

(19) 日本国特許庁(JP)

再公表特許(A1)

(11) 国際公開番号

W02006/093210

発行日 平成20年8月7日(2008.8.7)

(43) 国際公開日 平成18年9月8日(2006.9.8)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード(参考)
GO 1 N 13/10 (2006.01)	GO 1 N 13/10 1 1 1 C	2 F 0 6 4
GO 1 B 9/02 (2006.01)	GO 1 B 9/02	

審査請求 有 予備審査請求 有 (全 17 頁)

出願番号 特願2007-505995 (P2007-505995)	(71) 出願人 503360115 独立行政法人科学技術振興機構 埼玉県川口市本町4丁目1番8号
(21) 国際出願番号 PCT/JP2006/303935	
(22) 国際出願日 平成18年3月2日(2006.3.2)	(74) 代理人 100089635 弁理士 清水 守
(31) 優先権主張番号 特願2005-56753 (P2005-56753)	(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
(32) 優先日 平成17年3月2日(2005.3.2)	Fターム(参考) 2F064 AA01 AA09 CC01 EE01 FF01 GG02 GG06 GG12 GG22 GG38 GG44 GG52 HH01
(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) 【要約】

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を提供する。

ホモダイナレーザ干渉計プローブであって、光を導く光ファイバー1と、この光ファイバー1からの光を受けるコリメートレンズ2と、このコリメートレンズ2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3と、この4分の1波長板3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4と、このビームスプリッタ4からの基準光を受ける第1の焦点レンズ5と、この第1の焦点レンズ5からの基準光を反射する反射ミラー6と、前記ビームスプリッタ4からの計測光を受ける第2の焦点レンズ7とを備え、前記反射ミラー6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7からの計測光を測定対象物8に照射してこの測定対象物8からの計測光(信号光)を同一の経路をたどって測定手段に戻す。

【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 の焦点レンズとを備え、
- (h) 前記反射ミラーからの基準光を同一の経路をたどって測定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ンレーザ干渉計プローブ。

10

【請求項 2】

- (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、
- (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) 該第 2 の焦点レンズからの計測光は測定対象物に照射して該測定対象物から反射され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同一の経路をたどっ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。

20

【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。

【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。

30

【請求項 5】

請求項 1 又は 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を配置することを特徴とする。

【請求項 6】

請求項 5 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。

40

【請求項 7】

請求項 5 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。

【請求項 8】

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 9】

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

50

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。

【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、

10

(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

(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"

20

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

【発明の開示】

【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 μ mあり、微小なカンチレバーの計測に適していない。

30

(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 μ 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】

40

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。

【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

50

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測定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された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。

【0006】

〔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、この第2の焦点レンズからの計測光は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同一の経路をたどって計測する光検出器とを具備することを特徴とする。

10

【0007】

〔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。

【0008】

〔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

【0009】

〔5〕上記〔1〕又は〔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を配置することを特徴とする。

【0010】

〔6〕上記〔5〕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。

【0011】

〔7〕上記〔5〕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。

30

【0012】

〔8〕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。

【0013】

〔9〕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。

40

【図面の簡単な説明】

【0014】

【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。

50

【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。

10

【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。

【発明を実施するための最良の形態】

【0015】

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測定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ようにした。

20

【実施例】

【0016】

以下、本発明の実施の形態について詳細に説明する。

【0017】

図1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の模式図である。

30

【0018】

この図において、1は光プローブ（ホモダインレーザ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（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。

40

【0019】

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ンレーザ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。

【0020】

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（ホモダインレーザ干渉計プローブ本体：金属柱）1に内包される。

50

【 0 0 2 1 】

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測定装置（図示なし）に戻る。

【 0 0 2 2 】

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 10 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。

【 0 0 2 3 】

図 2 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の模式図である。

【 0 0 2 4 】

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、 piezo 素子 10 を設けるようにした。なお、piezo 素子 10 の駆動部は通常のものでよく図示はしていない。

【 0 0 2 5 】

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。

【 0 0 2 6 】

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。

【 0 0 2 7 】

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 に剪断 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。

【 0 0 2 8 】

そこで、剪断 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、剪断 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。

【 0 0 2 9 】

このような調整機構（剪断移動機構）はそれ自身 10 nm 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。

【 0 0 3 0 】

10

20

30

40

50

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。

【0031】

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。

10

【0032】

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。

【0033】

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。

【0034】

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。

20

【0035】

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。

【0036】

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。

30

【0037】

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。

【0038】

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。

40

【0039】

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。

【0040】

50

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。

【0041】

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。

【0042】

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。

【0043】

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。

【0044】

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。

【0045】

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。

【0046】

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。

【0047】

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。

【0048】

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。

【0049】

10

20

30

40

50

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。

【0050】

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。

【0051】

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。

【0052】

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。

【0053】

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。

【0054】

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。

【0055】

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。

【0056】

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。

【産業上の利用可能性】

【0057】

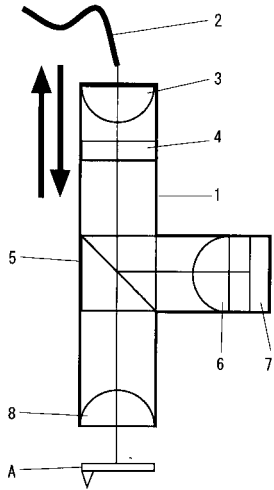
本発明のホモダインレーザ干渉計プローブ及びそれを用いた走査型力顕微鏡のカンチレバーの変位計測装置は、物質同定、ナノバイオメカニクス、創薬の分野への利用が可能である。

10

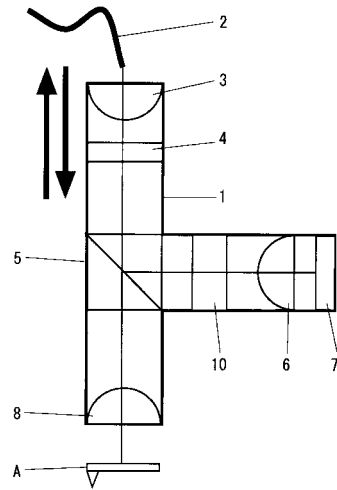
20

30

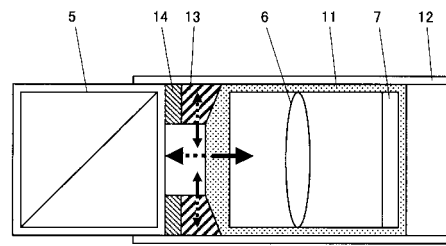
【 図 1 】



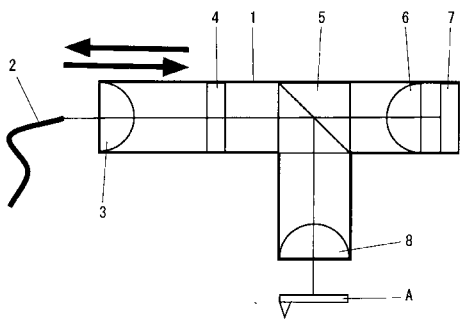
【 図 2 】



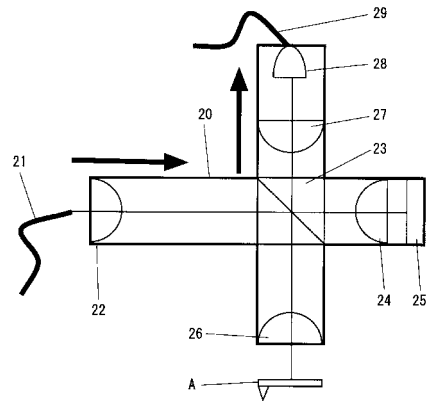
【 図 3 】



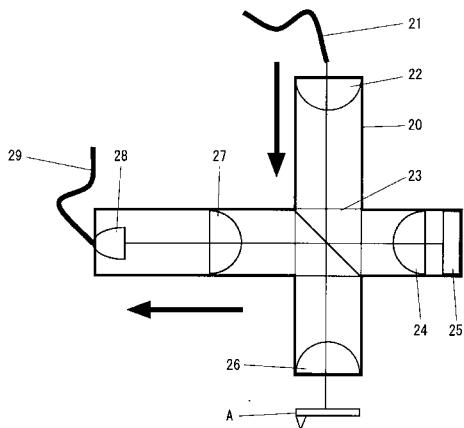
【 図 4 】



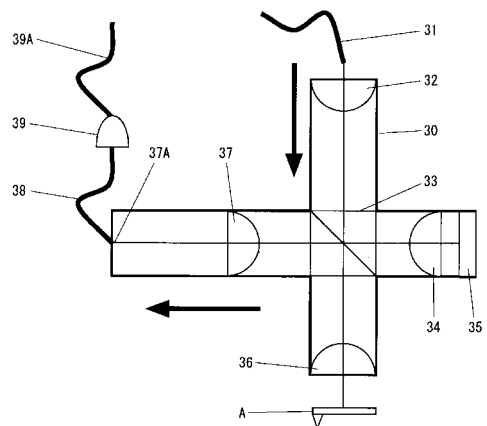
【 図 6 】



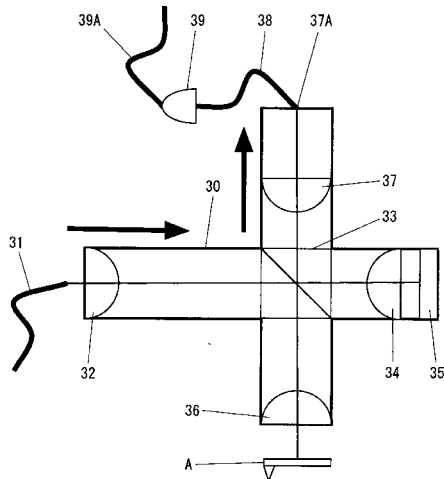
【 図 5 】



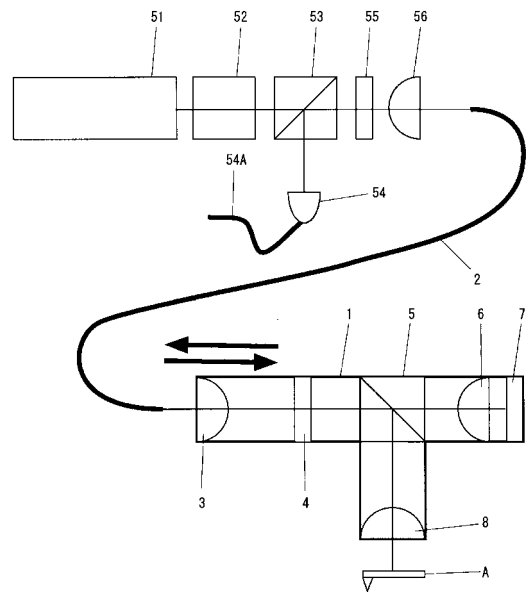
【 図 7 】



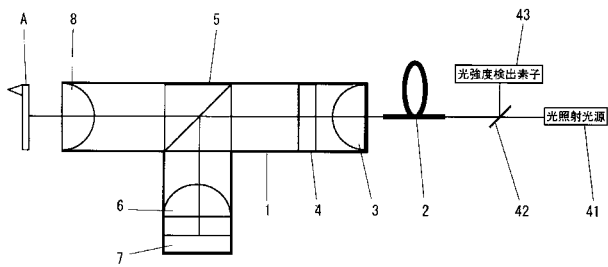
【 図 8 】



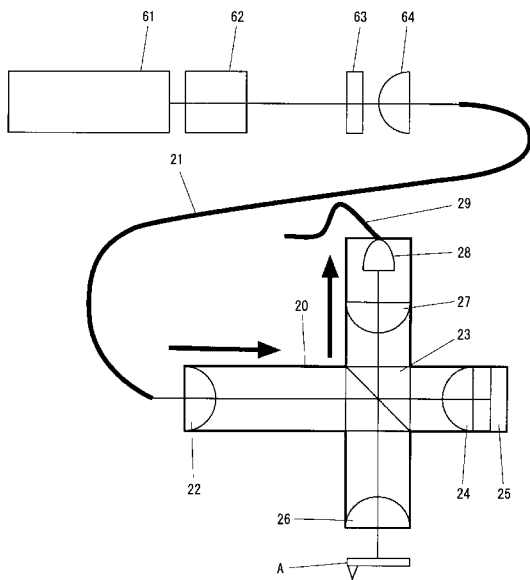
【 図 10 】



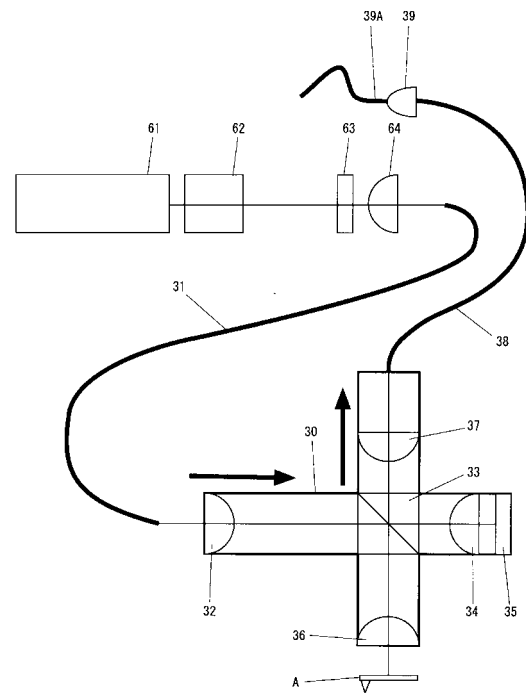
【 図 9 】



【 図 11 】



【 図 12 】



【手続補正書】

【提出日】平成18年12月19日(2006.12.19)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【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測定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測定手段に戻す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2】

- (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は測定対象物に照射して該測定対象物から反射され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同一の経路をたどっ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。

【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。

【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】

(削除)

【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 7】

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。

【請求項 8】

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 9】

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。

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/JP2006/303935
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER G01B11/00(2006.01), G01B21/30(2006.01)		
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) G01B9/00-11/30, G01B21/00-21/32		
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)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2003-114182 A (Japan Science and Technology Corp.), 18 April, 2003 (18.04.03), Par. Nos. [0107] to [0116]; Figs. 15, 16 & EP 1411341 A1 Par. Nos. [0070] to [0079]; Figs. 15, 16 & US 2004/256552 A1 & WO 2002/103328 A1	1-9
Y	JP 6-185977 A (Topcon Corp.), 08 July, 1994 (08.07.94), Full text; Fig. 1 (Family: none)	1-9
<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 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 25 May, 2006 (25.05.06)		Date of mailing of the international search report 06 June, 2006 (06.06.06)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer
Facsimile No.		Telephone No.

国際調査報告		国際出願番号 PCT/JP2006/303935									
A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. G01B11/00(2006.01), G01B21/30(2006.01)											
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 (IPC)) Int.Cl. G01B9/00-11/30, G01B21/00-21/32											
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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2006年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2006年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2006年</td> </tr> </table>				日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2006年	日本国実用新案登録公報	1996-2006年	日本国登録実用新案公報	1994-2006年
日本国実用新案公報	1922-1996年										
日本国公開実用新案公報	1971-2006年										
日本国実用新案登録公報	1996-2006年										
日本国登録実用新案公報	1994-2006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)											
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									
Y	JP 2003-114182 A (科学技術振興事業団) 2003.04.18, 段落【0107】 - 【0116】, 第15、16図 &EP 1411341 A1, [0070] - [0079], 第15、16図 &US 2004/256552 A1 &WO 2002/103328 A1	1-9									
☞ 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		の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 25.05.2006		国際調査報告の発送日 06.06.2006									
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号100-8915 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) 丑田 真悟 電話番号 03-3581-1101 内線 3258	2S 3100								

国際調査報告

国際出願番号 PCT/JP2006/303935

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
Y	JP 6-185977 A (株式会社トプロン) 1994.07.08, 全文, 第1図 (ファミリーなし)	1-9

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, 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, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, 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, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, 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, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW

(注)この公表は、国際事務局(WIPO)により国際公開された公報を基に作成したものである。なおこの公表に係る日本語特許出願(日本語実用新案登録出願)の国際公開の効果は、特許法第184条の10第1項(実用新案法第48条の13第2項)により生ずるものであり、本掲載とは関係ありません。