

(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2018-9874

(P2018-9874A)

(43) 公開日 平成30年1月18日(2018.1.18)

(51) Int.Cl.  
G 0 1 N 27/82 (2006.01)F 1  
G 0 1 N 27/82テーマコード (参考)  
2 G 0 5 3

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2016-138771 (P2016-138771)	(71) 出願人	000000099
(22) 出願日	平成28年7月13日 (2016.7.13)		株式会社 I H I
			東京都江東区豊洲三丁目1番1号
		(74) 代理人	100088155
			弁理士 長谷川 芳樹
		(74) 代理人	100113435
			弁理士 黒木 義樹
		(74) 代理人	100176245
			弁理士 安田 亮輔
		(72) 発明者	大橋 タケル
			東京都江東区豊洲三丁目1番1号 株式会
			社 I H I 内
		(72) 発明者	畠中 宏明
			東京都江東区豊洲三丁目1番1号 株式会
			社 I H I 内

最終頁に続く

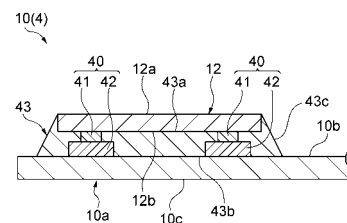
(54) 【発明の名称】 磁気探触子

(57) 【要約】

【課題】柔軟性を有する基材に対する磁気センサの接合強度を高めることができる磁気探触子を提供する。

【解決手段】磁気探触子4は、1または複数の磁気センサ12と、磁気センサ12が取り付けられる柔軟性を有する基材10aと、磁気センサ12のそれぞれと基材10aとの間に設けられる複数の導通部40と、磁気センサ12のそれぞれと基材10aとの間に設けられ、少なくとも導通部40の周囲の領域を封止するアンダーフィル部43と、を備える。

【選択図】図3



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

1 または複数の磁気センサと、  
前記磁気センサが取り付けられる柔軟性を有する基材と、  
前記磁気センサのそれぞれと前記基材との間に設けられる複数の導通部と、  
前記磁気センサのそれぞれと前記基材との間に設けられ、少なくとも前記導通部の周囲の領域を封止するアンダーフィル部と、を備える、磁気探触子。

## 【請求項 2】

前記アンダーフィル部は、前記基材に対面する前記磁気センサの表面の全面に密着している、請求項 1 に記載の磁気探触子。

10

## 【請求項 3】

対象物の探傷面上を磁気センサが走査することにより探傷面を含む表層のきずを探傷する漏洩磁束探傷装置に用いられる、請求項 1 または 2 に記載の磁気探触子。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、磁気探触子に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

20

従来、対象物の表層のきず（JIS Z 2300：2009）を検出するための磁気を利用した非破壊検査として、漏洩磁束探傷法（Magnetic Flux Leakage：MFL）や渦電流探傷法（Eddy Current Testing：ECT）等が知られている。漏洩磁束探傷法は、対象物の探傷面を磁化し、きずから漏洩する磁束の有無等を磁気センサにより測定する方法である。また、渦電流探傷法は、対象物の表層に渦電流を発生させ、その電流が発生する磁界を磁気センサにより測定する方法である。

## 【0003】

特許文献 1 には、磁気センサとして、SQUID（Superconducting QUantum Interference Device）センサを用いた非破壊検査装置が記載されている。SQUID センサは、底板に実装されている。SQUID センサは、底板に設けられた配線パターンに対して、超電導パンプにより接続されている。

30

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0004】

## 【特許文献 1】特開平 9 - 119918 号公報

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0005】

パンプ接合は、磁気センサに対して、導通部のみににおいて設けられる。たとえば、平板状に延在する磁気センサにおいて、磁気センサの四隅のみがパンプ接合され得る。磁気センサが非常に小さい場合、または、接合領域が非常に小さい場合には、接合強度が不足する場合がある。特に、フレキシブル基板等の柔軟性を有する基板が用いられる場合には、フレキシブル基板が湾曲した際に磁気センサが剥離してしまう虞がある。

40

## 【0006】

本発明は、柔軟性を有する基材に対する磁気センサの接合強度を高めることができる磁気探触子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】

本発明の一態様に係る磁気探触子は、1 または複数の磁気センサと、磁気センサが取り付けられる柔軟性を有する基材と、磁気センサのそれぞれと基材との間に設けられる複数

50

の導通部と、磁気センサのそれぞれと基材との間に設けられ、少なくとも導通部の周囲の領域を封止するアンダーフィル部と、を備える。

【0008】

この磁気探触子によれば、磁気センサは、導通部のみならず、導通部の周囲の領域を封止するアンダーフィル部によって基材に対して接合されている。基材は柔軟性を有するが、基材が変形した場合でも、アンダーフィル部による補強効果によって、磁気センサの剥離や破損等が防止される。このように、アンダーフィル部によって、柔軟性を有する基材に対する磁気センサの接合強度が高められている。

【0009】

いくつかの態様において、アンダーフィル部は、基材に対面する磁気センサの表面の全面に密着している。この場合、アンダーフィル部による補強効果が高められ、磁気センサがより確実に接合される。

10

【0010】

いくつかの態様において、磁気探触子は、対象物の探傷面上を磁気センサが走査することにより探傷面を含む表層のきずを探傷する漏洩磁束探傷装置に用いられる。漏洩磁束探傷装置において、柔軟性を有する基材を用いた場合、磁気探触子は、基材を変形させながら凹部や狭隘部等に挿入され得る。その場合でも、アンダーフィル部による補強効果によって、磁気センサの剥離や破損等が防止される。

【発明の効果】

20

【0011】

本発明のいくつかの態様によれば、アンダーフィル部によって、柔軟性を有する基材に対する磁気センサの接合強度が高められる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】図1(A)は本発明の一実施形態に係る漏洩磁束探傷装置の概略構成を示す図であり、図1(B)は図1(A)中の磁気探触子を示す平面図である。

【図2】図2(A)は漏洩磁束探傷法による検査の対象物の断面図であり、図2(B)は漏洩磁束探傷法による検査の原理を示す図である。

【図3】図1中の磁気探触子の磁気センサ部分の断面図である。

30

【図4】図3中の導通部を拡大して示す断面図である。

【図5】図1中の磁気探触子における磁気センサの配列状態を示す平面図である。

【図6】図1中の磁気探触子に対象物に押し当てられた状態を示す断面図である。

【図7】他の実施形態に係る磁気探触子の磁気センサ部分の断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下、本発明の実施形態について、図面を参照しながら説明する。なお、図面の説明において同一要素には同一符号を付し、重複する説明は省略する。

【0014】

図1(A)に示されるように、漏洩磁束探傷装置1は、磁気探触子4を用いて検査対象である対象物Oの探傷面Eを走査し、探傷面Eを含む表層のきずXを探傷するための装置である。対象物Oは、たとえば航空機のジェットエンジンのシャフト等であるが、これに限られない。対象物Oは、磁性体であれば何であってもよい。

40

【0015】

漏洩磁束探傷法の原理について説明する。漏洩磁束探傷法とは、図2(A)に示されるように、強磁性体からなる対象物Oの表面を含む表層に存在し得るきずXを、磁気センサTを用いて探索する検査法である。図2(B)に示されるように、漏洩磁束探傷法では、種々の方法により対象物Oを磁化することにより、対象物Oに所定方向の磁束Fを発生させる。磁束Fを遮るきずXがある場合には、そのきずXに起因して漏洩磁束Faが発生する。対象物Oの探傷面E上で磁気センサTを走査方向Dに走査させることにより、漏洩磁

50

束 F a が検出される。磁気センサ T からの信号を用いる漏洩磁束探傷法は、従来採用されてきた磁粉探傷法に比して、探傷の自動化と結果のデジタル化とが容易であるという利点を有する。

#### 【 0 0 1 6 】

図 1 ( A ) に示されるように、漏洩磁束探傷装置 1 は、対象物 O の探傷面 E を走査するための磁気探触子 4 と、磁気探触子 4 からの信号を入力して所定の処理を行い、探傷試験の結果を出力するパーソナルコンピュータ ( 処理部。以下、 P C という ) 2 0 とを備える。磁気探触子 4 には複数のリード線 1 4 が設けられており、これらのリード線 1 4 が、たとえば A D 変換器 1 5 に接続される。A D 変換器 1 5 と P C 2 0 とは、U S B ケーブル等のケーブル 1 6 によって接続される。磁気探触子 4 は、走査方向 D に走査させられる。この走査は、手動で行われてもよく、自動で行われてもよい。磁気探触子 4 を保持するアーム等が走査方向 D に移動することで走査が行われてもよいし、磁気探触子 4 を固定した状態で、対象物 O を保持したステージ等が走査方向 D と逆方向に移動することで走査が行われてもよい。

10

#### 【 0 0 1 7 】

図 1 ( B ) に示されるように、磁気探触子 4 は、計装アンプ基板 1 1 と、計装アンプ基板 1 1 に取り付けられたセンサモジュール 1 0 とを含む。計装アンプ基板 1 1 は、磁気探触子 4 から出力される信号を増幅させる。センサモジュール 1 0 は、フレキシブル基板 ( 基材 ) 1 0 a と、フレキシブル基板 1 0 a に搭載された複数の磁気センサ 1 2 ( 図 2 ( B ) に示される磁気センサ T に相当 ) と、を含む。フレキシブル基板 1 0 a は、計装アンプ基板 1 1 に対して差し込まれ、コネクタ接続されている。磁気探触子 4 において、センサモジュール 1 0 のみを交換することが可能になっている。漏洩磁束探傷装置 1 は、磁気探触子 4 の位置情報を取得するためのエンコーダ 1 3 を備えており、エンコーダ 1 3 のワイヤの端部がフレキシブル基板 1 0 a に連結されている。

20

#### 【 0 0 1 8 】

P C 2 0 は、磁気探触子 4 から出力される、磁束に基づく磁界を示す信号と、エンコーダ 1 3 から出力される磁気探触子 4 の位置情報とを入力し、対象物 O の探傷面 ( 表面 ) E を含む表層におけるきず X の有無判定のための探傷試験結果を出力する。きず X が存在する場合には、探傷試験結果において、きず指示が表れる。探傷試験結果に表れるきず指示に基づいて、きず X の有無だけでなく、きず X の幅や長さを推定することも可能である。

30

#### 【 0 0 1 9 】

以下、図 3 ~ 図 5 を参照して、一実施形態に係る磁気探触子 4 について詳細に説明する。漏洩磁束探傷装置 1 の磁気探触子 4 は、対象物 O に当接して湾曲した場合でも、フレキシブル基板 1 0 a に対する磁気センサ 1 2 の剥離や破損等を防止し得る構造を有している。磁気探触子 4 のセンサモジュール 1 0 は、柔軟性を有するフレキシブル基板 1 0 a を含む。フレキシブル基板 1 0 a は、主として高分子材料からなるシート状の基材である。フレキシブル基板 1 0 a には、配線パターンが形成されている。これらの配線パターンは、各磁気センサ 1 2 の電極部 1 2 c ( 図 4 参照 ) と、上記の計装アンプ基板 1 1 の回路とを電氣的に接続する。計装アンプ基板 1 1 は、柔軟性を有しておらず、定形性を有する。すなわち、磁気探触子 4 では、柔軟性を有するフレキシブル基板 1 0 a からセンサ部が構成され、定形性を有する計装アンプ基板 1 1 から信号出力部が構成される。

40

#### 【 0 0 2 0 】

フレキシブル基板 1 0 a には、たとえば複数の磁気センサ 1 2 が取り付けられている。磁気センサ 1 2 は、探傷面 E の近傍において磁界の大きさを測定可能なセンサである。磁気センサ 1 2 は、磁界検出部 ( 図示せず ) を含む。磁気センサ 1 2 としては、M I ( Magneto-Impedance ) センサ、G M R ( Giant Magneto Resistive effect ) センサ、T M R ( Tunnel Magneto-Resistance ) センサ、A M R ( Anisotropic Magneto-Resistance ) センサ、F G ( Flux-Gate ) センサ、ホール素子、S Q U I D ( Superconducting QUantum Interference Device ) センサ、コイル等が用いられ得る。

#### 【 0 0 2 1 】

50

各磁気センサ 1 2 は、フレキシブル基板 1 0 a に搭載されている。磁気センサ 1 2 は、なお、磁気センサ 1 2 の個数は、特に限定されない。磁気センサ 1 2 の個数は、1 個であってもよい。複数の磁気センサ 1 2 が設けられる場合、磁気センサ 1 2 は、一列に配列されてもよいし、複数列に配列されてもよい。磁気センサ 1 2 が複数列に配列される場合、複数の磁気センサ 1 2 が千鳥状に配置されてもよい（図 5 参照）。

#### 【0022】

フレキシブル基板 1 0 a に実装される磁気センサ 1 2 としては、非常に小型の磁気センサが用いられ得る。磁気センサ 1 2 は、一辺の長さが 1 mm 以下の磁気センサ（TMR センサ等）であってもよい。磁気センサ 1 2 は、一辺の長さが 2 mm 以下の磁気センサであってもよく、一辺の長さが 4 mm 以下の磁気センサ（AMR センサ等）であってもよい。

10

#### 【0023】

図 3 および図 4 に示されるように、磁気センサ 1 2 は、フレキシブル基板 1 0 a に対して平行に設けられ、フレキシブル基板 1 0 a に対面している。磁気センサ 1 2 の第 2 面 1 2 b が、フレキシブル基板 1 0 a の第 1 面 1 0 b に対面している。磁気センサ 1 2 とフレキシブル基板 1 0 a との間には、複数の導通部 4 0 が設けられている。導通部 4 0 は、たとえば、磁気センサ 1 2 の電極部 1 2 c に対応して、矩形の磁気センサ 1 2 の 4 つの隅部に設けられている。

#### 【0024】

導通部 4 0 は、フレキシブル基板 1 0 a の第 1 面 1 0 b に設けられた電極パッド 4 2 と、電極パッド 4 2 と電極部 1 2 c とを接合する接合部 4 1 とを含む。電極パッド 4 2 は、たとえば、ニッケル（Ni）層と、パラジウム（Pd）層と、金（Au）層とを含む（いずれも図示せず）。接合部 4 1 は、図 4 に示されるように、電極部 1 2 c に当接するバンブ 4 1 a と、バンブ 4 1 a および電極パッド 4 2 を接合する半田部 4 1 b とを含む。バンブ 4 1 a は、たとえば金からなる。接合部 4 1 における接合は、超音波ボンディングによって行われてもよい。上記したように磁気センサ 1 2 は微小なセンサであるので、電極部 1 2 c および導通部 4 0 は、たとえば 0.1 mm 程度の微小なサイズになり得る。超音波ボンディングによれば、微小な電極部 1 2 c に対しても接合強度を高めることができる。

20

#### 【0025】

さらに、センサモジュール 1 0 は、磁気センサ 1 2 とフレキシブル基板 1 0 a との間に設けられたアンダーフィル部 4 3 を備える。アンダーフィル部 4 3 は、たとえばエポキシ系樹脂等の樹脂からなる。アンダーフィル部 4 3 は、超音波ボンディングによって導通部 4 0 を形成した後に、たとえば、磁気センサ 1 2 とフレキシブル基板 1 0 a との間の間隙に樹脂材料を流し込み、特定の温度で所定時間加熱した後、更に温度を上げて所定時間加熱するといった手法によって形成される。アンダーフィル部 4 3 は、たとえば柔軟性を有する材料であってもよいが、柔軟性が低い硬質の材料であってもよい。硬質の材料を用いた場合は、センサモジュール 1 0（磁気探触子 4 の）ロバスト性の向上を図ることができる。

30

#### 【0026】

アンダーフィル部 4 3 の第 1 面 4 3 a は、導通部 4 0 を除く領域において、磁気センサ 1 2 の第 2 面 1 2 b の全面に密着する。アンダーフィル部 4 3 の第 2 面 4 3 b は、導通部 4 0 を除く領域において、フレキシブル基板 1 0 a の第 1 面 1 0 b に密着する。アンダーフィル部 4 3 は、磁気センサ 1 2 よりも一回り大きく形成されてもよい。言い換えれば、フレキシブル基板 1 0 a に対して、その第 1 面 1 0 b に垂直な方向に磁気センサ 1 2 とアンダーフィル部 4 3 を投影した場合に、アンダーフィル部 4 3 の投影領域は磁気センサ 1 2 の投影領域を含む。アンダーフィル部 4 3 は、磁気センサ 1 2 の側面を覆うと共に、磁気センサ 1 2 の外周から広がるように傾斜する側面部 4 3 c を含んでもよい。

40

#### 【0027】

アンダーフィル部 4 3 は、磁気センサ 1 2 とフレキシブル基板 1 0 a との間であって、導通部 4 0 を除く領域のすべてに充填されてもよい。磁気センサ 1 2 とフレキシブル基板 1 0 a との間の全域を封止するアンダーフィル部 4 3 によれば、磁気センサ 1 2 の接合強

50

度が高められる。なお、磁気センサ 12 とフレキシブル基板 10 a との間において、アンダーフィル部 43 が存在しない領域があってもよい。アンダーフィル部 43 は、少なくとも導通部 40 の周囲の領域を封止してもよい。

【0028】

上記した探触子 4 を用いて走査が行われる際には、対象物 O が、公知の手段（ハンドマグナ等）によって磁化される。そして、センサモジュール 10 は、走査方向 D に移動させられる。磁気センサ 12 は、フレキシブル基板 10 a の対象物 O に対面する面（すなわち第 2 面 10 c）とは反対側（すなわち第 1 面 10 b 側）に配置され得る。このような配置により、磁気センサ 12 が探傷面 E に当接することが防止され得る。

【0029】

センサモジュール 10 において、第 2 面 10 c が対象物 O の探傷面 E に押し付けられる。この際、図 6 に示すように、柔軟性を有するフレキシブル基板 10 a は湾曲し得る。一方で、柔軟性を有さない磁気センサ 12 は、ほとんど湾曲しない。磁気センサ 12 とフレキシブル基板 10 a との間に設けられたアンダーフィル部 43 は、磁気センサ 12 の接合強度を高めているので、フレキシブル基板 10 a が変形した場合でも、磁気センサ 12 の剥離が防止されている。

【0030】

なお、磁気センサ 12 は、対象物 O の探傷面 E に対面するように配置されてもよい。磁気センサ 12 の第 1 面 12 a は、対象物 O の探傷面 E に当接してもよい。磁気センサ 12 の第 1 面 12 a 上に、磁束の測定に影響を与えない保護シートが設けられてもよい。その場合に、センサモジュール 10 が対象物 O の探傷面 E に押し付けられてフレキシブル基板 10 a が変形したとしても、アンダーフィル部 43 は、磁気センサ 12 の剥離を防止する。

【0031】

センサモジュール 10 による走査の結果、探傷面 E の近傍における磁気センサ 12 が検出する磁界の大きさに応じた電気信号が、磁気センサ 12 から PC 20 に対して出力される。

【0032】

本実施形態の磁気探触子 4 によれば、磁気センサ 12 は、導通部 40 のみならず、導通部 40 の周囲の領域を封止するアンダーフィル部 43 によってフレキシブル基板 10 a に対して接合されている。フレキシブル基板 10 a は柔軟性を有するが、フレキシブル基板 10 a が変形した場合でも、アンダーフィル部 43 による補強効果によって、磁気センサ 12 の剥離や破損等が防止される。このように、アンダーフィル部 43 によって、柔軟性を有するフレキシブル基板 10 a に対する磁気センサ 12 の接合強度が高められている。

【0033】

アンダーフィル部がフレキシブル基板 10 a に対面する磁気センサ 12 の第 2 面 12 b の全面に密着しているので、アンダーフィル部 43 による補強効果が高められ、磁気センサ 12 がより確実に接合されている。

【0034】

磁気探触子 4 は漏洩磁束探傷装置 1 に用いられる。漏洩磁束探傷装置 1 において、柔軟性を有するフレキシブル基板 10 a を用いた場合、磁気探触子 4 は、フレキシブル基板 10 a を変形させながら凹部や狭隘部等に挿入され得る。その場合でも、アンダーフィル部 43 による補強効果によって、磁気センサ 12 の剥離や破損等が防止される。

【0035】

図 7 を参照して、他の実施形態に係る磁気探触子 4 A のセンサモジュール 10 A について説明する。磁気探触子 4 A は、漏洩磁束探傷法とは異なる手法を用いた探傷方法及び探傷装置に適用される。磁気を用いて対象物の表層の探傷を行う手法としては、上記実施形態で説明した漏洩磁束探傷法のほかに、渦電流探傷法（Eddy Current Testing: ECT）が挙げられる。渦電流探傷法とは、交流の電流を流した励磁コイルによって探傷対象面に渦電流を誘起させると共に、きずに由来する渦電流の変化を磁気センサで検出する手

10

20

30

40

50

法である。

【 0 0 3 6 】

図 7 に示されるように、渦電流探傷装置に適用される磁気探触子 4 A のセンサモジュール 1 0 A は、フレキシブル基板 1 0 a の第 2 面 1 0 c に設けられた励磁コイル C を備える。励磁コイル C は、第 2 面 1 0 c に垂直な方向に投影された場合に、上記した磁気センサ 1 2 の磁界検出部よりも大きくなっている。励磁コイル C は、磁気センサ 1 2 が設けられた領域をカバーする大きさおよび位置に設けられている。このようなセンサモジュール 1 0 A を備えた磁気探触子 4 A によっても、上記実施形態と同様の作用・効果が奏される。

【 0 0 3 7 】

以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明は上記実施形態に限定されない。たとえば、基材はフレキシブル基板 1 0 a である場合に限られない。フレキシブル基板 1 0 a 以外の柔軟性を有する基板が用いられてもよい。

10

【 0 0 3 8 】

導通部 4 0 の接合部 4 1 において、バンプ接合が用いられなくてもよい。バンプ 4 1 a を用いずに、半田部 4 1 b のみとしてもよい。導通部 4 0 の構造は、公知のあらゆる手段が用いられ得る。

【 符号の説明 】

【 0 0 3 9 】

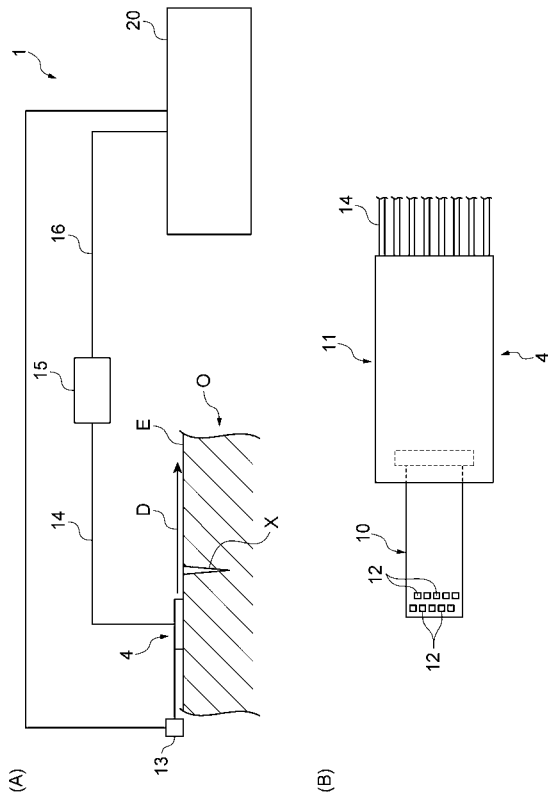
- 1 漏洩磁束探傷装置
- 4 磁気探触子
- 4 A 磁気探触子
- 1 0 センサモジュール
- 1 0 A センサモジュール
- 1 0 a フレキシブル基板（基材）
- 1 1 計装アンプ基板
- 1 2 磁気センサ
- 1 2 a 第 1 面
- 1 2 b 第 2 面（表面）
- 1 2 c 電極部
- 2 0 P C
- 4 0 導通部
- 4 1 接合部
- 4 1 a バンプ
- 4 1 b 半田部
- 4 2 電極パッド
- 4 3 アンダーフィル部
- D 走査方向
- E 探傷面
- F 磁束
- F a 漏洩磁束
- O 対象物
- T 磁気センサ
- X きず

20

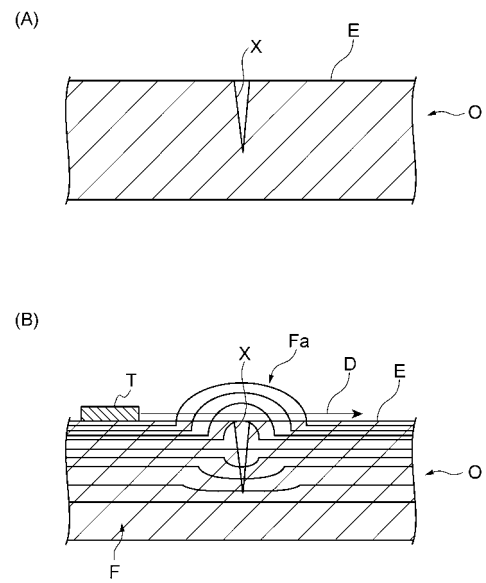
30

40

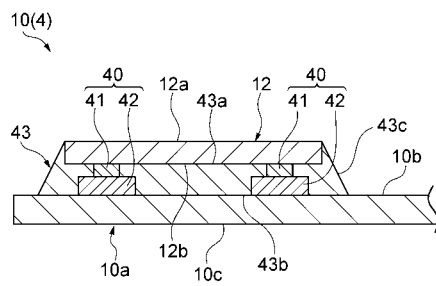
【図 1】



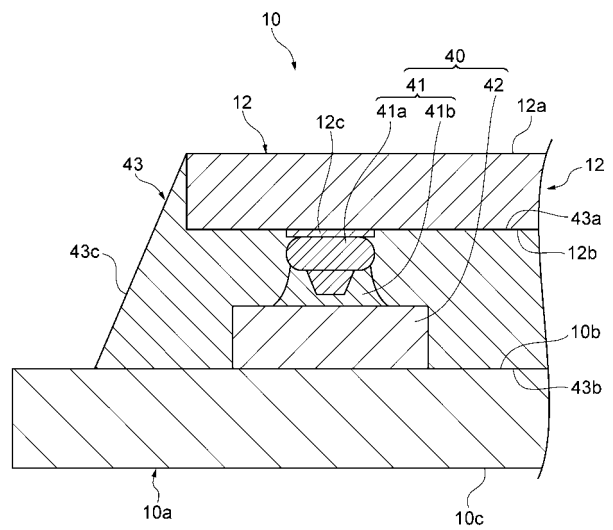
【図 2】



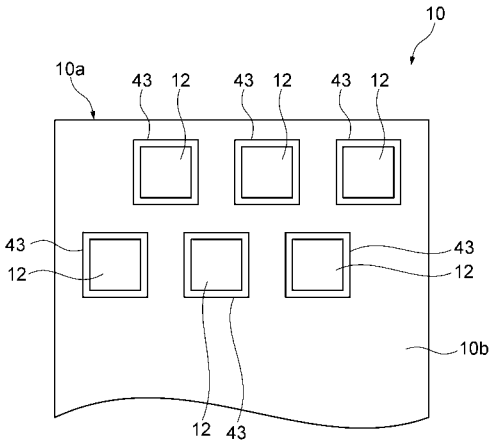
【図 3】



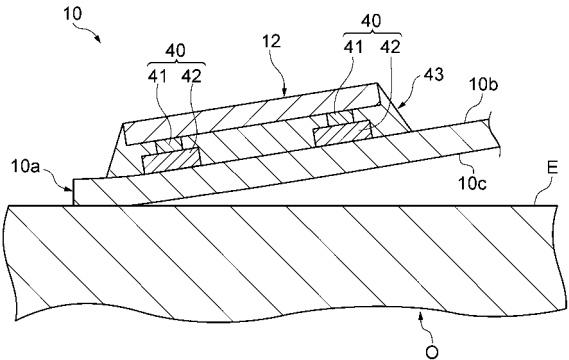
【図 4】



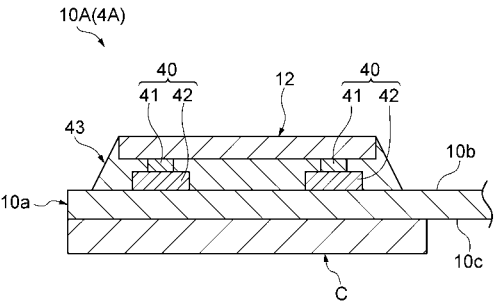
【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 河井 寛記  
東京都江東区豊洲三丁目1番1号 株式会社IHI内
- (72)発明者 大島 誉寿  
東京都江東区豊洲三丁目1番1号 株式会社IHI内
- (72)発明者 田村 尚之  
東京都江東区豊洲三丁目1番1号 株式会社IHI内
- (72)発明者 菱田 寛之  
東京都江東区豊洲三丁目1番1号 株式会社IHI内
- Fターム(参考) 2G053 AA11 AB21 AB22 BA02 DA01 DB02 DB14