

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2006-138769

(P2006-138769A)

(43) 公開日 平成18年6月1日(2006.6.1)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
G 0 1 V 1/00 (2006.01)	G 0 1 V 1/00 E	3 J 0 4 8
F 1 6 F 15/02 (2006.01)	F 1 6 F 15/02 A	
F 1 6 M 9/00 (2006.01)	F 1 6 F 15/02 M	
	F 1 6 M 9/00	

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2004-329396 (P2004-329396)	(71) 出願人	000004112 株式会社ニコン
(22) 出願日	平成16年11月12日 (2004.11.12)	(74) 代理人	100095256 弁理士 山口 孝雄
		(72) 発明者	植田 輝 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内
		(72) 発明者	柴田 洋樹 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内
		(72) 発明者	松下 卓 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

最終頁に続く

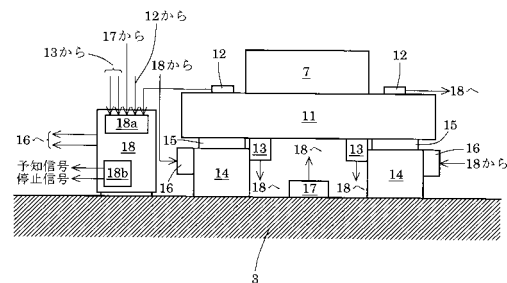
(54) 【発明の名称】 地震予知方法、地震予知装置、および防振装置

(57) 【要約】

【課題】 地震の発生を予知して、防振装置自体の損傷および支持している機器等の損傷を実質的に回避する。

【解決手段】 機器(7)を載置するための防振台(11)と、防振台の振動を計測するセンサ(12, 13)と、防振台を支持し且つ機器に伝わる振動を抑制するためにセンサの計測結果に応じて作動するアクチュエータ(15, 16)とを備えた防振装置。センサの出力から所定の振動成分を検出するための検出部(18a)と、所定の振動成分の検出に基づいて地震の発生を予知して予知信号を出力するための信号出力部(18b)とをさらに備えている。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

岩盤または該岩盤とほぼ一体的な物体の振動を計測し、前記岩盤または前記物体の振動計測結果から $0.1 \text{ Hz} \sim 10 \text{ Hz}$ の低周波数で 0.1 mgal 以上の加速度の微振動成分を検出し、該微振動成分の検出に基づいて地震の発生を予知することを特徴とする地震予知方法。

【請求項 2】

岩盤または該岩盤とほぼ一体的な物体の振動を計測するセンサと、

前記センサの出力から $0.1 \text{ Hz} \sim 10 \text{ Hz}$ の低周波数で 0.1 mgal 以上の加速度の微振動成分を検出する検出部と、

10

前記微振動成分の検出に基づいて地震の発生を予知して予知信号を出力する信号出力部とを備えていることを特徴とする地震予知装置。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の地震予知装置と、機器を載置するための防振台と、該防振台の振動を計測する別のセンサと、前記防振台を支持し且つ前記機器に伝わる振動を抑制するアクチュエータと、前記別のセンサの計測結果に応じて前記アクチュエータを制御する制御部とを備え、

前記検出部は、前記センサおよび前記別のセンサの少なくとも一方の出力から前記微振動成分を検出することを特徴とする防振装置。

【請求項 4】

20

前記防振装置は、前記岩盤上に形成された独立基礎の上に設置されていることを特徴とする請求項 3 に記載の防振装置。

【請求項 5】

前記信号出力部は、前記微振動成分の検出に基づいて前記機器の動作を停止させるための停止信号を出力することを特徴とする請求項 3 または 4 に記載の防振装置。

【請求項 6】

前記防振台を固定する固定手段をさらに備え、

前記信号出力部は、前記微振動成分の検出に基づいて前記アクチュエータの動作を停止させる信号を出力し、

前記制御部は、前記アクチュエータの動作を停止させる信号に基づいて、前記固定手段を動作させて前記防振台を固定することを特徴とする請求項 3 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の防振装置。

30

【請求項 7】

機器を載置するための防振台と、該防振台の振動を計測するセンサと、前記防振台を支持し且つ前記機器に伝わる振動を抑制するために前記センサの計測結果に応じて作動するアクチュエータとを備えた防振装置において、

前記センサの出力から所定の振動成分を検出するための検出部と、

前記所定の振動成分の検出に基づいて地震の発生を予知して予知信号を出力するための信号出力部とを備えていることを特徴とする防振装置。

【請求項 8】

40

前記検出部は、前記所定の振動成分として、 $0.1 \text{ Hz} \sim 10 \text{ Hz}$ の低周波数で 0.1 mgal 以上の加速度の微振動成分を検出することを特徴とする請求項 7 に記載の防振装置。

【請求項 9】

前記信号出力部は、前記所定の振動成分の検出に基づいて前記機器の動作を停止させるための停止信号を出力することを特徴とする請求項 7 または 8 に記載の防振装置。

【請求項 10】

前記防振装置は、岩盤上に形成された独立基礎の上に設置されていることを特徴とする請求項 7 乃至 9 のいずれか 1 項に記載の防振装置。

【請求項 11】

前記防振台を固定する固定手段をさらに備え、

50

前記信号出力部は、前記所定の振動成分の検出に基づいて前記アクチュエータの動作を停止させると共に、前記防振台を固定するために前記固定手段を動作させる信号を出力することを特徴とする請求項7乃至10のいずれか1項に記載の防振装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、地震予知方法、地震予知装置、および防振装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

たとえば半導体素子を製造するためのフォトリソグラフィ工程において、投影光学系を介してマスクパターンを感光性基板上に投影露光する露光装置が使用されている。この種の露光装置に搭載される投影光学系では、微細パターンを忠実に且つ高解像で転写するために、その残収差を小さく抑えることが要求される。したがって、投影光学系の製造工程では、たとえば波面収差測定機を用いて収差測定を行い、その測定結果に基づいて投影光学系の調整を行っている。

【0003】

なお、投影光学系の波面収差を所要の精度で測定するには、外部から波面収差測定機に伝わる振動をできるだけ小さく抑える必要がある。そこで、従来、たとえば特開平10-169702号公報に開示されているような防振装置を用いて波面収差測定機を支持し、外乱による振動が波面収差測定機に伝わるのを能動的に抑制した所望の静止状態で投影光学系の波面収差の測定を行っている。

【0004】

【特許文献1】特開平10-169702号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

上述のように波面収差測定機などの精密光学機器を支持する防振装置では、その能動的な振動抑制能力を大きく超えるような過大な振動、たとえば比較的大きな地震に起因するような過大な振動が外部から伝わると、防振装置が損傷を受けるだけでなく、支持している機器や機器に取り付けられた被測定物等が損傷を受ける恐れがある。

【0006】

本発明は、前述の課題に鑑みてなされたものであり、地震の発生を予知して、防振装置自体の損傷および支持している機器等の損傷を実質的に回避することのできる防振装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

前記課題を解決するために、本発明の第1形態では、岩盤または該岩盤とほぼ一体的な物体の振動を計測し、前記岩盤または前記物体の振動計測結果から0.1Hz~10Hzの低周波数で0.1mgal以上の加速度の微振動成分を検出し、該微振動成分の検出に基づいて地震の発生を予知することを特徴とする地震予知方法を提供する。

【0008】

本発明の第2形態では、岩盤または該岩盤とほぼ一体的な物体の振動を計測するセンサと、

前記センサの出力から0.1Hz~10Hzの低周波数で0.1mgal以上の加速度の微振動成分を検出する検出部と、

前記微振動成分の検出に基づいて地震の発生を予知して予知信号を出力する信号出力部とを備えていることを特徴とする地震予知装置を提供する。

【0009】

本発明の第3形態では、第2形態の地震予知装置と、機器を載置するための防振台と、該防振台の振動を計測する別のセンサと、前記防振台を支持し且つ前記機器に伝わる振動

10

20

30

40

50

を抑制するアクチュエータと、前記別のセンサの計測結果に応じて前記アクチュエータを制御する制御部とを備え、

前記検出部は、前記センサおよび前記別のセンサの少なくとも一方の出力から前記微振動成分を検出することを特徴とする防振装置を提供する。

【0010】

本発明の第4形態では、機器を載置するための防振台と、該防振台の振動を計測するセンサと、前記防振台を支持し且つ前記機器に伝わる振動を抑制するために前記センサの計測結果に応じて作動するアクチュエータとを備えた防振装置において、

前記センサの出力から所定の振動成分を検出するための検出部と、

前記所定の振動成分の検出に基づいて地震の発生を予知して予知信号を出力するための信号出力部とを備えていることを特徴とする防振装置を提供する。

10

【発明の効果】

【0011】

本発明の防振装置では、機器を載置するための防振台の振動を計測するセンサの出力から所定の振動成分、たとえば0.1Hz~10Hzの低周波数で0.1mgal以上の加速度の微振動成分を検出し、この微振動成分の検出に基づいて地震の発生を予知する。したがって、本発明の防振装置では、地震の発生を予知して、防振装置自体の損傷および支持している機器等の損傷を実質的に回避することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0012】

本発明の実施形態を、添付図面に基づいて説明する。図1は、本発明の実施形態にかかる防振装置の設置状況を概略的に示す図である。また、図2は、本実施形態にかかる防振装置の構成を概略的に示す図である。図1を参照すると、本実施形態にかかる防振装置(除振装置)1は、岩盤2の上に形成された独立基礎3の上に設置されている。

20

【0013】

さらに詳細には、岩盤2の上に捨てコンクリート4が敷設され、捨てコンクリート4の上に大きな体積を有する独立コンクリート基礎3が打設されている。また、独立基礎3は周囲の地盤5および床6から空間的に隔絶されており、外部からの振動が地盤5および床6を介して独立基礎3に伝わりにくく、ひいては独立基礎3の上に設置された防振装置1に伝わりにくい構成になっている。

30

【0014】

図2を参照すると、本実施形態の防振装置1は、たとえば波面収差測定機7のような機器を載置するための防振台11と、防振台11に作用する加速度を検出する加速度センサ12と、防振台11の変位を検出する変位センサ13と、独立基礎3に固定的に設置された3本(図2では2本だけを図示)の脚部14と、3本の脚部14と防振台11との間にそれぞれ設けられて防振台11を支持する空気ばね15と、空気ばね15の内部の空気量を調整して減衰率を可変とするサーボバルブ16と、独立基礎3に作用する加速度を検出する加速度センサ17と、サーボバルブ16を介して空気ばね15を制御する制御部18とを備えている。

【0015】

ここで、加速度センサ12および変位センサ13は、3本の脚部14に対応する位置にそれぞれ設けられ、防振台11の振動を計測するセンサを構成している。また、空気ばね15は、防振台11を支持して波面収差測定機7に伝わる振動を抑制するためのアクチュエータを構成している。なお、アクチュエータとして、たとえばリニアモータを空気ばね15と併用することもできる。

40

【0016】

制御部18は、信号処理部18aにおいてセンサ(12, 13)からの信号を処理し、信号処理部18aからの出力に応じて(すなわちセンサ(12, 13)の計測結果に応じて)、サーボバルブ16を介して空気ばね15を制御する。具体的には、制御部18は、特に加速度センサ12の出力信号に応じて、サーボバルブ16の作用により空気ばね15

50

による減衰率を調整して防振台 1 1 の揺れ振動を打ち消し、ひいては外部からの振動が波面収差測定機 7 に伝わるのを能動的に抑制する。

【 0 0 1 7 】

本実施形態の防振装置 1 では、たとえば露光装置に搭載すべき投影光学系の波面収差を測定するための波面収差測定機 7 を防振台 1 1 の上に載せる。そして、外部からの振動が波面収差測定機 7 に伝わるのを防振装置 1 の作用により能動的に抑制しつつ、所望の静止状態で投影光学系の波面収差の測定を高精度に行う。なお、波面収差測定機 7 の具体的な構成および作用については、たとえば特開平 1 0 - 3 8 7 5 7 号公報を参照することができる。

【 0 0 1 8 】

しかしながら、前述したように、本実施形態の防振装置 1 では、その能動的な振動抑制能力を大きく超えるような過大な振動、たとえば比較的大きな地震に起因するような過大な振動が外部から伝わると、たとえば防振台 1 1 の過大な揺れやセンサ (1 2 , 1 3) の破損などにより、防振装置 1 が損傷を受けたり、支持している搭載機器 (本実施形態の場合には波面収差測定機 7 そのものや、波面収差測定機 7 に取り付けられた被測定物としての投影光学系など) が損傷を受けたりする恐れがある。

【 0 0 1 9 】

そこで、本実施形態では、制御部 1 8 内の信号処理部 1 8 a において、センサ (1 2 , 1 3 , 1 7) の出力から所定の振動成分を検出する。そして、制御部 1 8 内の信号出力部 1 8 b が、信号処理部 1 8 a における所定の振動成分の検出に基づいて、地震の発生を予知して予知信号を出力する。さらに、信号出力部 1 8 b は、信号処理部 1 8 a における所定の振動成分の検出に基づいて、たとえば波面収差測定機 7 の動作を停止させるための停止信号を必要に応じて出力する。

【 0 0 2 0 】

具体的には、制御部 1 8 は、所定の振動成分として、たとえば 0 . 1 H z ~ 1 0 H z の低周波数で 0 . 1 m g a l (ミリガル) 以上 (好ましくは 0 . 1 m g a l ~ 1 g a l) の加速度の微振動成分を信号処理部 1 8 a において検出すると、信号出力部 1 8 b から予知信号および停止信号を出力する。そして、制御部 1 8 は、予知信号の出力に応じて、サーボバルブ 1 6 の作用により空気ばね 1 5 の内部の空気を抜いて空気ばね 1 5 による能動的振動抑制機能を停止させ、防振台 1 1 を脚部 1 4 に対して固定状態に設定する。また、波面収差測定機 7 は、制御部 1 8 からの停止信号を受けて、その動作を停止する。

【 0 0 2 1 】

こうして、本実施形態では、比較的大きな地震が発生しても、その発生に先立って防振台 1 1 が脚部 1 4 に対して固定状態に設定されるので、防振台 1 1 の過大な揺れやセンサ (1 2 , 1 3) の破損などを未然に防止することができ、ひいては防振装置 1 の損傷および搭載機器である波面収差測定機 7 や被測定物 (投影光学系) の損傷を実質的に回避することができる。すなわち、本実施形態の防振装置 1 では、地震の発生を予知して、防振装置自体の損傷および支持している機器等の損傷を実質的に回避することができる。

【 0 0 2 2 】

以下、本実施形態における地震発生予知の考え方について説明する。図 3 および図 4 は、本実施形態の防振装置において能動的な振動抑制が正常に機能する様子を示す図である。図 3 および図 4 において、縦軸は変位 (m m) を示し、横軸はある時刻からの経過時間 (s) を示している。また、図 3 において、(a) は第 1 の脚部 1 4 に対応して配置された第 1 の変位センサ 1 3 が検出した防振台 1 1 の鉛直方向に沿った変位を示している。

【 0 0 2 3 】

同様に、図 3 (b) は、第 2 の脚部 1 4 に対応して配置された第 2 の変位センサ 1 3 が検出した防振台 1 1 の鉛直方向に沿った変位を示している。また、図 3 (c) は、第 3 の脚部 1 4 に対応して配置された第 3 の変位センサ 1 3 が検出した防振台 1 1 の鉛直方向に沿った変位を示している。なお、3 本の脚部 1 4 は、ほぼ正三角形の頂点に対応する位置にそれぞれ配置されている。

10

20

30

40

50

【0024】

一方、図4において、(a)は第1の変位センサ13が検出した防振台11の第1の水平方向に沿った変位を示している。また、図4(b)は、第2の変位センサ13が検出した防振台11の第2の水平方向(第1の水平方向と直交する方向)に沿った変位を示している。また、図4(c)は、第3の変位センサ13が検出した防振台11の第3の水平方向(第1の水平方向と逆向き)に沿った変位を示している。

【0025】

したがって、図4(c)に示す変位の波形は、図4(a)に示す変位の波形とほぼ逆向きの性状を有する。図3および図4を参照すると、本実施形態の防振装置1では、外乱により防振台11が一時的に振動することがあっても、空気ばね15の作用により防振台11の振動が能動的に抑制され、ひいては振動が波面収差測定機7に伝わるのを能動的に抑制できることがわかる。

10

【0026】

図5および図6は、図3および図4に対応する図であって、本実施形態の防振装置において能動的な振動抑制が正常に機能していない様子を示す図である。図5および図6は、本実施形態の防振装置1において、平成16年新潟県中越地震(以下、単に「中越地震」という)の発生前に、さらに特定すれば平成16年10月21日の午前9:30頃に埼玉県熊谷市で、変位センサ13が検出した防振台11の変位を示している。

【0027】

図5および図6を参照すると、防振装置1の能動的な振動抑制能力を超えるような過大な振動が、岩盤2および独立基礎3を介して外部から防振装置1に伝わり、防振台11が約0.2Hzの低周波数で所定時間に亘って継続的に振動していることがわかる。なお、図示を省略したが、同じく平成16年10月21日の午前9:30頃に同じく埼玉県熊谷市で、加速度センサ12の出力も変位センサ13の出力にほぼ対応するように、防振台11が約0.2Hzの低周波数で所定時間に亘って継続的に微振動していることを示していた。

20

【0028】

図7は、中越地震の発生前に、さらに特定すれば平成16年10月21日の午前10:00頃に同じく埼玉県熊谷市で、加速度センサ17が検出した独立基礎3の加速度の経時的变化を示している。図7において、縦軸は加速度(gal)を示し、横軸はある時刻からの経過時間(s)を示している。図7を参照すると、独立基礎3(ひいては岩盤2)も防振台11と同様に、約0.2Hzの低周波数で所定時間に亘って継続的に微振動していることがわかる。

30

【0029】

実際に、図5および図6に示すような防振台11の約0.2Hzの低周波数にしたがう微振動、および図7に示すような独立基礎3の約0.2Hzの低周波数にしたがう微振動は、平成16年10月23日の午後5:56頃に中越地震が発生するまで丸2日間以上も継続した。防振台11や独立基礎3のこのような性状の微振動は、平常時には全く確認されなかった異常事態である。

【0030】

図8および図9は、図5および図6に対応する図であって、本実施形態の防振装置において能動的な振動抑制が正常に機能していない様子を示す別の図である。具体的に、図8および図9は、本実施形態の防振装置1において、中越地震の発生後に、さらに特定すれば平成16年10月26日に同じく埼玉県熊谷市で、変位センサ13が検出した防振台11の変位を示している。図8および図9を参照すると、図5および図6に示す振幅よりもかなり小さい微振動であるが、やはり約0.2Hzの低周波数で所定時間に亘って継続的に防振台11が微振動していることがわかる。

40

【0031】

中越地震の発生後に、図8および図9に示すような防振台11の約0.2Hzの低周波数にしたがう比較的小さな継続的な微振動は、比較的顕著な余震の発生に先立ってその都

50

度確認されている。また、図示を省略したが、独立基礎3についても防振台11と同様に、約0.2Hzの低周波数にしたがう比較的小さな継続的な微振動が、比較的顕著な余震の発生に先立ってその都度確認されている。

【0032】

以上の事実により、本出願人は、本実施形態の防振装置1において、加速度センサ12、変位センサ13および加速度センサ17のうち少なくとも1つのセンサの出力から、所定の振動成分として、たとえば0.1Hz~10Hzの低周波数で0.1mgal以上(好ましくは0.1mgal~1gal)の加速度の微振動成分を検出したとき、この振動成分の検出に基づいて地震(本震だけでなく余震も含む広い概念)の発生を予知できることを見出した。

10

【0033】

さらに、加速度センサ17が防振台11の振動ではなく岩盤2とほぼ一体的な独立基礎3の振動を計測していることに着目すると、単に防振装置に対してだけでなく、一般的な地震予知方法および地震予知装置に対して上述の知見を適用できることは明らかである。すなわち、岩盤の振動を直接的に計測し、その振動計測結果から0.1Hz~10Hzの低周波数で0.1mgal以上(好ましくは0.1mgal~1gal)の加速度の微振動成分を検出し、この微振動成分の検出に基づいて地震の発生を予知することもできる。

【0034】

あるいは、岩盤とほぼ一体的な物体の振動、本実施形態の場合には例えば独立基礎3の振動(また適当な場合には防振台11の振動など)を計測し、その振動計測結果から0.1Hz~10Hzの低周波数で0.1mgal以上(好ましくは0.1mgal~1gal)の加速度の微振動成分を検出し、この微振動成分の検出に基づいて地震の発生を予知することもできる。本発明にかかる地震予知では、震源の位置を特定することはできないが、検出された微振動成分の特性に基づいて震源までの距離や地震の規模などを予想することができるようになる可能性もある。さらには、複数地点での本発明の計測に基づいて震源までの距離や地震の規模などの予想ができる可能性もある。

20

【0035】

なお、上述の実施形態では、特定の構成を有し且つ特定の設置状態にある防振装置に対して本発明を適用しているが、これに限定されることなく、本発明が適用可能な防振装置の構成および設置状態については様々な変形例が可能である。

30

【図面の簡単な説明】

【0036】

【図1】本発明の実施形態にかかる防振装置の設置状況を概略的に示す図である。

【図2】本実施形態にかかる防振装置の構成を概略的に示す図である。

【図3】本実施形態の防振装置において能動的な振動抑制が正常に機能する様子を示す図である。

【図4】本実施形態の防振装置において能動的な振動抑制が正常に機能する様子を示す図である。

【図5】中越地震の発生前に本実施形態の防振装置において能動的な振動抑制が正常に機能していない様子を示す図である。

40

【図6】中越地震の発生前に本実施形態の防振装置において能動的な振動抑制が正常に機能していない様子を示す図である。

【図7】中越地震の発生前に本実施形態の防振装置において加速度センサが検出した独立基礎の加速度の経時的变化を示す図である。

【図8】中越地震の発生後に本実施形態の防振装置において能動的な振動抑制が正常に機能していない様子を示す別の図である。

【図9】中越地震の発生後に本実施形態の防振装置において能動的な振動抑制が正常に機能していない様子を示す別の図である。

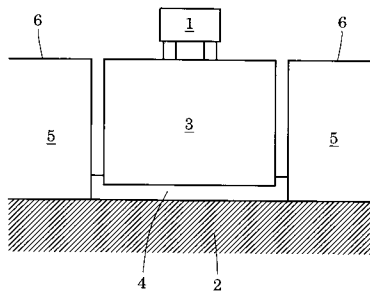
【符号の説明】

【0037】

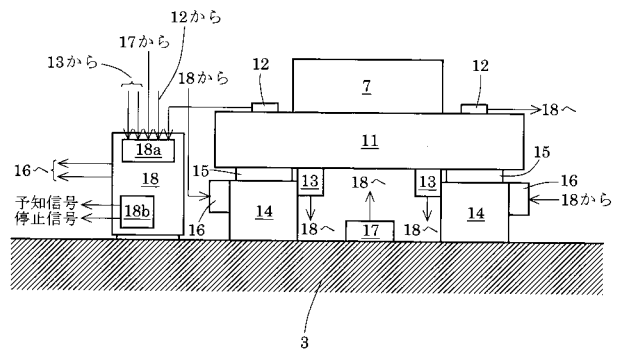
50

- 1 防振装置 (除振装置)
- 2 岩盤
- 3 独立基礎
- 7 波面収差測定機
- 11 防振台
- 12, 17 加速度センサ
- 13 変位センサ
- 15 空気ばね
- 16 サーボバルブ
- 18 制御部
- 18a 信号処理部
- 18b 信号出力部

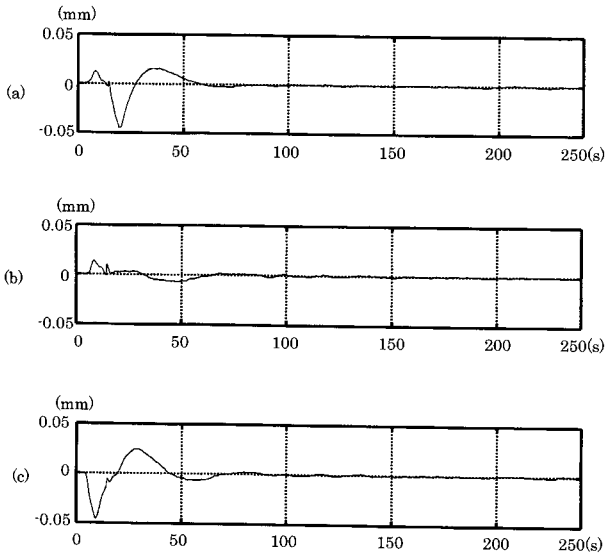
【図1】



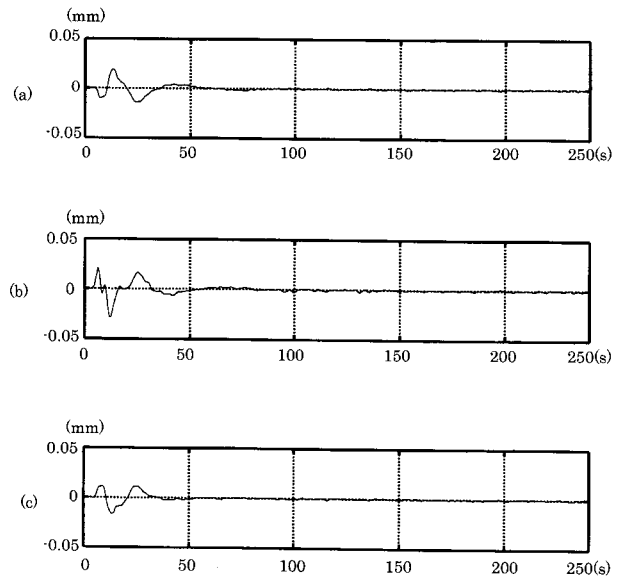
【図2】



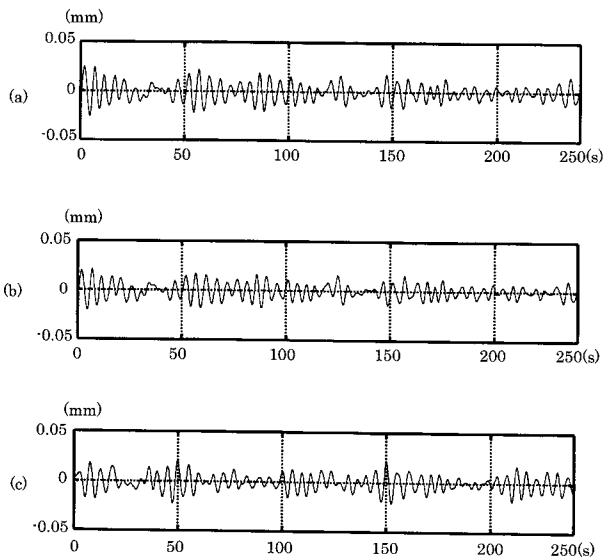
【 図 3 】



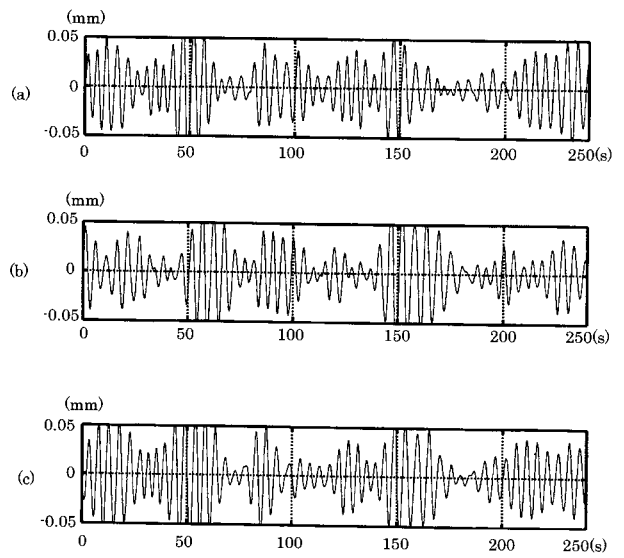
【 図 4 】



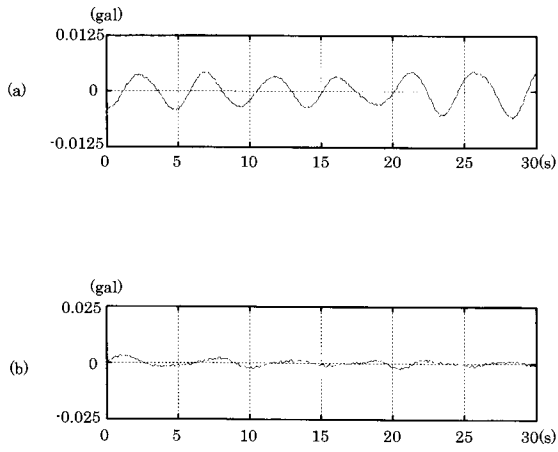
【 図 5 】



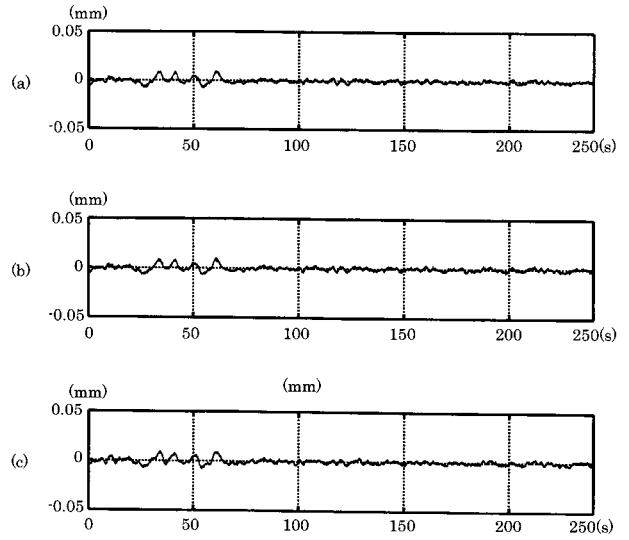
【 図 6 】



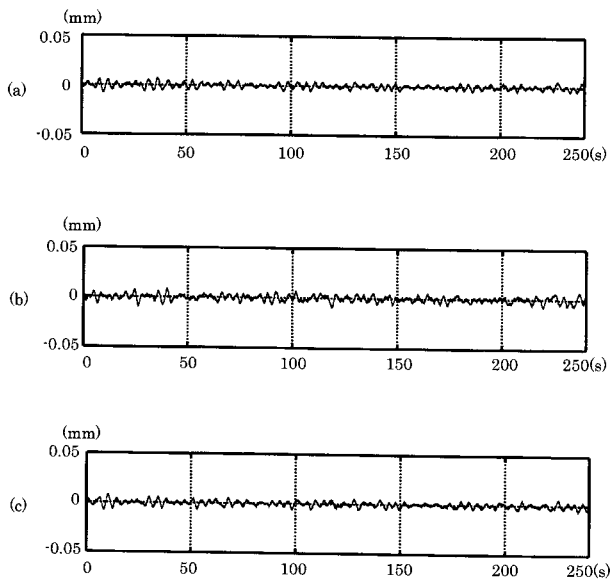
【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】



フロントページの続き

(72)発明者 林 恒仁

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

Fターム(参考) 3J048 AB08 AB11 AD02 BE02 DA01 EA13 EA38