド12に沿って直線状（図中左右）に移動可能に配置されている。

そこで、切断piezo素子14が駆動されて一对の楔13が内側に移動する（実線）と、ホルダ11は右方に微小移動する。その状態から、切断piezo素子14が駆動されて一对の楔13が外側に移動する（点線）と、ホルダ11は左に微小移動する。ホルダ11と楔13は、それぞれガイド12と楔13に自重、バネ、磁石、ローラベアリング等で摺動方向以外の方向は拘束されている。楔13はビームスプリッタ5に対して、自重、バネ、磁石等で押しつけられている。

【0019】

このような調整機構（切断移動機構）はそれ自身10nm程度の移動分解能を有するが、楔13を用いることにより、サブnmへ移動分解能を高められる。さらに、ビームスプリッタ5を移動の基準面に直接用いているため、極めて高い剛性と機械的安定度、光学的安定度が確保され、光路差を調整後、長時間にわたって再調整を要しない安定な機構を提供することができる。

【0020】

図4は本発明の第1実施例を示すホモダインレーザ干渉計プローブ（図1）の変形例を示す図である。

上記第1～第2実施例では、ビームスプリッタ5からの反射光である基準光を受ける第1の焦点レンズ6とその第1の焦点レンズ6からの基準光を受けて反射する反射ミラー7と、ビームスプリッタ5からの透過光である計測光を受ける第2の焦点レンズ8を設けるようにしたが、ビームスプリッタ5は光ファイバー2から導かれた光を計測光と基準光の2つの光に分けるだけの機能であるために、図4に示すように、ビームスプリッタ5からの透過光である基準光を受ける第1の焦点レンズ6とその第1の焦点レンズ6からの基準光を受けて反射する反射ミラー7と、ビームスプリッタ5からの反射光である計測光を受ける第2の焦点レンズ8を設けるようにしてもよい。

【0021】

図5は本発明の第3実施例を示すホモダインレーザ干渉計プローブの模式図である。

この図において、20は光プローブ（ホモダインレーザ干渉計プローブ本体：十字形状の金属柱）、21は光ファイバー、22はコリメートレンズ、23はビームスプリッタ、24は第1の焦点レンズ、25は反射ミラー、26は第2の焦点レンズ、27は第3の焦点レンズ、28はフォトダイオード、29は配線、Aは変位測定対象物である。

【0022】

この実施例では、光ファイバー21から光をコリメートレンズ22を介してビームスプリッタ23に導き、計測光と基準光の光路差によって生じる干渉の明暗を、光プローブ20内に設置した第3の焦点レンズ27を介してフォトダイオード28によって直接計測し、光ファイバー21を光の伝搬方向としては一方向のみで用いるようにした。この構成の場合は1/4波長板は必要がない。

【0023】

図6は本発明の第3実施例を示すホモダインレーザ干渉計プローブ（図5）の変形例である。

10

20

30

40

50

上記した第3実施例(図5)では、ビームスプリッタ23からの反射光である基準光を受ける第1の焦点レンズ24とその第1の焦点レンズ24からの基準光を受けて反射する反射ミラー25と、ビームスプリッタ23からの透過光である計測光を受ける第2の焦点レンズ26を設けるようにしたが、ビームスプリッタ23は光ファイバー21から導かれた光を計測光と基準光の2つの光に分けるだけの機能であるために、図6に示すように、ビームスプリッタ23からの透過光である基準光を受ける第1の焦点レンズ24とその第1の焦点レンズ24からの透過光を受けて反射する反射ミラー25と、ビームスプリッタ23からの反射光である計測光を受ける第2の焦点レンズ26を設けるようにしてもよい。

#### 【0024】

図7は本発明の第4実施例を示すホモダインレーザ干渉計プローブの模式図である。

この図において、30は光プローブ(ホモダインレーザ干渉計プローブ本体:十字形状の金属柱)、31は第1の光ファイバー、32はコリメートレンズ、33はビームスプリッタ、34は第1の焦点レンズ、35は反射ミラー、36は第2の焦点レンズ、37は第3の焦点レンズ、37Aは第3の焦点レンズの焦点、38は第2の光ファイバー、39はフォトダイオード、39Aは配線、Aは変位測定対象物である。

#### 【0025】

この実施例では、第3の焦点レンズ37の焦点37A位置に第2の光ファイバー38を配置し、それを用いて干渉による光の明暗を光プローブ30外に配置したフォトダイオード39に導く構成となっている。

このように構成したので、例えば、第1の光ファイバー31と第2の光ファイバー38を用いて、真空や大気などの異なる環境の隔壁を跨ぐことにより、光ファイバー31、38と光プローブ30のみを真空内に配置することが可能になる。この構成の場合も4分の1波長板は必要がない。

#### 【0026】

図8は本発明の第4実施例を示すホモダインレーザ干渉計プローブ(図7)の変形例である。

上記した第4実施例(図7)では、ビームスプリッタ33からの反射光である基準光を受ける第1の焦点レンズ34とその第1の焦点レンズ34からの基準光を受けて反射する反射ミラー35と、ビームスプリッタ33からの透過光である計測光を受ける第2の焦点レンズ36を設けるようにしたが、ビームスプリッタ33は光ファイバー31から導かれた光を計測光と基準光の2つの光に分けるだけの機能であるために、図8に示すように、ビームスプリッタ33からの透過光である基準光を受ける第1の焦点レンズ34とその第1の焦点レンズ34からの透過光を受けて反射する反射ミラー35と、ビームスプリッタ33からの反射光である計測光を受ける第2の焦点レンズ36を設けるようにしてもよい。

#### 【0027】

次に、ホモダインレーザ干渉計プローブを有する変位計測システムについて説明する。

図9は本発明の第1実施例を示すホモダインレーザ干渉計プローブ(図1)を有する走査型力顕微鏡のカンチレバーの変位計測システムの模式図である。

この図において、ホモダインレーザ干渉計プローブの構成は、上記したものと同様である。ここでは、41は光照射光源、42はビームスプリッタ、43は干渉した光の強度を検出する素子(フォトダイオード)である。

#### 【0028】

図9に示すように、光照射光源41から照射される光は、ビームスプリッタ42を透過して光ファイバー2に導かれ、コリメートレンズ3により平行光となり、4分の1波長板4によって直線偏光から円偏光となり、ビームスプリッタ5によって計測光と基準光に分けられる。基準光は第1の焦点レンズ6を経て、その焦点位置にある反射ミラー7に照射される。その反射ミラー7で反射した基準光は、ビームスプリッタ5で反射され、4分の1波長板4を経て円偏光から直線偏光に変換され、コリメートレンズ3-光ファイバー2

10

20

30

40

50

を介してビームスプリッタ42で反射されて干渉した光の強度を検出する素子(フォトダイオード)43に導かれる。一方、ビームスプリッタ5を透過した計測光は、第2の焦点レンズ8を経て、その焦点位置近傍に配置される測定対象物(ここでは、カンチレバー)9に照射され、その測定対象物9からの計測光(信号光)が、第2の焦点レンズ8 - ビームスプリッタ5 - 4分の1波長板4 - コリメートレンズ3 - 光ファイバー2と導かれ、ビームスプリッタ42で反射されて、干渉した光の強度を検出する素子43(フォトダイオード)に導かれる。すなわち、戻ってきた基準光と計測光の光路差により生じた干渉の明暗を、ビームスプリッタ42によって干渉した光の強度を検出する素子(フォトダイオード)43に導き、この干渉した光の強度を検出する素子(フォトダイオード)43の出力の変化から測定対象物9の変位の計測を行う。

10

**【0029】**

なお、この走査型力顕微鏡のカンチレバーの変位計測システムにも後述する第1の焦点レンズ6とビームスプリッタ5との間隔を調整する調整機構を付加することができる。

図10は本発明の第2実施例を示すホモダインレーザ干渉計プローブ(図4)に対応した走査型力顕微鏡のカンチレバーの変位計測システムの模式図である。

この実施例では、ホモダインレーザ干渉計プローブは、図4に示した構成を有しており、レーザ光源51からのレーザー光は、光アイソレータ52、ビームスプリッタ53、2分の1波長板55、焦点レンズ56を介して、光ファイバー2に導かれ、ホモダインレーザ干渉計プローブ1(図4)に入力され、光プローブ1からの出力は光ファイバー2から導出され、ビームスプリッタ53で反射されて、フォトダイオード54を経て配線54Aから変位信号として出力される。なお、Aは変位測定対象物である。

20

**【0030】**

図11は本発明の第3実施例を示すホモダインレーザ干渉計プローブ(図6)に対応した走査型力顕微鏡のカンチレバーの変位計測システムの模式図である。

この図において、ホモダインレーザ干渉計プローブは、図6に示した構成を有しており、レーザ光源61からのレーザー光は、光アイソレータ62、2分の1波長板63、焦点レンズ64を介して光ファイバー21に導かれて光プローブ20に導入される。また、光プローブ20からの出力光は配線29により変位信号として取り出される。

**【0031】**

図12は本発明の第4実施例を示すホモダインレーザ干渉計プローブ(図8)に対応した走査型力顕微鏡のカンチレバーの変位計測システムの模式図である。

30

この図において、ホモダインレーザ干渉計プローブは、図8に示した構成を有しており、レーザ光源61からのレーザー光は、光アイソレータ62、2分の1波長板63、焦点レンズ64を介して第1の光ファイバ31に導かれて光プローブ30に導入される。また、光プローブ30からの出力光は第2の光ファイバ38を介してフォトダイオード39に導かれ、配線39Aにより変位信号が出力される。

**【0032】**

なお、本発明は上記実施例に限定されるものではなく、本発明の趣旨に基づき種々の変形が可能であり、これらを本発明の範囲から排除するものではない。

**【産業上の利用可能性】**

40

**【0033】**

本発明のホモダインレーザ干渉計プローブ及びそれを用いた走査型力顕微鏡のカンチレバーの変位計測装置は、物質同定、ナノバイオメカニクス、創薬の分野への利用が可能である。

**【図面の簡単な説明】****【0034】**

【図1】本発明の第1実施例を示すホモダインレーザ干渉計プローブの模式図である。

【図2】本発明の第2実施例を示すホモダインレーザ干渉計プローブの模式図である。

【図3】本発明の第2実施例の具体例を示すホモダインレーザ干渉計プローブにおける第1の焦点レンズと反射ミラーとの間隔を一定に保ったまま、第1の焦点レンズとビームス

50



プリッタとの間隔を調整する調整機構の一例を示す図である。

【図4】本発明の第1実施例を示すホモダインレーザ干渉計プローブ（図1）の変形例を示す図である。

【図5】本発明の第3実施例を示すホモダインレーザ干渉計プローブの模式図である。

【図6】本発明の第3実施例を示すホモダインレーザ干渉計プローブ（図5）の変形例である。

【図7】本発明の第4実施例を示すホモダインレーザ干渉計プローブの模式図である。

【図8】本発明の第4実施例を示すホモダインレーザ干渉計プローブ（図7）の変形例である。

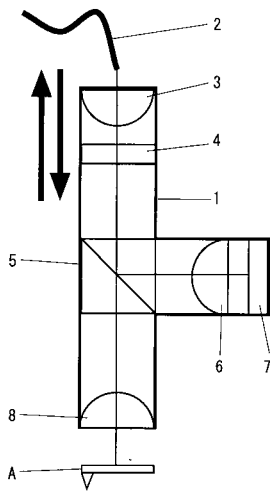
【図9】本発明の第1実施例を示すホモダインレーザ干渉計プローブを有する走査型力顕微鏡のカンチレバーの変位計測システムの模式図である。

【図10】本発明の第2実施例を示すホモダインレーザ干渉計プローブ（図4）に対応した走査型力顕微鏡のカンチレバーの変位計測システムの模式図である。

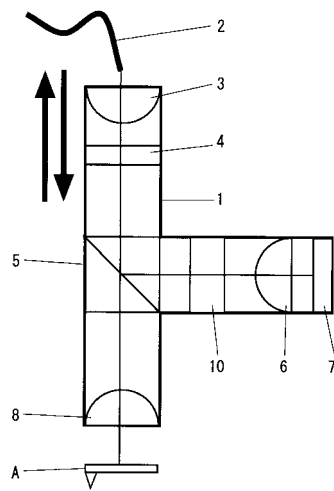
【図11】本発明の第3実施例を示すホモダインレーザ干渉計プローブ（図6）に対応した走査型力顕微鏡のカンチレバーの変位計測システムの模式図である。

【図12】本発明の第4実施例を示すホモダインレーザ干渉計プローブ（図8）に対応した走査型力顕微鏡のカンチレバーの変位計測システムの模式図である。

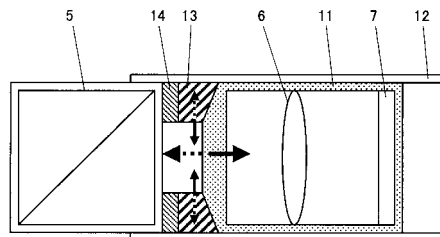
【図1】



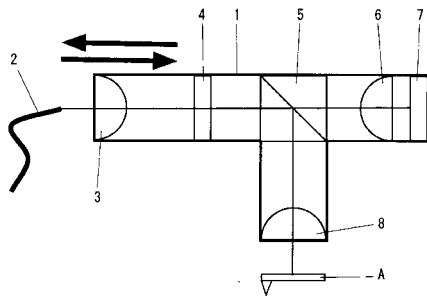
【図2】



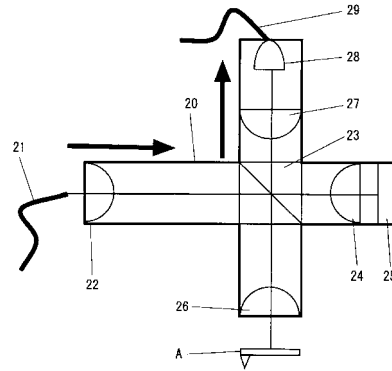
【図3】



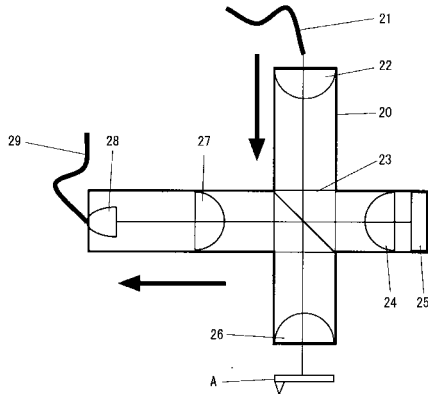
【図4】



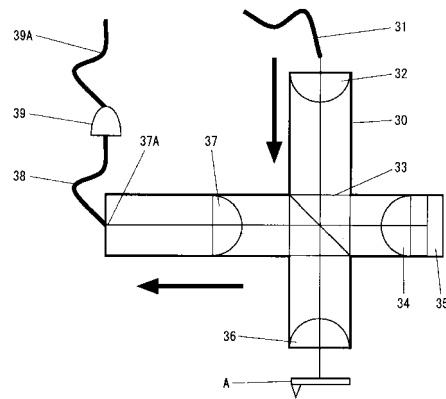
【図6】



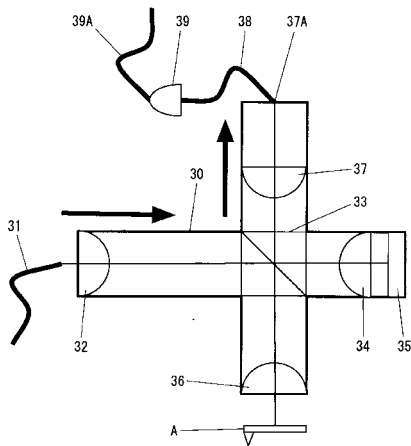
【図5】



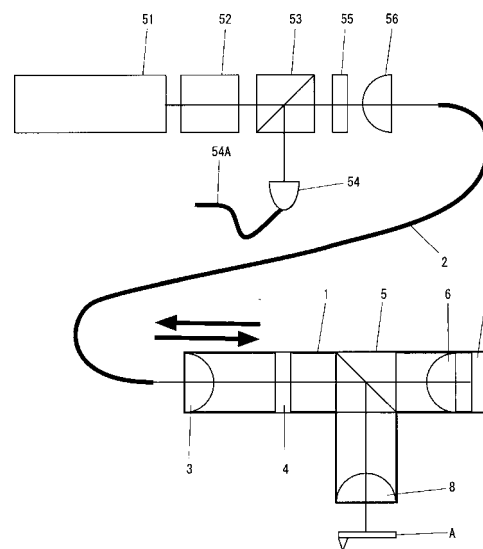
【図7】



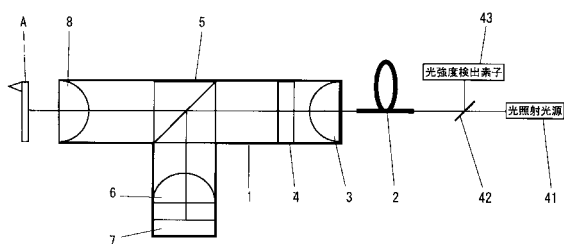
【図8】



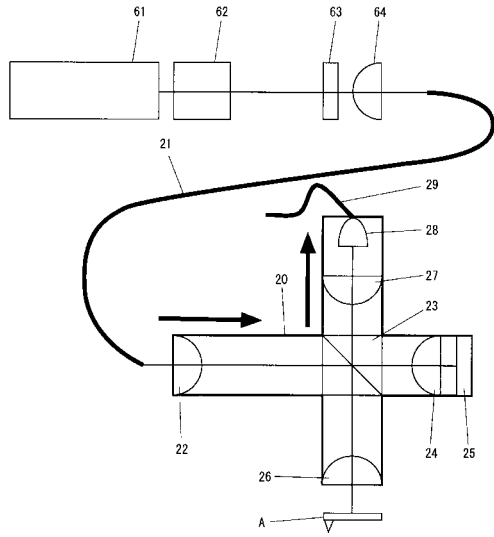
【図10】



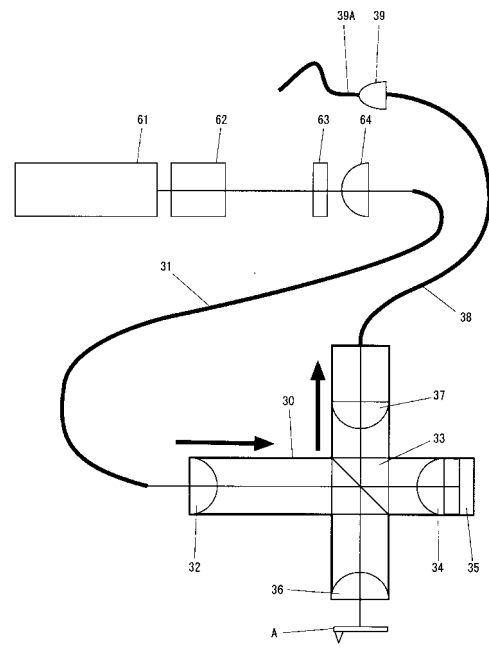
【図9】



【図 11】



【図 12】



フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B名)

G01B 9/00-11/30

G01B 21/00-21/32