

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5004223号
(P5004223)

(45) 発行日 平成24年8月22日(2012.8.22)

(24) 登録日 平成24年6月1日(2012.6.1)

(51) Int. Cl. F 1
GO 1 H 1/00 (2006.01) GO 1 H 1/00 Z
 GO 1 H 1/00 E

請求項の数 15 (全 12 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2007-169543 (P2007-169543) (22) 出願日 平成19年6月27日 (2007.6.27) (65) 公開番号 特開2009-8508 (P2009-8508A) (43) 公開日 平成21年1月15日 (2009.1.15) 審査請求日 平成22年6月24日 (2010.6.24)</p>	<p>(73) 特許権者 304021288 国立大学法人長岡技術科学大学 新潟県長岡市上富岡町1603-1 (74) 代理人 100091373 弁理士 吉井 剛 (74) 代理人 100097065 弁理士 吉井 雅栄 (72) 発明者 河合 晃 新潟県長岡市上富岡町1603番地1 国立大学法人長岡技術科学大学内 審査官 高橋 亨</p>
--	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 振動測定装置及び振動測定方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

一端をプローブ台に固定し他端を自由端とした片持ち梁構造のプローブ体と、このプローブ体に所定の一定電位をバイアスするバイアス部と、このバイアス部によって所定の一定電位にバイアスされた前記プローブ体を外部電界若しくは外部磁界によって振動させる振動部と、この振動部により前記プローブ体を振動させた状態で、外部から前記プローブ台に機械的振動が印加された際、この機械的振動を前記プローブ体の振動のうねりとして検出する振動検出部とから成ることを特徴とする振動測定装置。

【請求項2】

前記振動部として、一对の平行平板電極，対向する二つの電極若しくは3次元の直交座標軸上に設置された複数の電極、または、一对の平行平板コイル，対向する二つのコイル若しくは3次元の直交座標軸上に設置された複数のコイルを採用したことを特徴とする請求項1記載の振動測定装置。

【請求項3】

前記プローブ体として、CuやAlなどの導電性材料，SiやGeなどの半導体材料，樹脂や酸化膜や窒化膜などの誘電材料若しくはBaTiO₃やPZTなどの強磁性体からなるものを採用したことを特徴とする請求項1，2のいずれか1項に記載の振動測定装置。

【請求項4】

前記振動検出部として、光学顕微鏡，差動増幅器若しくは光てこ方式により前記プロー

10

20

プローブ体の振動のうねりを測定して前記機械的振動を検出する振動検出部を採用したことを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の振動測定装置。

【請求項 5】

前記プローブ体として、細線状のものを採用したことを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の振動測定装置。

【請求項 6】

前記プローブ体として、膜若しくは立体構造物を採用したことを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の振動測定装置。

【請求項 7】

一端をプローブ台に固定し他端を自由端とした片持ち梁構造のプローブ体を、所定の一定電位にバイアスして、外部電界若しくは外部磁界を用いて当該プローブ体をあらかじめ振動させておき、外部からプローブ台に機械的振動が印加された際、この機械的振動を当該プローブ体の振動のうねりとして検出することを特徴とする振動測定方法。

10

【請求項 8】

前記プローブ体に印加する外部電界若しくは外部磁界の変動周波数を広範囲にわたってスキャンし、プローブ体の振動周波数の近傍の周波数のプローブ台の機械的振動を、前記プローブ体の振動のうねりとして増幅して検出することにより、単一のプローブ体で複数の機械的振動を検出し得るようにしたことを特徴とする請求項 7 記載の振動測定方法。

【請求項 9】

前記プローブ体に、一对の平行平板電極，対向する二つの電極若しくは 3 次元の直交座標軸上に設置された複数の電極を用いて外部電界を印加するか、または、一对の平行平板コイル，対向する二つのコイル若しくは 3 次元の直交座標軸上に設置された複数のコイルを用いて外部磁界を印加することで、前記プローブ体をあらかじめ振動させておくことを特徴とする請求項 7，8 のいずれか 1 項に記載の振動測定方法。

20

【請求項 10】

前記プローブ体として、Cu や Al などの導電性材料，Si や Ge などの半導体材料，樹脂や酸化膜や窒化膜などの誘電材料若しくは BaTiO₃ や PZT などの強磁性体からなるものを採用したことを特徴とする請求項 7 ~ 9 のいずれか 1 項に記載の振動測定方法。

【請求項 11】

前記プローブ体内に紫外線や可視光などの電磁波を伝搬させて、プローブ体の先端から放射された電磁波をフォトダイオードなどの受光素子で検出し、プローブ体の振動挙動を検出することを特徴とする請求項 7 ~ 10 のいずれか 1 項に記載の振動測定方法。

30

【請求項 12】

前記プローブ体の振動のうねりを、光学顕微鏡，差動増幅器若しくは光てこ方式を用いて測定することを特徴とする請求項 7 ~ 11 のいずれか 1 項に記載の振動測定方法。

【請求項 13】

前記プローブ体として、細線状のものを採用したことを特徴とする請求項 7 ~ 12 のいずれか 1 項に記載の振動測定方法。

【請求項 14】

前記プローブ体として、膜若しくは立体構造物を採用したことを特徴とする請求項 7 ~ 12 のいずれか 1 項に記載の振動測定方法。

40

【請求項 15】

前記プローブ体の表面に水蒸気の結露を生じさせて、振動のスペクトル変化として、結露形態を検出することを特徴とする請求項 7 ~ 14 のいずれか 1 項に記載の振動測定方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、自動車、建築物、音響機器およびロボットなどのあらゆる構造体の共振振動

50

、および地震波などの微弱振動の測定装置及び測定方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

一般に構造体は、その構造および寸法に基づいた固有共振周波数を有しており、その固有振動数で持続的に振動することが可能である。この振動は、たとえば自動車などの運転者の快適さや、建築物の耐久性および音楽の音質に大きく影響する。そこで、構造体の細部に至る振動測定の重要性が高まっている。

【0003】

一方、現在、地震が発生した場合、その情報は各市町村に配置された地震計によって記録され、数分後には誰もがそれを確認できる状態にある。しかし、情報の伝達が地震発生
10
の数分後となるため、一般市民は実際に災害が発生するまで危険を察知できず、パニック状態に陥る可能性がある。従来では、例えば特許文献1に開示されるように、弾性ばね構造に一定の質量の重りを接続した振動計が用いられていた。そして、共振周波数に相当する測定振動を検出するしくみであった。

【0004】

【特許文献1】特許第3258412号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

本発明は、事前に電界あるいは磁界によって強制振動させているプローブを用いて、プ
20
ローブ台の機械的振動スペクトルを測定できるものであり、従来の共振型の振動計が共振周波数近傍しか測定できないのに比較して、幅広い振動周波数帯を測定できることが特徴である。従来の共振型の振動計では、異なる周波数帯域からなる複数の合成振動を検出するには、異なる共振周波数を有する複数のプローブが必要となっていた。しかし、本発明では単一のプローブを用いて、幅広い周波数帯域の振動を連続に測定することが可能となる。一方、地震動のp波もしくはs波を検知する場合においては、本震ではなく、本震の数秒前に発生するエキソ振動、およびp波・s波を検出することにより、素早い地震検出が可能となる。また、従来の振動計と比べて小型で安価な地震計を提供することができるため、地震計の設置数を従来よりも飛躍的に増加させることが可能となる。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の要旨を説明する。

【0007】

一端をプローブ台に固定し他端を自由端とした片持ち梁構造のプローブ体と、このプ
ローブ体に所定の一定電位をバイアスするバイアス部と、このバイアス部によって所定の一定電位にバイアスされた前記プローブ体を外部電界若しくは外部磁界によって振動させる振動部と、この振動部により前記プローブ体を振動させた状態で、外部から前記プローブ台に機械的振動が印加された際、この機械的振動を前記プローブ体の振動のうねりとして検出する振動検出部とから成ることを特徴とする振動測定装置に係るものである。

【0008】

また、前記振動部として、一对の平行平板電極、対向する二つの電極若しくは3次元の
40
直交座標軸上に設置された複数の電極、または、一对の平行平板コイル、対向する二つのコイル若しくは3次元の直交座標軸上に設置された複数のコイルを採用したことを特徴とする請求項1記載の振動測定装置に係るものである。

【0009】

また、前記プローブ体として、CuやAlなどの導電性材料、SiやGeなどの半導体材料、樹脂や酸化膜や窒化膜などの誘電材料若しくはBaTiO₃やPZTなどの強磁性体からなるものを採用したことを特徴とする請求項1、2のいずれか1項に記載の振動測定装置に係るものである。

【0010】

10

20

30

40

50

また、前記振動検出部として、光学顕微鏡，差動増幅器若しくは光てこ方式により前記プローブ体の振動のうねりを測定して前記機械的振動を検出する振動検出部を採用したことを特徴とする請求項 1～3 のいずれか 1 項に記載の振動測定装置に係るものである。

【0011】

また、前記プローブ体として、細線状のものを採用したことを特徴とする請求項 1～4 のいずれか 1 項に記載の振動測定装置に係るものである。

【0012】

また、前記プローブ体として、膜若しくは立体構造物を採用したことを特徴とする請求項 1～4 のいずれか 1 項に記載の振動測定装置に係るものである。

【0013】

また、一端をプローブ台に固定し他端を自由端とした片持ち梁構造のプローブ体を、所定の一定電位にバイアスして、外部電界若しくは外部磁界を用いて当該プローブ体をあらかじめ振動させておき、外部からプローブ台に機械的振動が印加された際、この機械的振動を当該プローブ体の振動のうねりとして検出することを特徴とする振動測定方法に係るものである。

【0014】

また、前記プローブ体に印加する外部電界若しくは外部磁界の変動周波数を広範囲にわたってスキャンし、プローブ体の振動周波数の近傍の周波数のプローブ台の機械的振動を、前記プローブ体の振動のうねりとして増幅して検出することにより、単一のプローブ体で複数の機械的振動を検出し得るようにしたことを特徴とする請求項 7 記載の振動測定方法に係るものである。

【0015】

また、前記プローブ体に、一对の平行平板電極，対向する二つの電極若しくは 3 次元の直交座標軸上に設置された複数の電極を用いて外部電界を印加するか、または、一对の平行平板コイル，対向する二つのコイル若しくは 3 次元の直交座標軸上に設置された複数のコイルを用いて外部磁界を印加することで、前記プローブ体をあらかじめ振動させておくことを特徴とする請求項 7，8 のいずれか 1 項に記載の振動測定方法に係るものである。

【0016】

また、前記プローブ体として、Cu や Al などの導電性材料，Si や Ge などの半導体材料，樹脂や酸化膜や窒化膜などの誘電材料若しくは BaTiO₃ や PZT などの強磁性体からなるものを採用したことを特徴とする請求項 7～9 のいずれか 1 項に記載の振動測定方法に係るものである。

【0017】

また、前記プローブ体内に紫外線や可視光などの電磁波を伝搬させて、プローブ体の先端から放射された電磁波をフォトダイオードなどの受光素子で検出し、プローブ体の振動挙動を検出することを特徴とする請求項 7～10 のいずれか 1 項に記載の振動測定方法に係るものである。

【0018】

また、前記プローブ体の振動のうねりを、光学顕微鏡，差動増幅器若しくは光てこ方式を用いて測定することを特徴とする請求項 7～11 のいずれか 1 項に記載の振動測定方法に係るものである。

【0019】

また、前記プローブ体として、細線状のものを採用したことを特徴とする請求項 7～12 のいずれか 1 項に記載の振動測定方法に係るものである。

【0020】

また、前記プローブ体として、膜若しくは立体構造物を採用したことを特徴とする請求項 7～12 のいずれか 1 項に記載の振動測定方法に係るものである。

【0021】

また、前記プローブ体の表面に水蒸気の結露を生じさせて、振動のスペクトル変化として、結露形態を検出することを特徴とする請求項 7～14 のいずれか 1 項に記載の振動測

10

20

30

40

50

定方法に係るものである。

【発明の効果】

【0022】

本発明は、上述のように事前に外部電界あるいは外部磁界によって強制振動させているプローブ体を用いて、プローブ台の機械的振動のスペクトルを測定するものであり、従来の共振型の振動計が共振周波数近傍しか測定できないのに比較して、幅広い振動周波数帯を測定できる極めて画期的な振動測定装置及び振動測定方法となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0023】

好適と考える本発明の実施形態を簡単に説明する。

10

【0024】

片持ち梁構造のプローブ体を用いて、予めプローブ体を外部電界あるいは外部磁界によりある周波数で振動させておくことで、プローブ台に加えられた機械的振動を、プローブ体の振動のうねり（鼓動の振動変化）として増幅し、検出することが可能となり、プローブ体の強制振動周波数を変化させれば、プローブ台の機械的振動周波数の検出範囲を変化させることが可能となる。従って、本発明によれば、単一のプローブ体で幅広い測定周波数の機械的振動検出が可能な振動測定装置を構成できる。

【実施例】

【0025】

本発明の具体的な実施例について図面に基づいて説明する。

20

【0026】

本実施例は、一端をプローブ台に固定し他端を自由端とした片持ち梁構造のプローブ体を、所定の一定電位にバイアスして、外部電界若しくは外部磁界を用いて当該プローブ体をあらかじめ振動させておき、外部からプローブ台に機械的振動が印加された際、この機械的振動を当該プローブ体の振動のうねりとして検出するものである。

【0027】

具体的には、本実施例は、プローブ体として銅細線から成る微細プローブ（以下、単に「プローブ3」という。）を採用し、プローブ台4の機械的振動を増幅し、観測するものである。振動の観測方法は以下のとおりである。

【0028】

30

まず、銅細線の一端をアルミ製のプローブ台4に固定し、直径24 μm、長さ10.7 mmの片持ち梁構造のプローブ3とした。さらに、プローブ3に対して十分大きいサイズの平行平板電極1・2を作製し、電極1・2間（両電極間の略中間位置）にプローブ3の先端（自由端）を挿入した（図1および図2参照）。

【0029】

ここで、プローブ3はプローブ台4を介して直流電源（バイアス部）と接続されている。また、平行平板電極1・2（振動部）の電極1には交流電源が接続され、電極2は接地されている。電極間距離は906 μmとした。また、プローブ台4はピエゾステージ5に連結されており、プローブ3に機械的振動を印加できるようにしている。図3は測定に用いたプローブ1の顕微鏡写真を示している。尚、図中符号6は、実体顕微鏡である。

40

【0030】

次に、プローブ3に、 $V_b = 40 V$ の電位を持たせた。また、平行平板電極1・2に電圧14.1 V、周波数97 kHzの交流電圧を加えた。平行平板電極1・2間に発生した交流電界により、プローブ3はクーロンの法則に従う電気力を受け、機械的に振動を始めた（図4）。この条件での機械的振動の振幅は約1.5 mmである。この際、外部電界の周波数は、信号発生器により連続的にスキャンさせて、測定する機械的振動の周波数を検索する。

【0031】

次に、図4の状態において、さらに、ピエゾステージ5に電圧14.1 V、周波数97 kHzの交流電圧を印加し、プローブ台4に機械的振動を加えた。このとき、ピエゾステ

50

ージ5による機械的振動により、プローブ3の振動の振幅がうねりとして増幅され、プローブ振動が連続的に鼓動した。図5(a)および(b)は鼓動の様子を示しており、図5(a)は振幅が最大するとき、図5(b)が最小のときの実体顕微鏡像である。

【0032】

すなわち、上述のように、交流電界の周波数に近い周波数を持った機械的振動がプローブ台4に印加されると、図6に示すように、プローブ先端(自由端)の機械的振動が鼓動(うねり)として観測される。従って、振動検出部(光学顕微鏡や差動増幅器や光てこ方式を用いた検出装置等)によりこの鼓動の周期と振幅を測定し読み取ることで、プローブ台に印加された機械的振動の振幅および周波数を決定できる。この測定によって、プローブ台の振動周波数は、 97.1667 Hz であり、振動振幅は $160\text{ }\mu\text{m}$ であることを確認した。

10

【0033】

本実施例は上述のように行うため、一本のプローブで幅広い帯域の周波数振動を検出することが可能となり、低コストで小型の微振動測定装置が作製可能となる。

【0034】

尚、本発明は、本実施例に限られるものではなく、各構成要件の具体的構成は適宜設計し得るものである。

【0035】

例えば、本実施例においては、振動部として一对の平行平板電極を採用しているが、他の構成、例えば、対向する二つの電極若しくは3次元の直交座標軸上に設置された複数の電極を用いて外部電界を印加したり、一对の平行平板コイル、対向する二つのコイル若しくは3次元の直交座標軸上に設置された複数のコイルを用いて外部磁界を印加することで、前記プローブ体を振動させてもよい。

20

【0036】

具体的には、例えば図7に示すように電界が印加される部分を局所的にした先端先細り状の電極11・21や、図8に示すようにX軸方向とY軸方向の双方に振動させ得るよう、X軸電極21・22及びY軸電極31・32を備えることなどが考えられる。

【0037】

また、本実施例においては、プローブ体として銅細線から成るものを採用しているが、Alなどの他の導電性材料、SiやGeなどの半導体材料、樹脂や酸化膜や窒化膜などの誘電材料若しくはBaTiO₃やPZTなどの強磁性体からなるものを採用しても良い。

30

【0038】

更に、図9に示すように、プローブの芯材料として、Siやガラスなどの光導波材料を用いることで、紫外線や可視光などの電磁波を伝搬させて、プローブ体の先端から放射された電磁波をフォトダイオードなどの受光素子で検出し、プローブ体の振動挙動を検出する例、即ち、プローブ先端から放射された光をフォトダイオードアレイで検出することで、プローブの振動を測定する例を示している。また、この場合、プローブの表面は金属等の導電材料で覆っている。

【0039】

以上の特性は、プローブに磁性体を用いることで、外部磁界を印加させることでも同様な効果が得られる。

40

【0040】

また、本プローブ表面に水蒸気などの結露を生じさせた場合、その振動スペクトルの変化によって、結露密度および液滴サイズ等の情報を、同時に検出することが可能である。

【0041】

更に、本発明は、プローブ体として立体構造物(例えば円筒形)や膜状のものを採用することで、構造物の様々な機械的微振動を検出することも可能である。例としては、建築物の微振動を検出・監視することに用いたり、電子顕微鏡や原子間力顕微鏡のような、測定結果が微振動に大きく左右される測定装置の振動の監視等に用いたりすることができる。また、様々な構造物の共振特性を測定することも可能である。

50

【図面の簡単な説明】

【0042】

【図1】プローブを用いて振動を検出する方法の概略説明斜視図である。

【図2】プローブを用いて振動を検出する方法の概略説明正面図である。

【図3】プローブの実体顕微鏡写真である。

【図4】電界による電気力で振動しているプローブの実体顕微鏡写真である。

【図5】プローブが機械的振動を検出し、鼓動している様子を示す実体顕微鏡写真である。

【図6】プローブの機械的振動の時間依存性を示した特性図である。

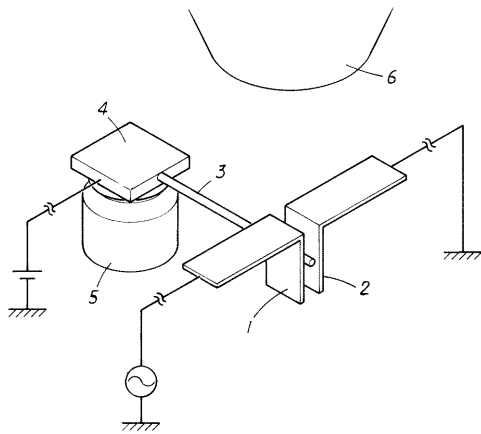
【図7】プローブを用いて振動を検出する方法において、電界が印加される部分を局所的にしたものの概略図である。

10

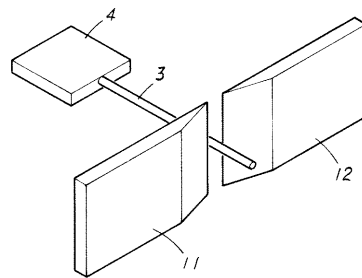
【図8】プローブを用いて振動を検出する方法において、X軸方向の振動とY軸方向の振動の両方を備えたものの概略図である。

【図9】プローブの芯材料として、Siやガラスを使用し、光導波させて、プローブ先端の変位を測定するための概略図である。

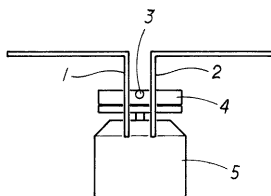
【図1】



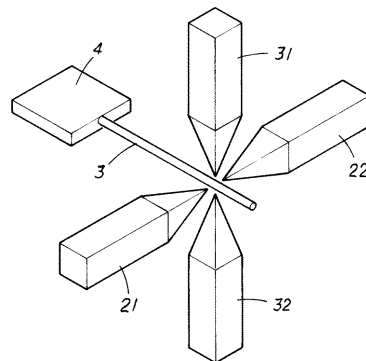
【図7】



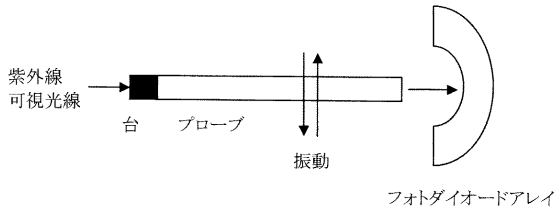
【図2】



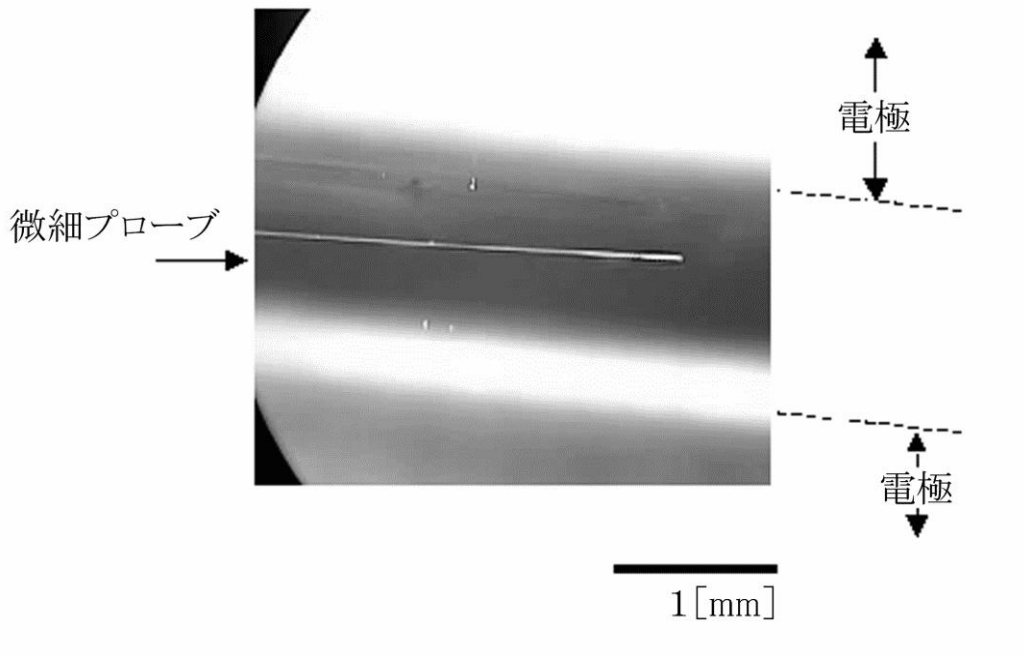
【図8】



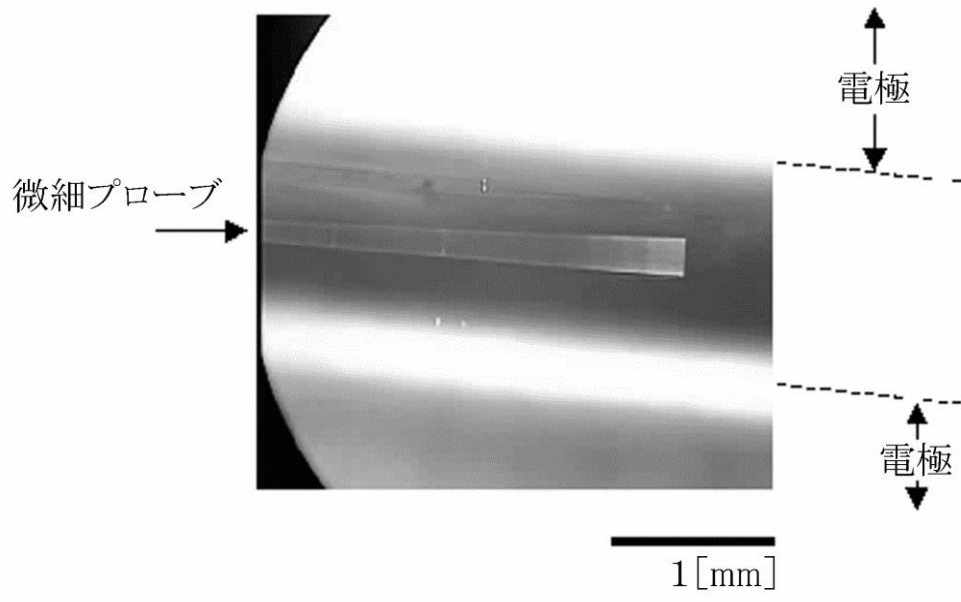
【図9】



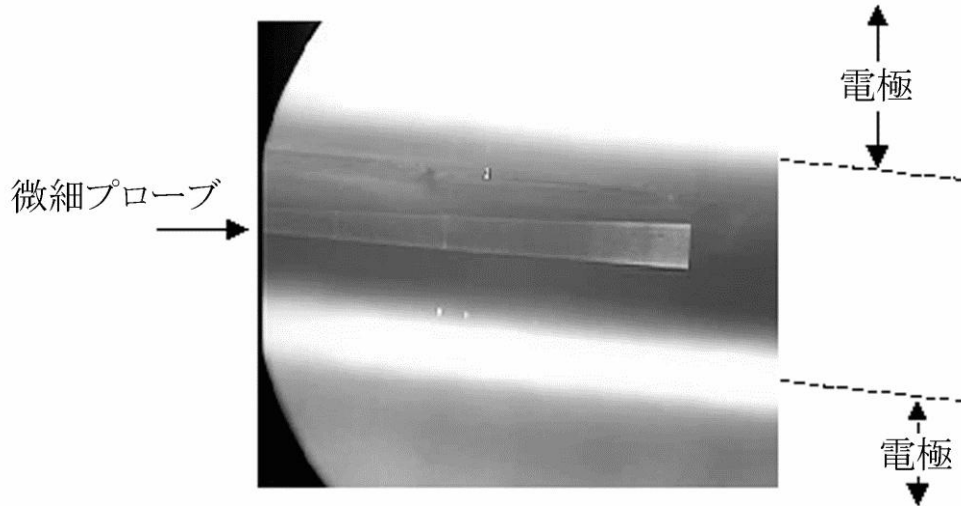
【図3】



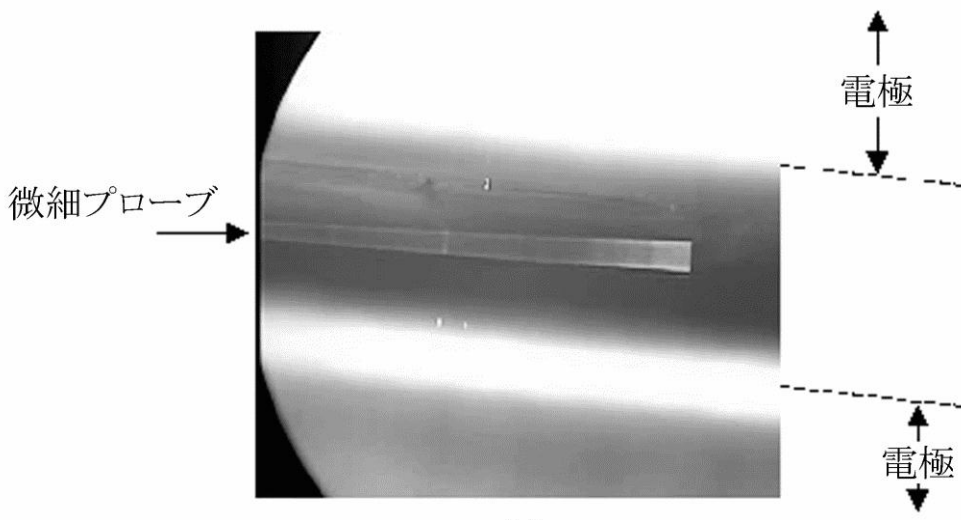
【図4】



【図5】



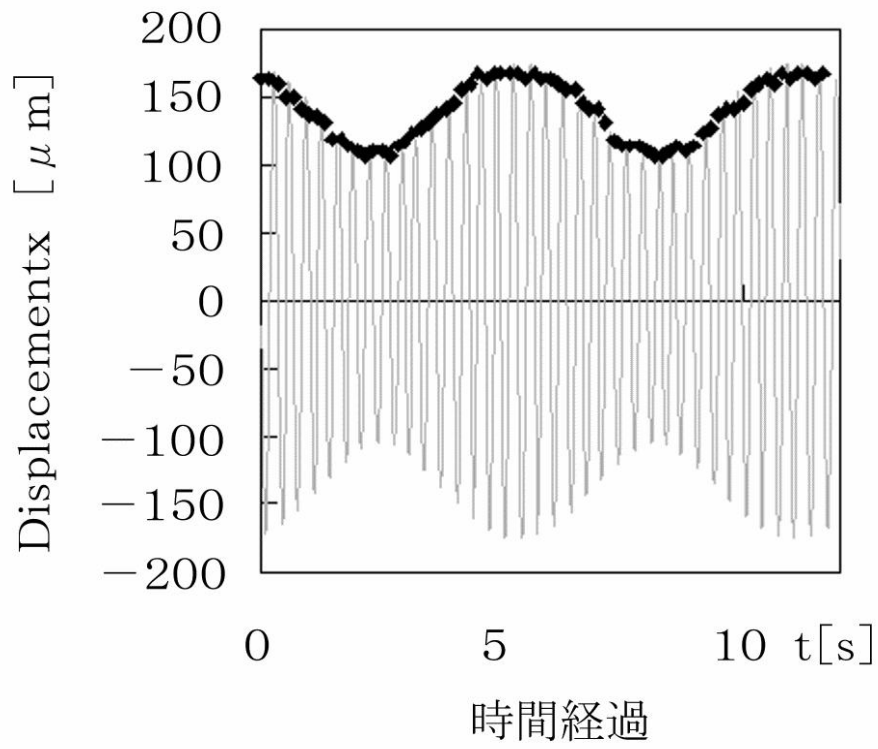
(a)



(b)

1 [mm]

【 図 6 】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平06-147882(JP,A)
特開平10-142241(JP,A)
特開2003-083804(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01H 1/00
JSTPlus(JDreamII)