

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号  
特許第4233523号  
(P4233523)

(45) 発行日 平成21年3月4日(2009.3.4)

(24) 登録日 平成20年12月19日(2008.12.19)

(51) Int.Cl.  
GO1H 11/04 (2006.01)

F I  
GO1H 11/04 ZNM

請求項の数 16 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2004-515286 (P2004-515286)	(73) 特許権者	504467716
(86) (22) 出願日	平成15年5月28日 (2003. 5. 28)		コピアル デバイス アーベ
(65) 公表番号	特表2005-530173 (P2005-530173A)		スウェーデン国、エス-2 5 4 6 6 ヘ
(43) 公表日	平成17年10月6日 (2005. 10. 6)		ルシンボリ、ゲベルスガータン 8
(86) 国際出願番号	PCT/SE2003/000871	(74) 代理人	100064012
(87) 国際公開番号	W02004/001353		弁理士 浜田 治雄
(87) 国際公開日	平成15年12月31日 (2003. 12. 31)	(72) 発明者	セデル, トルド
審査請求日	平成18年5月11日 (2006. 5. 11)		スウェーデン国、エス-2 3 7 3 1 ビ
(31) 優先権主張番号	0201927-1		エレッド、レンスマンスペーゲン 1 2
(32) 優先日	平成14年6月20日 (2002. 6. 20)		
(33) 優先権主張国	スウェーデン (SE)	審査官	▲高▼見 重雄

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 永久状態偏差を感知する方法及び装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

一時的な内部材料振動、いわゆるリアルタイムのアコースティックエミッションに基づき検知することによって、永久状態に対応する該当箇所に生じた偏差を表示及び感知し、偏差依存エレメントは1つ以上のマルチ-ターンコイルにより少なくとも部分的に巻かれている、偏差を表示および感知する方法において、

a . 1つ以上のバンド成形エレメントは前記該当箇所に対して自由に懸架される方法で接着され、

b . 前記バンドエレメントは非晶性および/またはナノ結晶材料から形成され、

c . 前記バンド成形エレメントはピックアップコイルを通して直流を印加するおよび/または永久磁石を利用するバイアス磁化により影響され、

d . 前記偏差は前記バンドエレメント内に内部原子運動(振動)を発生して前記バンドエレメントに伝達され、

e . 前記偏差により前記原子運動に比例する前記コイル内の検出可能な電磁流量変化( $\frac{dB}{dt}$ )を表示および感知するかあるいは前記コイル内の検出可能なインダクタンス変化を表示および感知し、

f . 2つの非晶質バンドエレメント及び中間プラスチックバンドから構成される「ビーム」を屈曲させると、片方のバンドエレメントの伸長が別のバンドエレメントの圧縮を同時に生じさせ、その後、コイルからの出力信号が正反対となり、すなわち伸長におけるインダクタンス(導磁性)の増加及び圧縮における減少を生じ、これにより曲げビームの先

10

20

端部に位置する反応塊は加速度、ビームの長さ及び質量に比例する曲げモーメントを提供することを特徴とする方法。

【請求項 2】

請求項 1 の b . に関する、前記材料は高透磁性および比較的高い磁気歪みを発生する、結晶化温度に近いがそれより低い温度で磁気加熱処理される請求項 1 記載の方法。

【請求項 3】

請求項 1 の b . に関する、前記非晶性材料として強磁性体が選択されることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の方法。

【請求項 4】

前記透磁性は  $5000 < \mu < 200000$  ppm から選択されることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の方法。

10

【請求項 5】

前記磁気ひずみは  $5 < s_{at} < 40$  ppm から選択されることを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載の方法。

【請求項 6】

前記非晶性材料は 1 つ以上のバンドエレメントを形成するよう切断され、その縦伸びは選択された圧延方向に対して横方向に選択されることを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載の方法。

【請求項 7】

スライドガラスに接着させた前記バンドエレメントは  $40 \text{ kHz}$  乃至  $1 \text{ MHz}$  の周波数範囲内で感度が示されることを特徴とする請求項 1 記載の方法。

20

【請求項 8】

1 つ以上の、少なくともおよそ  $20 \mu\text{m}$  の厚さの、非晶性あるいはナノ結晶材料の、高透磁性および比較的高い磁気歪みを有する磁気加熱処理バンドエレメントが使用されることを特徴とする請求項 1 記載の方法。

【請求項 9】

一時的な内部材料振動、いわゆるリアルタイムのアコースティックエミッションに基づき検知することによって、永久状態に対応する該当箇所に生じた偏差を表示及び感知し、偏差依存エレメントは 1 つ以上のマルチ - ターンコイルにより少なくとも巻かれている、偏差を表示および感知する装置において、

30

a . 1 つ以上のバンド成形エレメントは前記該当箇所に対して自由に懸架される方法で接着され、

b . 前記バンドエレメントは非晶性あるいはナノ結晶材料から形成され、

c . 前記バンド成形エレメントはピックアップコイルを通して直流を印加するおよび / または永久磁石を利用するバイアス磁化により影響され、

d . 前記偏差は前記バンドエレメント内に内部原子運動 ( 振動 ) を発生して前記バンドエレメントに伝達され、

e . 前記偏差により前記原子運動に比例する前記コイル内の検出可能な電磁流量変化 (  $dB/dt$  ) を表示および感知するかあるいは前記コイル内の検出可能なインダクタンス変化を表示および感知し、

40

f . 2 つの非晶質バンドエレメント及び中間プラスチックバンドから構成される「ビーム」を屈曲させると、片方のバンドエレメントの伸長が別のバンドエレメントの圧縮を同時に生じさせ、その後、コイルからの出力信号が正反対となり、すなわち伸長におけるインダクタンス ( 導磁性 ) の増加及び圧縮における減少を生じ、これにより曲げビームの先端部に位置する反応塊は加速度、ビームの長さ及び質量に比例する曲げモーメントを提供することを特徴とする装置。

【請求項 10】

請求項 9 の b . に関する、前記材料は高透磁性および比較的高い磁気歪みを発生する、結晶化温度に近いがそれより低い温度で磁気加熱処理される請求項 9 記載の装置。

【請求項 11】

50

1つ以上の、少なくともおよそ20  $\mu\text{m}$ の厚さの、非晶性あるいはナノ結晶材料の、高透磁性および比較的高い磁気歪みを有する磁気加熱処理バンドエレメントが使用されることを特徴とする請求項9記載の装置。

【請求項12】

前記1つあるいは1つ以上のコイルが結合された1つあるいは1つ以上のバンドエレメントは弾性変形可能なエポキシポリマーで囲まれることを特徴とする請求項9記載の装置。

【請求項13】

前記1つあるいは1つ以上のバンドエレメント及び1つあるいは1つ以上のコイルは永久状態に対象物として接着され、その永久状態偏差が表示されることを特徴とする請求項9または12記載の装置。

10

【請求項14】

発生する感度はその材料における方向依存性のため、1つあるいはそれ以上のバンドエレメントの圧延方向に対する選択された検知方向の方向付けに従って異なることを特徴とする請求項9乃至13のいずれかに記載の装置。

【請求項15】

コイルが結合されたバンドエレメントはブリッジ及び増幅器を接続させて、感度及び検知性をそれぞれ増加させることを特徴とする請求項9乃至14のいずれかに記載の装置。

【請求項16】

ガラス破損率インジケータとして実現される請求項9乃至15のいずれかに記載の装置。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、例えば、プロトタイプ試験、企業内既存生産装置など、ハードウェア設計及び構造に対して重要な部分におけるリアルタイムの一時的な内部材料振動を検知することによって永久状態偏差を感知及び表示、及び/または監視することによって予め構築されたインフラ設備を維持するための方法及び装置に関する。

【背景技術】

【0002】

30

近年のマイクロ電子技術分野の発展、とりわけますます強化されるコンピュータに関するメモリの発展は、製品設計における寸法に重要な大きさを測定することを対象とした加速計、曲げ/変形表示計、アコースティックエミッション用インジケータなどのトランスデューサあるいはセンサが市場において異なる型を生じることによりそれらの組立てが過度に複雑化され、その結果として、過度に場所をとり、更に、近代的なハードウェア設計がますます要求され、とりわけ近代的なソフトウェアが使用可能な程度まで応用するのにコストがかかることを伴ってきた。

【発明の要点】

【0003】

40

したがって、本発明の主要な目的の1つは、原理上非常に簡潔なトランスデューサエレメントあるいはセンサ及びそれらの配置を実現することにより、その組立てにおいて場所を節約することができるため、従来では想像できないトランスデューサあるいはセンサ構造を実現し、同時に、これまで可能だった範囲より広い範囲に対する感度及び精度をかなり増大させた測定が可能となり、その上、従来ではほとんど検知できなかった大きさの測定が可能となる機会を与えることである。本発明の別の目的は非常に小さい固有の質量を有することにより、その検知される対象物の大きさが、これにより影響されないようなセンサ配置を実現することである。

【0004】

上記に概略した目的は、付属品に添加される高導磁性及び比較的高い磁気歪みを有する1つ以上の少なくとも約20  $\mu\text{m}$ の厚さの非晶形あるいはナノ結晶性のバンドエレメント

50

から構成される装置であり、前記バンドエレメントは、所望の材料構造物を実現するために、磁氣的熱処理により処理し、前記バンドエレメントはマルチ・ターンコイルにより少なくとも部分的に巻かれ、この状態偏差として任意に生じる原子運動は1つ以上のバンドエレメントに伝達され、前記原子運動に比例するコイルの電磁流量変化 ( $dB/dt$ ) を明確に測定でき且つ検知でき、あるいは1つ以上のコイルにおけるインダクタンス変化を同様に明確に測定でき且つ検知できる装置及方法により達成される。

【0005】

本発明を、添付図面を参照しながら以下詳細に説明する。

【詳細説明】

【0006】

ガラス破損率センサへの応用

機能原理

トランスデューサあるいはインジケータは非晶質強磁性体から構成され、これは極めて高い導磁性、 $5,000 < \mu < 200,000$  を有すると同時に、ある合金組成に対して、比較的高い磁気ひずみ、 $5 < s_{at} < 40 \text{ ppm}$  を有する特性を所有する。全体としてみると、これは非常に高い磁気-弾性関係を備えた材料を提供し、且つそれゆえにセンサ材料として非常に適している。

【0007】

$22 \mu\text{m}$  の厚さを有する非晶質材料シートから切断し、その後任意の材料上に接着した約  $3 \times 10 \text{ mm}$  のバンドを使用して、材料の伸縮性を検知できる。非晶質材料は圧延方向に対して別の方向に切断することにより別の特性を提供でき、本発明においては、圧延方向に対して縦方向及び横方向に作成されたものが使用される。

【0008】

また、材料パラメータは結晶化温度に近いがそれより低い温度で磁界における材料を熱処理することにより変性される。破損ガラス及び通常のアコースティックエミッションの場合には、電磁流量の変化は、マルチ・ターンコイルが図1及び2に示されるように、バンドの周囲に巻かれることにより検知される。

【0009】

理論

高い周波数の信号を検知するために、流量変化を検知して、これがバンドに対する変形量に比例することを推定するだけの簡単な利点を有する。このことは、非磁性バンドが伸長変化において流量変化を生じないため、磁氣的に明確な初期状態が達成されることを意味する。

【0010】

磁化基礎状態を達成するために、原則的にアース磁化状態は  $30 - 60 \mu\text{T}$  ( $20 - 40 \text{ A/m}$ ) で充分であるが、他方では、インジケータが搭載され測定される際にはアース磁界の大きさ及び方向を監視することは非実用的である。

【0011】

満足な初期状態を達成するための2つの方法があり：  
わずかな磁気封入及び巻き上げコイルへの直流、及び  
わずかな磁気封入及び永久磁石を備えたバイアス磁化がある。

【0012】

磁界の大きさは磁化が  $0, 2 - 0, 7 \text{ T}$  となるようにして、これはバンドにおける磁界が  $2 - 56 \text{ A/m}$  の大きさの程度となることを意味する。磁界の大きさは通常次式から計算される。

【0013】

10

20

30

40

【数 1】

$$H = \frac{B}{\mu_0 \cdot \mu}$$

【0014】

ここで、Hは磁界であり、Bは電磁流量密度であり、自由空間に対する導磁率 $\mu_0 = 4 \cdot 10^{-7} \text{ Vs / Am}$ であり、この場合における非晶質バンドへの相対導磁率 $\mu$ である。

10

【0015】

測定信号は伸長 / 圧縮に由来するバンドにおける流量変化量を検知することにより得られる。

【0016】

直線的な場合に関して、以下の連立方程式がその関数を示す。

【0017】

【数 2】

$$\Delta B = d \cdot \Delta \sigma + \mu_0 \cdot \mu \cdot \Delta H$$

20

【0018】

ここで、 $\sigma$ は機械的応力を示し、dは磁気 - 弾性関係係数を示す。この冒頭の $\sigma_0$ は初期値からの変化量を示す。材料パラメータdは、一定の機械的応力、 $H = 0$ 、での最大磁気ひずみを、磁気飽和状態における磁界で割ることにより近似させる。

すなわち、

【0019】

【数 3】

$$\frac{\lambda_{\max}}{H_{\max}} = d$$

30

【0020】

従って、

【0021】

【数 4】

$$\Delta \lambda = \frac{\Delta \sigma}{E^H} + d \cdot \Delta H$$

40

【0022】

ここで、 $\lambda_{\max} = 35 \cdot 10^{-6}$ であり、且つ $H_{\max} = 200 \text{ A / m}$ から、関係因子 $d = 1.75 \cdot 10^{-7} \text{ m / A}$ となり、全ての型の磁気弾性関係に対して非常に高い値となる。

【0023】

期待される出力信号は流量変化量及び機械的応力に比例する。

【0024】

【数 5】

$$U(t) = N \cdot A \cdot \frac{dB}{dt}$$

【0025】

ここで、Nは巻上コイルにおけるターンの回数であり、更にAは非晶質バンドの断面積である。H = 0と仮定すると、以下の方程式が当てはまる。

【0026】

【数 6】

$$\begin{cases} \Delta\sigma = \Delta\lambda \cdot E^H \\ \Delta B = d \cdot \Delta\sigma \end{cases}$$

【0027】

ここで $E^H$ は一定の磁界における弾性率である。周波数面への変換及び上記方程式の利用率は、次式で与えられる。

【0028】

【数 7】

$$\hat{U} = |N \cdot A \cdot \omega \cdot d \cdot \Delta\lambda \cdot E^H|$$

【0029】

ここで $\omega$ は $\text{rows/sec}$ の角周波数である。この曲折アクセントは、振幅値が与えられることを示す。弾性率が $100\text{ GPa}$ の大きさを有すると仮定すると、 $100,000\text{ kHz}$ におけるセンサの伸縮は、図4及び5の中央に示されるP1\_\_2の場合に対して $0,0025\text{ ppm}$ の大きさを示す。

【0030】

測定結果

ガラススライドへ接着したセンサの初期実験では周波数の範囲が $40\text{ kHz} - 1\text{ MHz}$ の振動を検知できたことを示す。

【0031】

以下の比較試験が実施された。

【0032】

【表 1】

表1、インジケータの表示

センサ	バンドの方向付け	ターン回数	内容	静的無負荷な導磁率[mH]
P1__1	横方向	280	厚い接着部	158
P1__2	横方向	280		60
P1__3	縦方向	280	厚いプラスチック封入	32

【0033】

この試験はガラススライドのかどが破損されており、且つ出力信号がおよそ $100$ 倍増幅されたもので実施した。

【0034】

図3はセンサP1\_\_1、P1\_\_2、P1\_\_3の異なる伸縮に対するインダクタンス変化

10

20

30

40

50

を示す。ここで、横方向に切断されたバンドを有する P 1 \_\_ 1 及び P 1 \_\_ 2 は一番高い磁気 - 弾性関係を示すことが明確に示される。これらの 2 つのサンプルはまた非常に高い導磁率を表示する。このことはガラス破損実験においても、同様な励起状態における信号レベルが P 1 \_\_ 1 及び P 1 \_\_ 2 に対して高いことが示される。P 1 \_\_ 2 は、P 1 \_\_ 1 及び P 1 \_\_ 3 と比較してかなり広帯域の信号スペクトルを示す。これはおそらく表 1 に示される、より大きな接着特性により説明される。

#### 【 0 0 3 5 】

実静的測定を行う一般加速計の開発した最初の試作品への適用  
機能的原理

トランスデューサあるいはインジケータは非晶質強磁性体から構成され、これは極めて高い導磁性、 $5,000 < \mu < 200,000$  を有すると同時に、ある合金組成に対して比較的高い磁気ひずみ、 $5 < s_{at} < 40 \text{ ppm}$  を有する特性を所有する。全体としてみると、これは非常に高い磁気弾性関係を備えた材料を提供し、且つそれゆえにセンサ材料として非常に適している。トランスデューサあるいはインジケータは  $3 \cdot 16 \cdot 0.022 \text{ mm}$  の大きさの 2 つの非晶質バンドエレメントからできている。このバンドエレメントは図 1 に示されるように固定ブロックに対して接着される。固定ブロックでは 1 つのコイルが各バンドエレメントの周囲に巻かれる。この 1 つ以上のコイルは図 2 に示されるように半ブリッジで接続される。両バンドエレメントにおける類似の変化が信号を提供しないようにこれらコイルを接続することにより、温度に対する不感受性の高さ及び別の対称崩壊が実現される。2 つの非晶質バンドエレメント及び中間プラスチックバンドから構成される「ビーム」を屈曲させると、片方のバンドエレメントの伸長が別のバンドエレメントの圧縮を同時に生じさせる。コイルからの出力信号がその後正反対となり、すなわち伸長におけるインダクタンス（導磁性）の増加及び圧縮における減少を生じる。

#### 【 0 0 3 6 】

曲げビームの先端部に位置する反応塊（図 1 4）は加速度、ビームの長さ及び質量に比例する曲げモーメントを提供する。このことは当然、ほぼどんな最大加速度に対しても加速計が適応できるようにする。この周波数特性はビーム剛性及び反応塊の質量により実質決定される。

#### 【 0 0 3 7 】

理論

このトランスデューサあるいはインジケータが実静的測定を有するため、測定原理は流量変化により誘発される引張に基づくことがない。本発明では、バンドの相対導磁性は加速計の期待バンド幅よりもおよそ 10 倍高い周波数を有する搬送波を使用して測定される必要がある。

#### 【 0 0 3 8 】

直線性の場合には以下の連立方程式がその関数を示す。

#### 【 0 0 3 9 】

【数 8】

$$\Delta B = d \cdot \Delta \sigma + \mu_0 \cdot \mu \cdot \Delta H$$

#### 【 0 0 4 0 】

ここで H は磁界であり、B は電磁流量密度であり、自由空間に対する導磁率  $\mu_0 = 4 \cdot 10^{-7} \text{ Vs / Am}$  であり、この場合における非晶質バンドへの相対導磁率  $\mu$  である。

#### 【 0 0 4 1 】

更に、 $\sigma$  は機械的引張を示し、d は磁気 - 弾性関係係数を示す。この冒頭の  $\sigma$  は初期値からの変化量を示す。材料パラメータ d は、一定の機械的応力、 $\sigma = 0$ 、での最大磁気ひずみを、磁気飽和状態における磁界で割ることにより近似させる。

すなわち、

#### 【 0 0 4 2 】

【数 9】

$$\frac{\lambda_{\max}}{H_{\max}} = d$$

【0043】

従って、

【0044】

【数10】

$$\Delta\lambda = \frac{\Delta\sigma}{E^H} + d \cdot \Delta H$$

【0045】

ここで、 $\lambda_{\max} = 35 \cdot 10^{-6}$  であり、且つ  $H_{\max} = 200 \text{ A/m}$  から、関係因子  $d = 1.75 \cdot 10^{-7} \text{ m/A}$  となり、全ての型の磁気 - 弾性関係に対して高い値となる。ここで関心となる測定の大きさは伸縮関数としての導磁率である。明確な磁化状態、すなわち一定の公知な磁界が達成されたと仮定すると、上記の方程式の補正を含む電磁流量密度の変化は以下のように表される。

【0046】

【数11】

$$\Delta B = d \cdot E^H \cdot \Delta\lambda$$

【0047】

従って、電磁流量密度の変化は、 $E^H = 100 \text{ GPa}$  であり、およそ  $1.75 \cdot 10^{-4} \text{ T}$  である比例定数  $d \cdot E^H$  と、バンドの伸縮に比例する。

【0048】

コイルが半ブリッジで接続され、片方のバンドが  $10 \text{ ppm}$  の伸長を有し且つ他方のバンドが  $10 \text{ ppm}$  の圧縮を有すると仮定する。 $H$  フィールドは一定とされ、且つ  $B$  フィールドの変化は導磁率の変化及び当然コイルのインダクタンスに比例するため、平衡状態のブリッジからの出力信号は以下の式で表される。

【0049】

【数12】

$$\Delta U = 1.75 \cdot 10^4 \cdot 2 \cdot 10 \cdot 10^{-6} = 0.35 \text{ V}$$

【0050】

これは、出力信号が非常に強力であるため増幅する必要がない。

【0051】

測定結果

各コイルは  $800$  ターンを有し、 $8, 2 \text{ mH}$  のインダクタンスを提供する。この半ブリッジは  $4, 4 \text{ V}$  及び  $19, 3 \text{ kHz}$  の振幅の正弦波電波を提供する。このコイルは直列に接続されているため、ブリッジインピーダンスは  $10 \text{ k}$  の大きさに維持され、これはオペアンプにより増幅されて良好に適用できることを意味する。

【0052】

トランスデューサの較正のために、引力として  $9.81 \text{ G}$  の重力が使用される。これは



35 mV / G の感度を提供する。このトランスデューサはおよそ 1 V で飽和状態となり、これは直線面積がおよそ  $\pm 0.5$  C でありこれは  $\pm 14$  G に等しいことを示す。共振周波数は以下の式で表される。

【0053】

【数13】

$$f_{\text{res}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$$

10

【0054】

これはインパルス応答を調べると図3に示すようにおよそ 80 Hz まで測定された。

【0055】

加速計試験装置における測定

直線性を調べるために、ある程度の周波数特性まで、加速計試験装置にて測定された。

【0056】

図4、5、6及び7に共通する特徴として、ある相対的に大きな出力信号変動曲線が基準加速計からの出力信号を示し、別の同様に大きな出力信号変動曲線が原型加速計からの信号を示し、一方ほぼ実線の連続曲線はまさに正確である解析的模擬加速度を示す。軸の目盛として y 軸においては加速度 G であり、x 軸においては時間、秒である。およそ 1, 5 周期が全体を通して存在した。

20

【0057】

加速計の出力信号を模擬加速度と比較し、相関させることにより、周波数応答が図8で示されるように導かれる。

【0058】

開発された加速計が期待直線性限界の 14 G まで良好な直線性を示す。周波数が 80 Hz の共振周波数に接近し始めるまで周波数依存を示すような形状を推測するものは全くない。図8中の 11 Hz における下り勾配は飽和が達成されたことを説明する。

【0059】

アコースティックエミッション用センサの開発された最初の試作品への適用  
機能的原理

30

トランスデューサあるいはインジケータは非晶質強磁性体から構成され、これは極めて高い導磁性、 $5,000 < \mu < 200,000$  を有すると同時に、ある合金組成に対して比較的高い磁気ひずみ、 $5 < s_{\text{sat}} < 40 \text{ ppm}$  を有する特性を所有する。全体としてみると、これは非常に高い磁気-弾性関係を備えた材料を提供し、且つそれゆえにセンサ材料として非常に適している。トランスデューサあるいはインジケータは  $3.18 \times 0.022 \text{ mm}$  の大きさの1つの非晶質バンドからできている。このバンドは間に介在する絶縁性プラスチックバンドと共に2ターンして巻かれる。このバンドは次に短絡化二次巻線として機能するため、このバンドの異なる層がたがいに電気接点を有さないことが必須的に重要である。結果としてできた活性シリンダは薄い接着部を有して測定対象物上に接着され更に反対側では半球形のプラスチックボピンの底部まで接着される。プラスチックボピンの底部上に、反応塊が固定され一方 1,000 ターンのコイルがその側面上を巻かれる。このトランスデューサの原理は唯1つのコイルだけが存在するため動的周期を検知するのに最適である。半ブリッジに接合させた2つのコイルを使用することにより(コイルが異なって操作され、すなわち正の加速度に対して1つのコイルが正の出力信号を提供する一方で別のコイルが相当する負の出力信号を提供すると仮定する)、コイルに対して対称的に生じる外部の、大域現象(熱、磁界など)により生じる変動、全ての電流(空中電磁波など)の影響は減少/除去される利点がある。

40

【0060】

50

このプラスチックボビンの底部に固定される反応塊（図 1 4）はその加速度及び質量に比例する活性シリンダの反力を提供する。これは当然加速計をいかなる最大加速度及びどんな共振周波数に対しても適用可能であることを示す。この周波数特性はシリンダの剛性及び同様に反応塊の質量により実質決定される。

【 0 0 6 1 】

理論

高い周波数の信号を検知するために、流量変化を検知して、これがバンドに対する変形量に比例することを推定するだけの簡単な利点を有する。このことは、非磁性バンドが伸長変化において流量変化を生じないため、磁氣的に明確な初期状態が達成されることを意味する。磁化基礎状態を達成するために、原則的にアース磁界は  $30 - 60 \mu T$  ( $20 - 40 A / m$ ) で充分であるが、他方では、インジケータが搭載され測定される際にはアース磁界の大きさ及び方向を監視することは非実用的である。

10

【 0 0 6 2 】

満足な初期状態を達成するための 2 つの方法がある。

- 1 . わずかな磁気封入及び巻き上げコイルへの直流。
- 2 . わずかな磁気封入及び永久磁石を備えたバイアス磁化がある。

【 0 0 6 3 】

磁界の大きさは磁化が  $0, 2 - 0, 7 T$  となるようにして、これはバンドにおける磁界が  $2 - 56 A / m$  の大きさの程度となることを意味する。磁界の大きさは通常次式から計算される。

20

【 0 0 6 4 】

【 数 1 4 】

B

$$H = \frac{B}{\mu_0 \cdot \mu}$$

【 0 0 6 5 】

ここで、H は磁界であり、B は電磁流密度であり、自由空間に対する導磁率  $\mu_0 = 4 \cdot 10^{-7} V s / A m$  であり、この場合における非晶質バンドへの相対導磁率  $\mu$  である。測定信号は伸長 / 圧縮に由来するバンドにおける電磁流量変化量を検知することにより得られる。

30

【 0 0 6 6 】

直線的な場合に関して、以下の連立方程式がその関数を示す。

【 0 0 6 7 】

【 数 1 5 】

$$\Delta B = d \cdot \Delta \sigma + \mu_0 \mu \cdot \Delta H$$

40

【 0 0 6 8 】

ここで、 $\sigma$  は機械的応力を示し、d は磁気 - 弾性関係係数を示す。この冒頭の  $\sigma_0$  は初期値からの変化量を示す。材料パラメータ d は、一定の機械的応力、 $\sigma_0 = 0$ 、での最大磁気ひずみを、磁気飽和状態における磁界で割ることにより近似させる。すなわち、

【 0 0 6 9 】

【数 1 6】

$$\frac{\lambda_{\max}}{H_{\max}} = d$$

【0 0 7 0】

従って、

【0 0 7 1】

【数 1 7】

$$\Delta\lambda = \frac{\Delta\sigma}{E^H} + d \cdot \Delta H$$

【0 0 7 2】

ここで、 $\lambda_{\max} = 35 \cdot 10^{-6}$  であり、且つ  $H_{\max} = 200 \text{ A/m}$  から、関係因子  $d = 1.75 \cdot 10^{-7} \text{ m/A}$  となり、全ての型の磁気弾性関係に対して高い値となる。

【0 0 7 3】

期待される出力信号は電磁流量変化量及び機械的応力に比例する。

【0 0 7 4】

【数 1 8】

$$U(t) = N \cdot A \cdot \frac{dB}{dt}$$

【0 0 7 5】

ここで、 $N$  は巻上コイルにおけるターンの回数であり、更に  $A$  は非晶質バンドの断面積である。 $H = 0$  と仮定すると、以下の方程式が当てはまる。

【0 0 7 6】

【数 1 9】

$$\begin{cases} \Delta\sigma = \Delta\lambda \cdot E^H \\ \Delta B = d \cdot \Delta\sigma \end{cases}$$

【0 0 7 7】

ここで  $E^H$  は一定の磁界における弾性率である。周波数面への変換及び上記方程式の利用率は、次式で与えられる。

【0 0 7 8】

【数 2 0】

$$\hat{U} = N \cdot A \cdot \omega \cdot d \cdot \Delta\lambda \cdot E^H$$

【0 0 7 9】

ここで  $f_{\text{rows/sec}}$  の角周波数である。この曲折アクセントは、振幅値が与えられることを示す。

【 0 0 8 0 】

測定結果

650ターンを有するコイルは、3.2mHのインダクタンスを提供する。この共鳴周波数は以下の式で計算される。

【 0 0 8 1 】

【数 2 1】

$$f_{\text{res}} = \frac{1}{\sqrt{\frac{k}{m}}} \cdot \frac{1}{2\pi}$$

10

【 0 0 8 2 】

ここで、弾性率が100GPaであり、活性シリンダの高さが3mmであり、断面積が $2.3 \times 10^{-6} \text{ m}^2$ であり、反応塊が4グラムであると仮定すると、共鳴周波数はおよそ10kHzである。図2は大きな鉄ブランク上に搭載し、更にハンマーの打撃により励起させた際に、トランスデューサからの50倍増幅させた出力信号を示す。

【 0 0 8 3 】

20

図15において時系列での周波数解析が示され約5kHzまで上昇する信号が広帯域で生じその後8kHzと60kHzの別個のピークを有する。8kHzの信号はトランスデューサ共振であり、一方60kHz信号は従来からアコースティックエミッションと呼ばれる、例えば材料変形エネルギーの過渡的開放であることが明らかである。5kHz以下の広帯域信号分は試験体における振動から構成される。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 8 4 】

【図1】1ミリメートル紙上で撮影されたアコースティックエミッション用センサを示す。

【図2】アコースティックエミッションを検知するセンサの概略図である。

30

【図3】インダクタンス変化の測定における正と負の伸縮における負荷の関数としての出力信号を示す。

【図4】各トランスデューサ、P1\_1(a.上)、P1\_2(b.中央)、P1\_3(c.下)からの報時信号を示す。

【図5】P1\_1、P1\_2、P1\_3(それぞれa.上、b.中央、c.下)に関するガラスの破損における出力信号に対する周波数スペクトルを示す。

【図6】非晶質材料でできた加速計の具現化した概略図を示す。

【図7】加速計の結線及びそこから信号処理の原理を示す。

【図8】加速計のインパルス応答を示し、Y軸の信号は(mV)で示す出力信号であり、X軸は時間軸を示す。

40

【図9】1.7Hzにおける加速計の測定結果を示す。

【図10】3.0Hzで実施された測定結果を示す。

【図11】4.4Hzで実施された測定結果を示す。

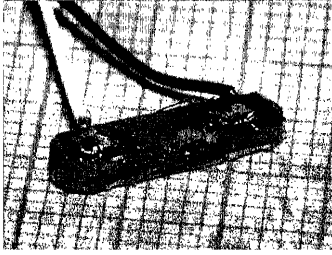
【図12】10.94Hzで実施された測定結果を示す。

【図13】基準加速度計及び製造された加速度計の相対度数レスポンスを示す。

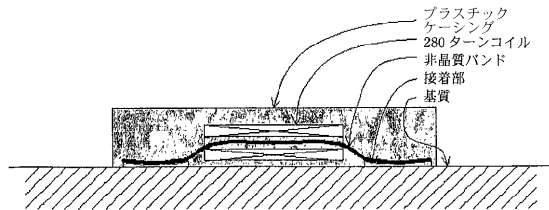
【図14】非晶質材料でできたAEセンサ(AEとはアコースティックエミッションのことである)あるいは加速計の具現化した概略図を示す。

【図15】過渡状態出口におけるAEセンサの出力信号を示す。

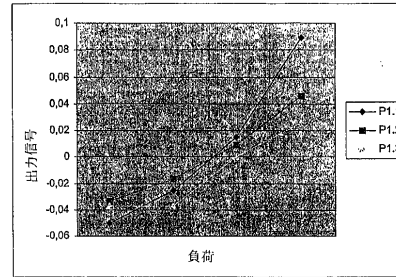
【図 1】



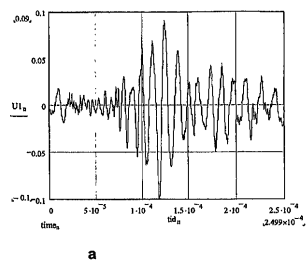
【図 2】



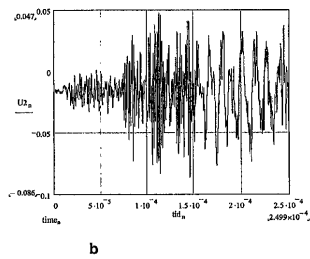
【図 3】



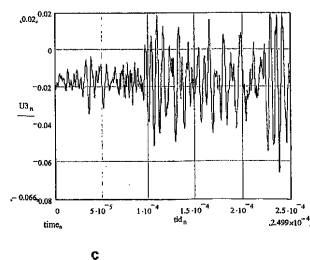
【図 4】



a

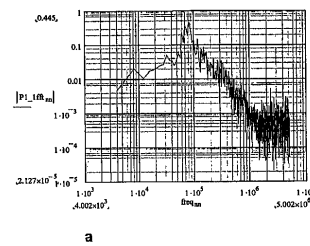


b

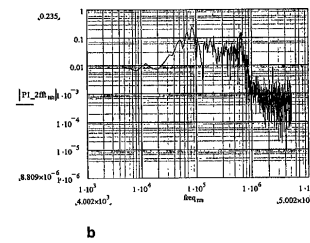


c

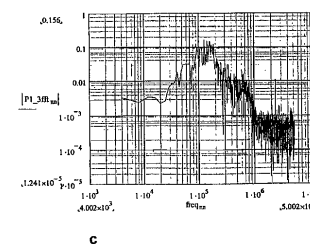
【図 5】



a

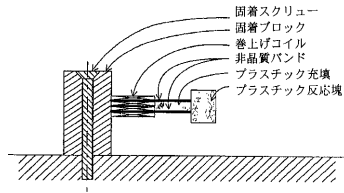


b

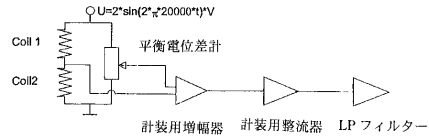


c

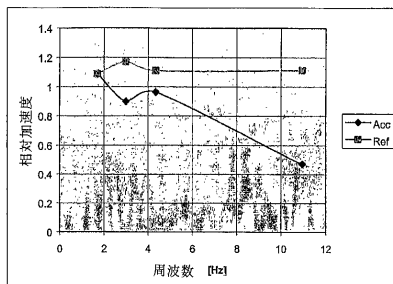
【図 6】



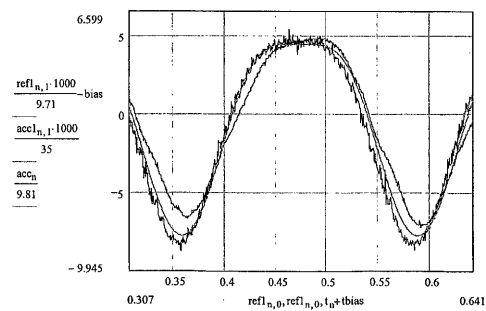
【図 7】



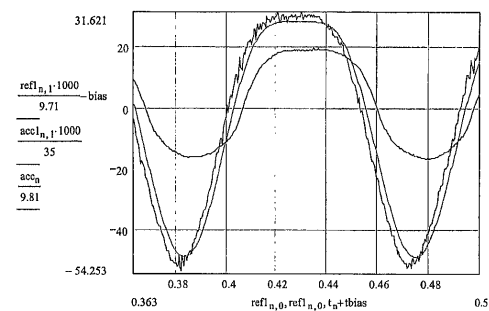
【図 8】



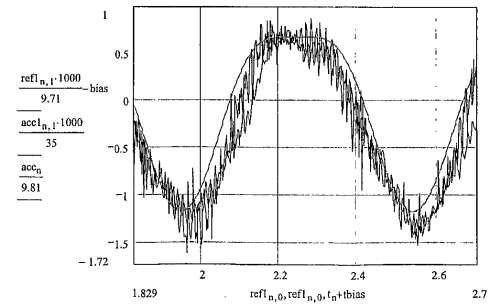
【図 11】



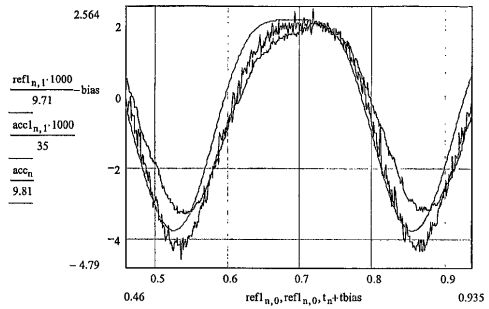
【図 12】



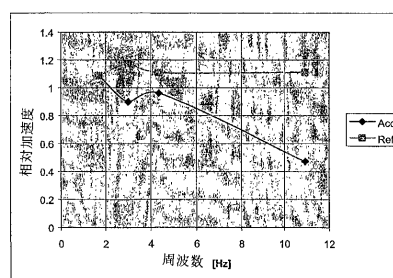
【図 9】



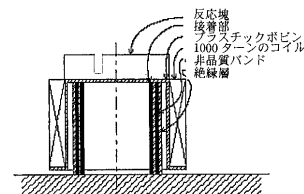
【図 10】



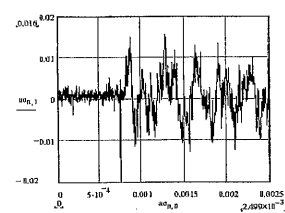
【図 13】



【図 14】



【図 15】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開平 0 1 - 0 3 9 5 2 7 ( J P , A )  
特開昭 6 2 - 2 3 2 5 7 3 ( J P , A )  
特開平 0 3 - 2 4 3 8 3 3 ( J P , A )  
特開昭 5 7 - 1 6 3 8 2 7 ( J P , A )  
特開昭 6 3 - 1 4 9 5 2 4 ( J P , A )  
特開平 0 4 - 2 2 1 7 6 8 ( J P , A )  
特開昭 5 8 - 1 4 3 2 2 3 ( J P , A )  
特開平 0 9 - 1 5 2 3 7 2 ( J P , A )  
特開平 0 4 - 0 4 2 0 0 4 ( J P , A )  
特開平 0 3 - 2 3 1 1 2 7 ( J P , A )  
特開平 0 1 - 1 8 9 9 7 1 ( J P , A )

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G01H 11/04