

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3843343号  
(P3843343)

(45) 発行日 平成18年11月8日(2006.11.8)

(24) 登録日 平成18年8月25日(2006.8.25)

(51) Int. Cl. F I  
**GO 1 N 27/90 (2006.01)** GO 1 N 27/90  
**GO 1 R 33/09 (2006.01)** GO 1 R 33/06 R

請求項の数 8 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2003-277355 (P2003-277355)	(73) 特許権者	504160781 国立大学法人金沢大学 石川県金沢市角間町ヌ7番地
(22) 出願日	平成15年7月22日(2003.7.22)	(73) 特許権者	000003067 TDK株式会社 東京都中央区日本橋1丁目13番1号
(65) 公開番号	特開2005-43206 (P2005-43206A)	(74) 代理人	100074930 弁理士 山本 恵一
(43) 公開日	平成17年2月17日(2005.2.17)	(72) 発明者	山田 外史 石川県金沢市つつじヶ丘210-5
審査請求日	平成16年10月13日(2004.10.13)	(72) 発明者	庄司 茂 東京都中央区日本橋一丁目13番1号TDK株式会社内
特許法第30条第1項適用 特許法第30条第1項適用 、社団法人日本応用磁気学会、日本応用磁気学会誌、第 27巻、4号、平成15年4月1日に発表		審査官	西村 仁志
		最終頁に続く	

(54) 【発明の名称】 非破壊検査用渦電流センサ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

検査時に互いに逆方向の励磁電流が流れる互いに平行な1対の電流線路を少なくとも有しており、非破壊検査すべき被検査体に印加される交流磁界を前記励磁電流によって発生する、平坦形状を有するミアング形の励磁コイルと、

前記1対の電流線路間の中心軸線上であって、前記励磁コイルの前記被検査体とは反対側の位置に設けられており、前記励磁コイルの平坦面と平行に積層されていて磁化固定層及び磁化自由層を含む多層膜を備えており、前記交流磁界により発生した渦電流によって前記被検査体から新たに生じる磁界を検出するための少なくとも1つのスピバルブ磁気抵抗効果素子とを備えており、

前記磁化固定層の磁化方向が、前記1対の電流線路と平行に設定されており、外部磁界が存在しない際の前記磁化自由層の磁化方向が、積層面内方向であって前記1対の電流線路と垂直に設定されていることを特徴とする非破壊検査用渦電流センサ。

【請求項2】

前記少なくとも1つのスピバルブ磁気抵抗効果素子が、前記1対の電流線路間の中心軸線上に配置された単一のスピバルブ磁気抵抗効果素子であることを特徴とする請求項1に記載のセンサ。

【請求項3】

前記少なくとも1つのスピバルブ磁気抵抗効果素子が、前記1対の電流線路間の中心軸線上に配列された複数のスピバルブ磁気抵抗効果素子であることを特徴とする請求項

1に記載のセンサ。

【請求項4】

前記非破壊検査用渦電流センサが、少なくとも1つの薄膜チップを備えており、前記少なくとも1つのスピバルブ磁気抵抗効果素子が1つのスピバルブ磁気抵抗効果素子であって、該少なくとも1つの薄膜チップが、チップ基板と、該チップ基板上に形成された該1つのスピバルブ磁気抵抗効果素子と、該1つのスピバルブ磁気抵抗効果素子の両端部に接続された1対の電極端子とを備えており、前記励磁コイル上に固着されていることを特徴とする請求項1に記載のセンサ。

【請求項5】

前記非破壊検査用渦電流センサが、少なくとも1つの薄膜チップを備えており、前記少なくとも1つのスピバルブ磁気抵抗効果素子が複数のスピバルブ磁気抵抗効果素子であって、該少なくとも1つの薄膜チップが、チップ基板と、該チップ基板上に形成された該複数のスピバルブ磁気抵抗効果素子と、該複数のスピバルブ磁気抵抗効果素子の両端部にそれぞれ接続された複数対の電極端子とを備えており、前記励磁コイル上に固着されていることを特徴とする請求項1に記載のセンサ。

10

【請求項6】

前記少なくとも1つの薄膜チップが、前記1対の電流線路間の中心軸線上に配置され前記励磁コイル上に固着されている単一の薄膜チップであることを特徴とする請求項4又は5に記載のセンサ。

【請求項7】

前記少なくとも1つの薄膜チップが、前記1対の電流線路間の中心軸線上に配列され前記励磁コイル上に固着されている複数の薄膜チップであることを特徴とする請求項4又は5に記載のセンサ。

20

【請求項8】

前記励磁コイルが、基板上に形成されたコイル導体層と該コイル導体層を覆う絶縁層とを備えてなることを特徴とする請求項1から7のいずれか1項に記載のセンサ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、非破壊で物体の形状や欠陥などを検知する非破壊検査用渦電流センサに関する。

30

【背景技術】

【0002】

渦電流探傷検査(Eddy-Current Testing)技術は、原子力発電設備や航空機などの重要金属機械部品の非破壊検査に多く用いられている。このような渦電流を利用した非破壊検査用のECTプローブは、一般に、励磁コイルとこの励磁コイルから与えられる交番磁界によって誘起される渦電流に基づく磁界を検知するための検出コイルとから主として構成される(例えば特許文献1~4)。

【0003】

また、本願の一部発明者は、プリント基板検査用のECTプローブとして、ミアンダ形励磁コイルと渦電流検知用の8の字形検出コイルとからなるECTプローブを提案している(例えば非特許文献1及び2)。

40

【0004】

【特許文献1】特開平7-83884号公報

【特許文献2】特開平9-189682号公報

【特許文献3】特開平11-248685号公報

【特許文献4】特開2002-90490号公報

【非特許文献1】宮越貴久、ダリウス・カスプラザック、山田外史、岩原正吉、「ECT技術によるプリント配線の欠陥検出の可能性」、日本応用磁気学会誌、Vol.23, No.4-2、第1613頁~第1616頁、1999年

50

【非特許文献2】山田外史、岩原正吉、「プレーナ形マイクロウズ電流プローブによる探傷技術の動向」、日本応用磁気学会誌、Vol. 23, No. 7、第1817頁～第1825頁、1999年

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

上述したごとき従来のECTプローブは、渦電流に基づいて発生する磁界を検出するための手段としてコイルを使用しているため、その寸法の小型化及び感度の向上には限界があった。即ち、検出コイルは、ある程度の長さ、幅及び厚さを有しており、従って、従来のECTプローブはミリ単位以上の比較的大きな欠陥や変化に対してのみ、実用的に検知可能であった。

10

【0006】

しかしながら、最近では、物体の表面における微細欠陥の有無の検査やプリント基板の微細化パターンの検査など、非常に精細な検査にECTプローブを使用する要望が大きくなってきている。

【0007】

このような要求に従来の構造のECTプローブで対応しようとする、以下のような問題が生じる。即ち、

(1) 分解能を上げるために、検出コイルの巻き数、コイル径、長さなどを小さくしようとしても物理的限界がある、

20

(2) コイルの感度はコイルの断面積及び巻き数に比例するため、分解能を上げるためにコイルの巻き数やコイル径、長さを小さくすると感度が低下してしまう、

(3) 感度が低下すると、信号対ノイズ(S/N)比が低下するため、信号自体の信頼性が低下してしまう。

【0008】

特に、励磁コイルより被検査体側に突出部が形成されないように、検出コイルを励磁コイルの被検査体とは反対側に設けようとした場合、検出コイルの感度をさらに高めないと信頼性の高い検査を期待することができない。

【0009】

従って本発明の目的は、非常に高い感度及び非常に高い分解能の両方を具備した非破壊検査用渦電流センサを提供することにある。

30

【0010】

本発明の他の目的は、高速で応答可能な非破壊検査用渦電流センサを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明によれば、検査時に互いに逆方向の励磁電流が流れる互いに平行な1対の電流線路を少なくとも有しており非破壊検査すべき被検査体に印加される交流磁界を励磁電流によって発生する平坦形状を有するミアンダ形の励磁コイルと、1対の電流線路間の中心軸線上であって、励磁コイルの被検査体とは反対側の位置に設けられており、励磁コイルの平坦面と平行に積層されていて磁化固定層及び磁化自由層を含む多層膜を備えており、交流磁界により発生した渦電流によって被検査体から新たに生じる磁界を検出するための少なくとも1つのスピナルブ磁気抵抗効果(MR)素子を備えており、磁化固定層の磁化方向が、1対の電流線路と平行に設定されており、外部磁界が存在しない際の磁化自由層の磁化方向が、積層面内方向であって1対の電流線路と垂直に設定された非破壊検査用渦電流センサが提供される。

40

【0012】

渦電流変化によって生じる磁界を検出する手段としてMR素子を用いているため、被検査体側に突出部が存在しないように励磁コイルの被検査体とは反対側の位置にこのMR素子を設置した場合にも、非常に高い感度で渦電流方向の微小変化のみを検出することがで

50

きる。しかも、検出手段を大幅に小型化できるため、検知分解能も非常に高めることが可能となる。さらにまた、素子の磁気モーメントが小さくかつ磁気応答性が良好であるため、励磁周波数を高めることができるので、高速のスキャンングが可能となり、分解能を上げたときの検査速度の低下を防止することができる。従って、高感度、高速かつ高分解能であり、S/N比が高く高信頼性を有する非破壊検査を行なうことができる。

【0017】

この非破壊検査用渦電流センサが、少なくとも1つの薄膜チップを備えており、少なくとも1つのスピバルブMR効果素子が1つのスピバルブMR効果素子であって、この少なくとも1つの薄膜チップが、チップ基板と、このチップ基板上に形成されたこの1つのスピバルブMR効果素子と、この1つのスピバルブMR効果素子の両端部に接続された1対の電極端子とを備えており、励磁コイル上に固着されていることが好ましい。

10

【0018】

少なくとも1つのスピバルブMR素子が、1対の電流線路間の中心軸線上に配置又は配列された単一の又は複数のスピバルブMR素子であることも好ましい。

【0019】

この非破壊検査用渦電流センサが、少なくとも1つの薄膜チップを備えており、少なくとも1つのスピバルブMR効果素子が複数のスピバルブMR効果素子であって、この少なくとも1つの薄膜チップが、チップ基板と、このチップ基板上に形成されたこの複数のスピバルブMR効果素子と、この複数のスピバルブMR効果素子の両端部にそれぞれ接続された複数対の電極端子とを備えており、励磁コイル上に固着されていることも好ましい。

20

【0020】

この場合、少なくとも1つの薄膜チップが、1対の電流線路間の中心軸線上に配置又は配列され励磁コイル上に固着されている単一の又は複数の薄膜チップであることが好ましい。

【0022】

励磁コイルが、基板上に形成されたコイル導体層とこのコイル導体層を覆う絶縁層とを備えてなることも好ましい。

【発明の効果】

【0023】

本発明によれば、被検査体側に突出部が存在しないように励磁コイルの被検査体とは反対側の位置にMR素子を設置した場合にも、非常に高い感度で渦電流方向の微小変化のみを検出することができる。しかも、検出手段を大幅に小型化できるため、検知分解能も非常に高めることが可能となる。さらにまた、素子の磁気モーメントが小さくかつ磁気応答性が良好であるため、励磁周波数を高めることができるので、高速のスキャンングが可能となり、分解能を上げたときの検査速度の低下を防止することができる。従って、高感度、高速かつ高分解能であり、S/N比が高く高信頼性を有する非破壊検査を行なうことができる。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0024】

図1は本発明の好ましい実施形態における非破壊検査用渦電流センサの構成を概略的に示す斜視図であり、図2は図1のA-A線断面図である。

40

【0025】

これらの図において、10は絶縁材料によって形成された基板、11は基板10上に折り返しを有する平面パターンとして形成されたコイル導体からなるミアンダ形の励磁コイル、12及び13は基板10上に形成されており、励磁コイル11の両端に電氣的に接続されている1対の電極端子、14～18は励磁コイル11上に固着されており、各々が例えばSVMR素子などのGMR素子を搭載している薄膜チップをそれぞれ示している。

【0026】

励磁コイル11は、図2から明らかのように、絶縁性の基板10上に形成されたコイル

50

導体層 20 と、このコイル導体層 20 を覆う絶縁層 21 とを含んでいる。励磁コイル 11 の励磁部は、基板 10 の Z 方向に互いに平行に伸長し両端部で折り返している複数の電流線路を有している。隣り合う電流線路には、検査時に、互いに逆方向の交番励磁電流が流れる。

【0027】

薄膜チップ 14 ~ 18 は、励磁コイル 11 の X 方向で中央部に位置する 1 対の電流線路 11a 及び 11b の中心軸線上に 1 列状態で配列されている。基板 10 の図 1 において見える側の面と反対側の面が被検査体に対向する面であり、従って、薄膜チップ 14 ~ 18 は、励磁コイル 11 の被検査体とは反対側の面上に固着されている。

【0028】

図 3 は本実施形態における各薄膜チップの構成を概略的に示す斜視図である。なお、図 3 においては、理解を容易にするため、GMR 素子が誇張して大きく描かれている。

【0029】

薄膜チップ 14 ~ 18 の各々は、チップ基板 30 上に、例えば SVMR 素子などの GMR 素子 31 と、その GMR 素子 31 に電氣的に接続された 1 対のリード導体 32 及び 33 と、リード導体 32 及び 33 にそれぞれ電氣的に接続された 1 対の電極端子 34 及び 35 とを薄膜技術によって形成したものである。

【0030】

図 4 は GMR 素子 31 を例えば構成する SVMR 素子の主要部における 2 つの膜構成例を概略的に示す斜視図である。

【0031】

同図 (A) に示す膜構成例において、SVMR 素子の主要部は、基板側から強磁性材料によるフリー層 40、非磁性導電材料によるスペーサ層 41、強磁性材料によるピンド層 42 及び反強磁性材料によるピンニング層 43 を順次積層してなる SVMR 多層膜から構成されている。この SVMR 多層膜において、ピンド層 42 及びピンニング層 43 の磁化方向は、層の面内方向の - Z 方向であり、外部磁界が存在しないときのフリー層 40 の磁化方向は層の面内方向の + X 方向である。

【0032】

同図 (B) に示す膜構成例において、SVMR 素子の主要部は、基板側から反強磁性材料によるピンニング層 43'、強磁性材料によるピンド層 42'、非磁性導電材料によるスペーサ層 41' 及び強磁性材料によるフリー層 40' を順次積層してなる SVMR 多層膜から構成されている。この SVMR 多層膜において、ピンド層 42' 及びピンニング層 43' の磁化方向は、層の面内方向の - Z 方向であり、外部磁界が存在しないときのフリー層 40' の磁化方向は層の面内方向の + X 方向である。

【0033】

このような多層膜構成を有する SVMR 素子は、層に垂直な Y 方向の磁界成分に対しては感度が低く、層に水平な X 方向及び Z 方向の磁界成分に対して高い感度を有している。特に、Z 方向の磁界成分に対しては非常に高い検出感度を有している。

【0034】

図 3 から分かるように、GMR 素子 31 は、その各層が 1 対の電流線路 11a 及び 11b の面内 (励磁コイルの平坦面) 方向 (X 及び Z 方向) と平行となるように設定されている。特に、本実施形態では、ピンド層 42 又は 42' の磁化方向が 1 対の電流線路 11a 及び 11b の伸長方向 (Z 方向) と平行となり、外部磁界が存在しないときのフリー層 40 又は 40' の磁化方向がこれら 1 対の電流線路 11a 及び 11b の伸長方向と垂直でありかつその線路の面内 (励磁コイルの平坦面) 方向となるように (X 方向に) 設定されている。

【0035】

図 5 は本実施形態における非破壊検査用渦電流センサを用いて行なうプリント基板の配線チェックの原理を説明するための平面図であり、図 6 はプリント基板の配線路の部分のみを拡大して示した平面図である。

10

20

30

40

50

## 【0036】

配線チェックを行なう場合、非破壊検査用渦電流センサを、その励磁コイル11に高周波電流を流しながら、被検査体であるプリント基板と面平行に2次元スキヤニングする。その状態で、GMR素子にセンス電流を流して出力を検出する。

## 【0037】

今、図5に示すように、プリント基板上の配線路50と非破壊検査用渦電流センサの電流線路とが互いに平行でありかつ電流線路11a及び11bの間に配線路50が位置している状態を考える。図5(A)及び図6(A)は配線路50に断線がない場合、図5(B)及び図6(B)は断線がある場合である。

## 【0038】

図5(A)に示すように、励磁コイル11を流れる高周波の励磁電流51により、配線50には、渦電流52がその線路方向に沿って誘起される。この状態は、図6(A)も表されている。図5(A)に示すように、この渦電流52によって新たに磁界(渦電流誘起磁界)53が誘起され、GMR素子はこの磁界53のX方向成分に応じた電圧を出力する。

10

## 【0039】

配線路50'に断線54が存在すると、渦電流52'は、図5(B)及び図6(B)に示すように、その断線54の手前で折り返し、その結果、この折り返す渦電流52'の分だけ渦電流が余分に流れることとなり、断線の部分の渦電流誘起磁界が変化する。GMR素子はこの変化した渦電流誘起磁界のX方向成分に応じた電圧を出力する。

20

## 【0040】

本実施形態によれば、渦電流変化によって生じる磁界を検出する手段として、GMR素子をそれぞれ備えた複数の薄膜チップ14~18を用いているため、被検査体側に突出部が存在しないように励磁コイル11の被検査体とは反対側の位置にこのこれら薄膜チップを設置した場合にも、非常に高い感度で渦電流方向の微小変化のみを検出することができる。しかも、検出手段を大幅に小型化できるため、検知分解能も非常に高めることが可能となる。さらにまた、GMR素子は、磁気モーメントが小さくかつ磁気応答性が良好であるため、励磁周波数を高めることができるので、高速のスキヤニングが可能となり、分解能を上げたときの検査速度の低下を防止することができる。従って、高感度、高速かつ高分解能であり、SN比が高く高信頼性を有する非破壊検査を行なうことができる。

30

## 【0041】

図7は本発明の他の実施形態における非破壊検査用渦電流センサの構成を概略的に示す斜視図である。

## 【0042】

同図において、70は絶縁材料によって形成された基板、71は基板70上に折り返しを有する平面パターンとして形成されたコイル導体からなるミアンダ形の励磁コイル、72及び73は基板70上に形成されており、励磁コイル71の両端に電氣的に接続されている1対の電極端子、74は励磁コイル71上に固着されており、例えばSVMR素子などのGMR素子を搭載している薄膜チップをそれぞれ示している。

## 【0043】

励磁コイル71は、図1の実施形態の場合と同様に、絶縁性の基板70上に形成されたコイル導体層と、このコイル導体層を覆う絶縁層とを含んでいる。励磁コイル71の励磁部は、基板70のZ方向に互いに平行に伸長し両端部で折り返している複数の電流線路を有している。隣り合う電流線路には、検査時に、互いに逆方向の交番励磁電流が流れる。

40

## 【0044】

薄膜チップ74は、励磁コイル71のX方向で中央部に位置する1対の電流線路71a及び71bの中心軸線上に配置されている。基板70の図7において見える側の面と反対側の面が被検査体に対向する面であり、従って、薄膜チップ74は、励磁コイル71の被検査体とは反対側の面上に固着されている。

## 【0045】

50

以上の説明から明らかなように、図7の実施形態は、薄膜チップが複数ではなく単一であることを除いて、図1の実施形態とほぼ同様の構成を有するものである。従って、本実施形態の作用効果などの説明は省略する。

【0046】

図8は図1又は図7の実施形態における薄膜チップの構成の変更態様を概略的に示す斜視図である。なお、図8においては、理解を容易にするため、GMR素子が誇張して大きく描かれている。

【0047】

この変更態様において、薄膜チップは、チップ基板80上に、例えばSVMR素子などの4つのGMR素子81~84と、これらGMR素子81~84にそれぞれ電氣的に接続された4対のリード導体85及び86、87及び88、89及び90並びに91及び92と、これらリード導体にそれぞれ電氣的に接続された4対の電極端子93及び94、95及び96、97及び98並びに99及び100とを薄膜技術によって形成したものである。

10

【0048】

GMR素子81~84の各々の一例であるSVMR素子の主要部における膜構成は、図4に示したものと同様である。即ち、SVMR素子の主要部は、基板側から強磁性材料によるフリー層40、非磁性導電材料によるスペーサ層41、強磁性材料によるピンド層42及び反強磁性材料によるピンニング層43を順次積層してなるSVMR多層膜から構成されているか、又は基板側から反強磁性材料によるピンニング層43'、強磁性材料によるピンド層42'、非磁性導電材料によるスペーサ層41'及び強磁性材料によるフリー層40'を順次積層してなるSVMR多層膜から構成されている。このSVMR多層膜において、ピンド層42又は42'及びピンニング層43又は43'の磁化方向は、層の面内方向の-Z方向であり、外部磁界が存在しないときのフリー層40又は40'の磁化方向は層の面内方向の+X方向である。

20

【0049】

このような多層膜構成を有するSVMR素子は、層に垂直なY方向の磁界成分に対しては感度が低く、層に水平なX方向及びZ方向の磁界成分に対して高い感度を有している。特に、Z方向の磁界成分に対しては非常に高い検出感度を有している。

【0050】

図8からも分かるように、GMR素子81~84の各々は、その各層が1対の電流線路11a及び11b(71a及び71b)の面内(励磁コイルの平坦面)方向(X及びZ方向)と平行となるように設定されている。特に、本実施形態では、ピンド層42又は42'の磁化方向が1対の電流線路11a及び11b(71a及び71b)の伸長方向(Z方向)と平行となり、外部磁界が存在しないときのフリー層40又は40'の磁化方向がこれら1対の電流線路11a及び11b(71a及び71b)の伸長方向と垂直でありかつその線路の面内(励磁コイルの平坦面)方向となるように(X方向に)設定されている。

30

【0051】

なお、上述の実施形態は、薄膜チップがSVMR素子などのGMR素子を備えている場合について述べたが、薄膜チップが、GMR素子に代えて、さらに高感度のTMR素子を備えていても良いことは明らかである。

40

【0052】

以上述べた実施形態は全て本発明を例示的に示すものであって限定的に示すものではなく、本発明は他の種々の変形態様及び変更態様で実施することができる。従って本発明の範囲は特許請求の範囲及びその均等範囲によってのみ規定されるものである。

【産業上の利用可能性】

【0053】

本発明による非破壊検査用渦電流センサは、原子力発電設備や航空機などの重要金属機械部品の非破壊検査のみならず、物体の表面及び内面における微細欠陥の有無の検査やプリント基板の微細化パターンの検査など、非常に精細な非破壊検査に極めて有用である。

50

## 【図面の簡単な説明】

## 【0054】

【図1】本発明の好ましい実施形態における非破壊検査用渦電流センサの構成を概略的に示す斜視図である。

【図2】図1のA-A線断面図である。

【図3】図1の実施形態における各薄膜チップの構成を概略的に示す斜視図である。

【図4】図3のGMR素子を例えば構成するSVMR素子の主要部における2つの膜構成例を概略的に示す斜視図である。

【図5】図1の実施形態における非破壊検査用渦電流センサを用いて行なうプリント基板の配線チェックの原理を説明するための平面図である。

10

【図6】図5におけるプリント基板の配線路の部分のみを拡大して示した平面図である。

【図7】本発明の他の実施形態における非破壊検査用渦電流センサの構成を概略的に示す斜視図である。

【図8】図1又は図7の実施形態における薄膜チップの構成の変更態様を概略的に示す斜視図である。

## 【符号の説明】

## 【0055】

10、70 基板

11、71 励磁コイル

12、13、34、35、72、73、93～100 電極端子

20

14～18、74 薄膜チップ

11a、11b、71a、71b 電流線路

20 コイル導体層

21 絶縁層

30、80 チップ基板

31、81～84 GMR素子

32、33、85～92 リード導体

40、40' フリー層

41、41' スペース層

42、42' ピンド層

30

43、43' ピンニング層

50 配線路

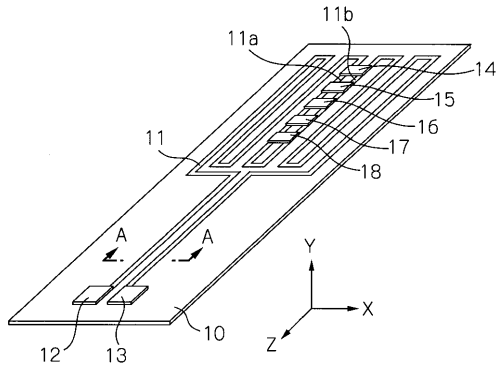
51 励磁電流

52、52' 渦電流

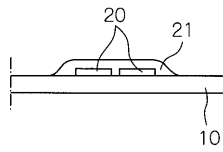
53 磁界

54 断線

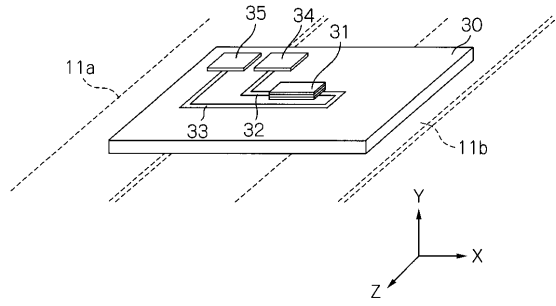
【 図 1 】



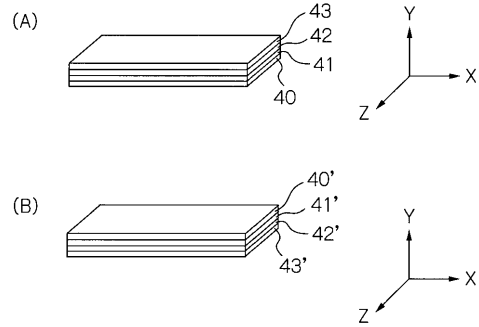
【 図 2 】



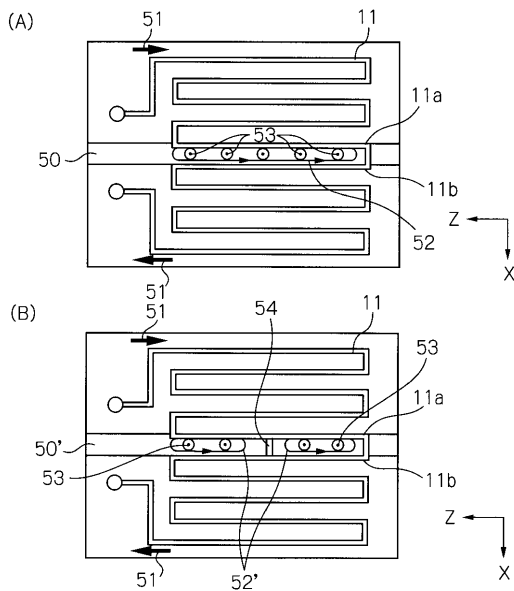
【 図 3 】



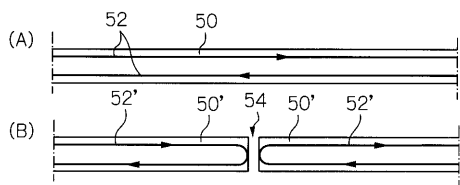
【 図 4 】



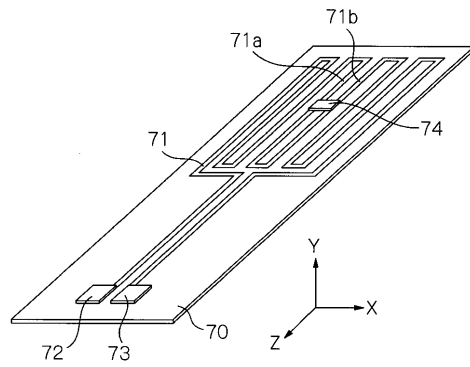
【 図 5 】



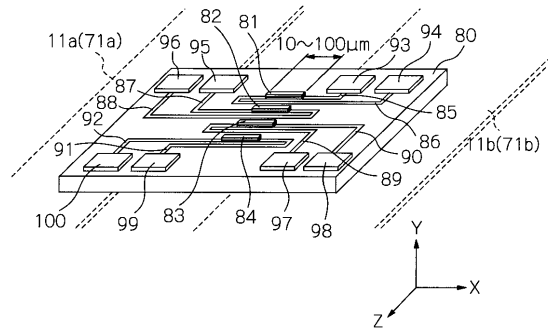
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2000-080535(JP,A)

中村和倫,他2名,“プリント基板検査におけるECTマルチセンサに関する研究”,電磁力関連のダイナミックシンポジウム講演論文集,2003年5月28日,Vol.15th,pp.339-342  
片岡康浩,他5名,“GMRラインセンサによるスリットによる渦電流変化の検出”,電気学会マグネティックス研究会資料,2002年10月23日,MAG-02.No.131-136,pp.11-16

(58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)

G01N27/72-27/90

G01R33/06

JSTPlus(JDream2)