

(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2018-96895
(P2018-96895A)

(43) 公開日 平成30年6月21日(2018.6.21)

(51) Int.Cl.		F I	テーマコード (参考)			
GO 1 R	33/02	(2006.01)	GO 1 R	33/02	V	2 G O 1 7
GO 1 R	33/09	(2006.01)	GO 1 R	33/06	R	5 F O 9 2
HO 1 L	43/08	(2006.01)	HO 1 L	43/08	Z	
HO 1 L	43/06	(2006.01)	HO 1 L	43/06	Z	

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2016-243072 (P2016-243072)
(22) 出願日 平成28年12月15日 (2016.12.15)

(71) 出願人 000003067
TDK株式会社
東京都港区芝浦三丁目9番1号
(74) 代理人 110001357
特許業務法人つばさ国際特許事務所
(72) 発明者 永田 真己
東京都港区芝浦三丁目9番1号 TDK株式会社内
(72) 発明者 渡部 司也
東京都港区芝浦三丁目9番1号 TDK株式会社内
(72) 発明者 内田 圭祐
東京都港区芝浦三丁目9番1号 TDK株式会社内

最終頁に続く

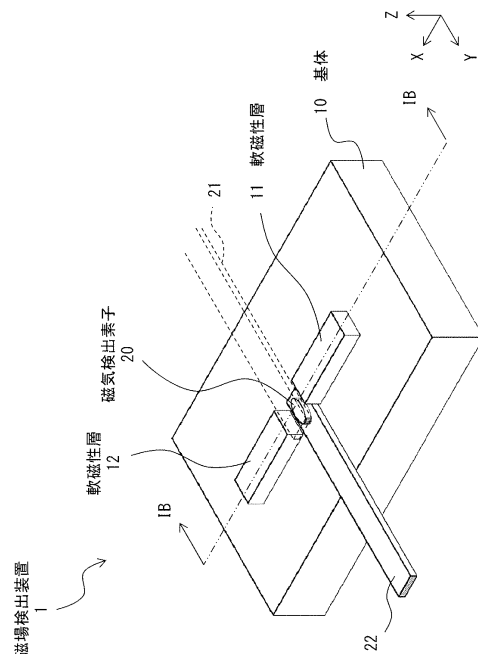
(54) 【発明の名称】 磁場検出装置

(57) 【要約】

【課題】より優れた磁場検出性能を有する磁場検出装置を提供する。

【解決手段】この磁場検出装置は、第1の方向において第1の長さを有するように延在し、第1の方向と実質的に直交する第2の方向において第1の長さよりも短い第1の幅を有する第1の軟磁性体と、第1の方向において第1の軟磁性体と離間して対向するように配置され、第1の方向において第2の長さを有するように延在し、第2の方向において第2の長さよりも短い第2の幅を有する第2の軟磁性体と、第1の方向において第1の軟磁性体と第2の軟磁性体との間に設けられ、第1の方向において第3の長さを有し、第2の方向において第3の長さよりも長い第3の幅を有するように延在する磁気検出素子とを備える。

【選択図】 図 1 A



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第 1 の方向において第 1 の長さを有するように延在し、前記第 1 の方向と実質的に直交する第 2 の方向において前記第 1 の長さよりも短い第 1 の幅を有する第 1 の軟磁性体と、前記第 1 の方向において前記第 1 の軟磁性体と離間して対向するように配置され、前記第 1 の方向において第 2 の長さを有するように延在し、前記第 2 の方向において前記第 2 の長さよりも短い第 2 の幅を有する第 2 の軟磁性体と、前記第 1 の方向において前記第 1 の軟磁性体と前記第 2 の軟磁性体との間に設けられ、前記第 1 の方向において第 3 の長さを有し、前記第 2 の方向において前記第 3 の長さよりも長い第 3 の幅を有するように延在する磁気検出素子と
を備えた
磁場検出装置。

10

【請求項 2】

前記第 3 の幅は、前記第 1 の幅および前記第 2 の幅の少なくとも一方と同等以下である請求項 1 記載の磁場検出装置。

【請求項 3】

前記第 3 の幅は、前記第 1 の幅および前記第 2 の幅の双方と同等以下である請求項 2 記載の磁場検出装置。

【請求項 4】

前記第 1 の幅と前記第 2 の幅とが実質的に同一である
請求項 2 または請求項 3 に記載の磁場検出装置。

20

【請求項 5】

前記第 1 の軟磁性体と前記第 2 の軟磁性体との間隔は、前記第 3 の幅よりも狭い
請求項 1 から請求項 4 のいずれか 1 項に記載の磁場検出装置。

【請求項 6】

前記第 1 の幅に対する前記第 1 の長さの比が 3 以上 20 以下であり、
前記第 2 の幅に対する前記第 2 の長さの比が 3 以上 20 以下である
請求項 1 から請求項 5 のいずれか 1 項に記載の磁場検出装置。

【請求項 7】

前記第 1 の幅および前記第 2 の幅が $10\ \mu\text{m}$ 以上 $100\ \mu\text{m}$ 以下である
請求項 1 から請求項 6 のいずれか 1 項に記載の磁場検出装置。

30

【請求項 8】

前記第 1 の長さと前記第 2 の長さとが実質的に同一である
請求項 1 から請求項 7 のいずれか 1 項に記載の磁場検出装置。

【請求項 9】

前記第 1 の軟磁性体は、前記第 1 の方向および前記第 2 の方向の双方と実質的に直交する第 3 の方向において第 1 の厚さを有し、
前記第 2 の軟磁性体は、前記第 3 の方向において第 2 の厚さを有し、
前記磁気検出素子は、前記第 3 の方向において前記第 1 の厚さおよび前記第 2 の厚さの少なくとも一方と同等以下の第 3 の厚さを有する
請求項 1 から請求項 8 のいずれか 1 項に記載の磁場検出装置。

40

【請求項 10】

前記磁気検出素子は、前記第 1 の方向において、前記第 1 の軟磁性体の延長上に配置され、前記第 2 の軟磁性体の延長上に配置され、または前記第 1 の軟磁性体および前記第 2 の軟磁性体の双方の延長上に配置されている
請求項 1 から請求項 9 のいずれか 1 項に記載の磁場検出装置。

【請求項 11】

検出対象とする検出対象磁場の方向は前記第 1 の方向と実質的に一致している
請求項 1 から請求項 10 のいずれか 1 項に記載の磁場検出装置。

【請求項 12】

50

前記磁気検出素子は、前記第 1 の方向と実質的に一致した磁化方向を有する磁化固着層と、中間層と、前記第 2 の方向と実質的に一致した磁化容易軸を有する磁化自由層とを含む磁気抵抗効果素子である

請求項 1 から請求項 11 のいずれか 1 項に記載の磁場検出装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、磁気検出素子を用いて磁場を検出する磁場検出装置に関する。

【背景技術】

【0002】

外部磁場を検出する磁場検出装置（磁界検出装置）として、ホール素子や磁気抵抗効果素子を利用したものが知られている（例えば特許文献 1 参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】国際公開 2008 / 146809 号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、近年、磁場検出の性能向上が求められている。したがって、より優れた磁場検出性能を有する磁場検出装置を提供することが望ましい。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明の一実施の形態としての磁場検出装置は、第 1 の方向において第 1 の長さを有するように延在し、第 1 の方向と実質的に直交する第 2 の方向において第 1 の長さよりも短い第 1 の幅を有する第 1 の軟磁性体と、第 1 の方向において第 1 の軟磁性体と離間して対向するように配置され、第 1 の方向において第 2 の長さを有するように延在し、第 2 の方向において第 2 の長さよりも短い第 2 の幅を有する第 2 の軟磁性体と、第 1 の方向において第 1 の軟磁性体と第 2 の軟磁性体との間に設けられ、第 1 の方向において第 3 の長さを有し、第 2 の方向において第 3 の長さよりも長い第 3 の幅を有するように延在する磁気検出素子とを備える。

【0006】

本発明の一実施の形態としての磁場検出装置では、第 1 の方向を長手方向とする第 1 の軟磁性体および第 2 の軟磁性体が互いに離間して配置され、それら第 1 の軟磁性体と第 2 の軟磁性体との間に、第 1 の方向と直交する第 2 の方向を長手方向とする磁気検出素子が配置されるようにした。このため、第 1 の軟磁性体および第 2 の軟磁性体がいずれも磁気ヨークとして振舞うこととなり、例えば第 1 の方向に沿った外部磁場成分が増強される。

【0007】

本発明の一実施の形態としての磁場検出装置では、第 3 の幅は、第 1 の幅および第 2 の幅の少なくとも一方と同等以下であることが好ましく、第 1 の幅および第 2 の幅の双方と同等以下であることがより好ましい。また、第 1 の幅と第 2 の幅とが実質的に同一であるとよい。また、第 1 の軟磁性体と第 2 の軟磁性体との間隔は第 3 の幅よりも狭いことが望ましい。

【0008】

本発明の一実施の形態としての磁場検出装置では、第 1 の幅および第 2 の幅が例えば $10\ \mu\text{m}$ 以上 $100\ \mu\text{m}$ 以下であり、第 1 の幅に対する第 1 の長さの比が例えば 3 以上 20 以下であり、第 2 の幅に対する第 2 の長さの比が例えば 3 以上 20 以下であるとよい。第 1 の長さとの第 2 の長さとの実質的に同一であってもよい。

【0009】

本発明の一実施の形態としての磁場検出装置では、第 1 の軟磁性体は、第 1 の方向およ

10

20

30

40

50

び第 2 の方向の双方と実質的に直交する第 3 の方向において第 1 の厚さを有し、第 2 の軟磁性体は第 3 の方向において第 2 の厚さを有し、磁気検出素子は第 3 の方向において第 1 の厚さおよび第 2 の厚さの少なくとも一方と同等以下の第 3 の厚さを有するとよい。

【 0 0 1 0 】

本発明の一実施の形態としての磁場検出装置では、磁気検出素子は、第 1 の方向において、第 1 の軟磁性体の延長上に配置され、第 2 の軟磁性体の延長上に配置され、または第 1 の軟磁性体および第 2 の軟磁性体の双方の延長上に配置されているとよい。また、検出対象とする検出対象磁場の方向は、例えば第 1 の方向と実質的に一致しているとよい。

【発明の効果】

【 0 0 1 1 】

本発明の一実施の形態としての磁場検出装置によれば、第 1 の軟磁性体および第 2 の軟磁性体が磁気ヨークとして機能し、検出対象となる磁場に対してその増強を行うことができる。したがって、本発明の一実施の形態としての磁場検出装置は、高い磁場検出性能を発揮することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 2 】

【図 1 A】本発明の第 1 の実施の形態としての磁場検出装置の全体構成を表す概略斜視図である。

【図 1 B】図 1 に示した磁場検出装置の断面構成を表す断面図である。

【図 1 C】図 1 に示した磁場検出装置の平面構成を表す平面図である。

【図 2】図 1 に示した磁気検出素子の断面構成を表す拡大断面図である。

【図 3】図 1 に示した磁場検出装置に搭載される信号検出回路の一例を表す回路図である。

【図 4】本発明の第 2 の実施の形態としての磁場検出装置の全体構成を表す概略斜視図である。

【図 5 A】実験例 1 - 1 ~ 1 - 6 の磁場検出装置におけるアスペクト比とエンハンス率との関係を表す特性図である。

【図 5 B】実験例 1 - 1 ~ 1 - 6 の磁場検出装置におけるアスペクト比と単位面積あたりの磁気検出素子の個数との関係を表す特性図である。

【図 5 C】実験例 1 - 1 ~ 1 - 6 の磁場検出装置におけるアスペクト比と指数 F O M との関係を表す特性図である。

【図 6 A】実験例 2 - 1 ~ 2 - 6 の磁場検出装置におけるアスペクト比とエンハンス率との関係を表す特性図である。

【図 6 B】実験例 2 - 1 ~ 2 - 6 の磁場検出装置におけるアスペクト比と単位面積あたりの磁気検出素子の個数との関係を表す特性図である。

【図 6 C】実験例 2 - 1 ~ 2 - 6 の磁場検出装置におけるアスペクト比と指数 F O M との関係を表す特性図である。

【図 7 A】実験例 3 - 1 ~ 3 - 6 の磁場検出装置におけるアスペクト比とエンハンス率との関係を表す特性図である。

【図 7 B】実験例 3 - 1 ~ 3 - 6 の磁場検出装置におけるアスペクト比と単位面積あたりの磁気検出素子の個数との関係を表す特性図である。

【図 7 C】実験例 3 - 1 ~ 3 - 6 の磁場検出装置におけるアスペクト比と指数 F O M との関係を表す特性図である。

【図 8 A】第 1 の変形例としての磁場検出素子を表す概略図である。

【図 8 B】第 2 の変形例としての磁場検出素子を表す概略図である。

【図 8 C】第 3 の変形例としての磁場検出素子を表す概略図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 3 】

以下、本発明の実施の形態について、図面を参照して詳細に説明する。なお、説明は以下の順序で行う。

10

20

30

40

50

1. 第1の実施の形態

1対の軟磁性層と、その間に配置された磁気検出素子とを備えた磁場検出装置の例。

2. 第2の実施の形態

基板上に、1対の軟磁性層に挟まれた複数の磁気検出素子を備えた磁場検出装置の例)

。

3. 実験例

4. その他の変形例

【0014】

< 1. 第1の実施の形態 >

[磁場検出装置1の構成]

最初に、図1A、図1Bおよび図2などを参照して、本発明における第1の実施の形態としての磁場検出装置1の構成について説明する。図1Aは、磁場検出装置1の全体構成例を表す斜視図である。図1Bは、図1Aに示したIB-IB線に沿った矢視方向における磁場検出装置1の断面構成例を表すものである。さらに、図1Cは、磁場検出装置1の全体構成例を表す平面図である。図2は、図1Aおよび図1Bに示した磁気検出素子20の断面構成例を表すものである。

10

【0015】

磁場検出装置1は、自らに及ぶ外部磁場の有無や方向、強度などを検出するデバイスであり、例えば電子コンパスに搭載されるものである。ここで、例えば外部磁場など、検出対象とする検出対象磁場の方向が、X軸方向と実質的に一致しているとよい。磁場検出装置1は、X軸方向およびY軸方向の双方に広がる基体10の上に、例えばX軸方向において対向配置された1対の軟磁性層11、12と、X軸方向において軟磁性層11と軟磁性層12との間に設けられた磁気検出素子20とを備えている。磁場検出装置1は、さらに、磁気検出素子20へセンス電流を供給するためのリード21、22を有している。なお、図1Cおよび図2では、リード21、22の図示を省略している。なお、X軸方向は本発明の「第1の方向」に対応する一具体例であり、Y軸方向は本発明の「第2の方向」に対応する一具体例である。また、本明細書では、X軸およびY軸の双方と直交する方向であるZ軸方向を厚さ方向ともいう。

20

【0016】

(軟磁性層11, 12)

軟磁性層11, 12は、いずれも、X軸方向を長手方向とする略直方体状の部材である。軟磁性層11, 12は、いずれも、例えばニッケル鉄合金(NiFe)などの高飽和磁束密度を有する軟磁性金属材料により構成されている。なお、軟磁性層11の構成材料と軟磁性層12の構成材料とは実質的に同一であってもよいし、異なってもよい。

30

【0017】

軟磁性層11は、図1Cに示したように、XY平面における平面形状が例えば矩形である。その場合、X軸方向に沿って第1の長さLX1(以下、単に長さLX1という。)を有し、Y軸方向に沿って第1の幅LY1(以下、単に幅LY1という。)を有する。また、図1Bに示したように、Z軸方向に沿って第1の厚さLZ1(以下、単に厚さLZ1という。)を有する。長さLX1は例えば100μm以下、好ましくは12μm程度である。幅LY1は例えば100μm以下、好ましくは4μm程度である。また、厚さLZ1は例えば10μm以下であり、長さLX1および幅LY1のいずれよりも小さい寸法であることが望ましい。

40

【0018】

軟磁性層12は、図1Cに示したように、XY平面における平面形状が例えば軟磁性層11と同様、例えば矩形である。その場合、X軸方向に沿って第2の長さLX2(以下、単に長さLX2という。)を有し、Y軸方向に沿って第2の幅LY2(以下、単に幅LY2という。)を有する。また、図1Bに示したように、Z軸方向に沿って第2の厚さLZ2(以下、単に厚さLZ2という。)を有する。長さLX2は例えば100μm以下、好ましくは12μm程度である。幅LY2は例えば100μm以下、好ましくは4μm程度

50

である。また、厚さ $LZ2$ は例えば $10\ \mu\text{m}$ 以下であり、長さ $LX2$ および幅 $LY2$ のいずれよりも薄いことが望ましい。

【0019】

(磁気検出素子20)

磁気検出素子20は、例えば外部磁場の方向や強度に応じて抵抗変化を示す磁気抵抗効果(MR; Magneto-Resistive effect)素子が用いられる。磁気検出素子20は、図1Cに示したように、XY平面における平面形状が例えば楕円形(elliptical shape)である。その場合、X軸方向に沿って第3の長さ $LX3$ (以下、単に長さ $LX3$ という。)を有し、Y軸方向に沿って第3の幅 $LY3$ (以下、単に幅 $LY3$ という。)を有する。また、図1Bに示したように、Z軸方向に沿って第3の厚さ $LZ3$ (以下、単に厚さ $LZ3$ という。)を有する。磁気検出素子20の平面形状は楕円形(elliptical shape)に限定されず、例えば矩形やオーバル形状(oval-shape)、あるいは菱形であってもよい。

10

【0020】

磁気検出素子20は、例えば図2に示したように、磁性層を含む複数の機能膜が積層されたスピナル構造を有するCPP(Current Perpendicular to Plane)型のMR素子であり、センス電流が自らの内部を積層方向に流れるものである。具体的には、磁気検出素子20は、図2に示したように、反強磁性層31と、一定方向に固着された磁化を有する磁化固着層32と、特定の磁化方向を発現しない中間層33と、外部磁場に応じて変化する磁化を有する磁化自由層34とが順に積層された積層体を含むものである。なお、反強磁性層31、磁化固着層32、中間層33および磁化自由層34は、いずれも単層構造であってもよいし、複数層からなる多層構造であってもよい。このようなMR素子においては、その積層方向(例えばZ軸方向)と直交する膜面内(XY平面内)に沿った磁束の変化に応じて抵抗変化が生じる。

20

【0021】

反強磁性層31は、白金マンガン合金(PtMn)やイリジウムマンガン合金(IrMn)などの反強磁性材料により構成されるものである。反強磁性層31は、例えば隣接する磁化固着層32の磁化の向きと実質的に同じ方向のスピンの磁気モーメントと、それと反対の方向のスピンの磁気モーメントとが完全に打ち消し合った状態にあり、磁化固着層32の磁化の向きを、一定方向へ固定するように作用する。

【0022】

磁化固着層32は、例えばコバルト(Co)やコバルト鉄合金(CoFe)、コバルト鉄ボロン合金(CoFeB)などの強磁性材料からなる。本実施の形態では、磁化固着層32の磁化方向はX軸方向と一致していることが望ましい。

30

【0023】

中間層33は、磁気検出素子20が磁気トンネル接合(MTJ:magnetic tunneling junction)素子である場合、例えば酸化マグネシウム(MgO)からなる非磁性のトンネルバリア層であり、量子力学に基づくトンネル電流が通過可能な程度に厚みの薄いものである。MgOからなるトンネルバリア層は、例えば、MgOからなるターゲットを用いたスパッタリング処理のほか、マグネシウム(Mg)の薄膜の酸化処理、あるいは酸素雰囲気中でマグネシウムのスパッタリングを行う反応性スパッタリング処理などによって得られる。また、MgOのほか、アルミニウム(Al)、タンタル(Ta)、ハフニウム(Hf)の各酸化物もしくは窒化物を用いて中間層33を構成することも可能である。また、磁気検出素子20が例えばGMR(Giant Magnetoresistive)素子である場合、中間層33は銅(Cu)、ルテニウム(Ru)または金(Au)などの非磁性高導電性材料により構成される。

40

【0024】

磁化自由層34は軟質強磁性層であり、例えば磁化固着層32の磁化の向きと実質的に直交する磁化容易軸を有するものである。磁化自由層34は、例えばコバルト鉄合金(CoFe)、ニッケル鉄合金(NiFe)あるいはコバルト鉄ボロン合金(CoFeB)などによって構成される。本実施の形態では、磁化自由層34の磁化容易軸の方向はY軸方

50

向と一致していることが望ましい。磁気検出素子 20 において、長さ $L X 3$ が幅 $L Y 3$ よりも小さいと、磁化自由層 34 の磁化容易軸の方向を Y 軸方向と一致させやすくなる。

【0025】

(リード 21, 22)

リード 21 は磁気検出素子 20 の一部 (例えば磁化自由層 34 の上面) と接するように XY 平面において延在し、リード 22 は磁気検出素子 20 の他の一部 (例えば反強磁性層 31 の下面) と接するように XY 平面において延在している。リード 21, 22 は、例えば銅やアルミニウム (Al) などの、高導電性非磁性材料により形成されている。

【0026】

ここで、磁気検出素子 20 の幅 $L Y 3$ は、軟磁性層 11 の幅 $L Y 1$ および軟磁性層 12 の幅 $L Y 2$ の少なくとも一方と実質的に同じであるか、幅 $L Y 1$ および幅 $L Y 2$ の少なくとも一方よりも実質的に狭くなっている。幅 $L Y 3$ は、特に、幅 $L Y 1$ および幅 $L Y 2$ の双方と実質的に同等以下の寸法であるとよい。すなわち、下記の条件式 (1) および条件式 (2) の少なくとも一方、を満たすことが望ましい。

【0027】

$$L Y 3 \quad L Y 1 \quad \dots \dots (1)$$

$$L Y 3 \quad L Y 2 \quad \dots \dots (2)$$

【0028】

また、本実施の形態では、幅 $L Y 1$ と幅 $L Y 2$ とが実質的に同一であることが望ましい。幅 $L Y 1$ および幅 $L Y 2$ は、例えば $4 \mu\text{m}$ 程度である。

【0029】

また、本実施の形態では、軟磁性層 11 と軟磁性層 12 との間隔 $X G$ は、幅 $L Y 1 \sim L Y 3$ のいずれよりも狭いことが望ましい (図 1C 参照)。間隔 $X G$ は、例えば $0.4 \mu\text{m}$ 程度である。

【0030】

また、本実施の形態では、軟磁性層 11 において長さ $L X 1$ は幅 $L Y 1$ よりも大きく、軟磁性層 12 において長さ $L X 2$ は幅 $L Y 2$ よりも大きいとよい。さらに、磁気検出素子 20 において、長さ $L X 3$ は、幅 $L Y 3$ よりも小さいとよい。ここで、幅 $L Y 1$ および幅 $L Y 2$ が、いずれも例えば $10 \mu\text{m}$ 以上 $100 \mu\text{m}$ 以下であるとき、下記の条件式 (3) および条件式 (4) を満たすことが望ましい。長さ $L X 1$ は長さ $L X 2$ と実質的に同一であつてもよい。

【0031】

$$3 \quad L X 1 / L Y 1 \quad 20 \quad \dots \dots (3)$$

$$3 \quad L X 2 / L Y 2 \quad 20 \quad \dots \dots (4)$$

【0032】

さらに本実施の形態では、図 1C に示したように、磁気検出素子 20 の厚さ $L Z 3$ は、厚さ $L Z 1$ および厚さ $L Z 2$ の少なくとも一方と同等以下であるとよい。

【0033】

本実施の形態では、磁気検出素子 20 が、X 軸方向において軟磁性層 11 の延長上に配置され、もしくは、軟磁性層 12 の延長上に配置されているとよい。あるいは、磁気検出素子 20 が、X 軸方向において軟磁性層 11 および軟磁性層 12 の双方の延長上に配置されていてもよい。

【0034】

(信号検出回路)

磁場検出装置 1 は、例えば図 3 に示した信号検出回路を有している。この信号検出回路は、例えば電圧印加部 101 と、磁気検出素子 20 と、抵抗変化検出部 102 と、信号処理部 103 とを含んでいる。磁気検出素子 20 には、電圧印加部 101 と、抵抗変化検出部 102 とが接続されている。信号処理部 103 は抵抗変化検出部 102 と接続されている。

【0035】

10

20

30

40

50

[磁場検出装置 1 の作用効果]

磁場検出装置 1 では、上記の信号検出回路により、磁場検出装置 1 に及ぶ外部磁場に
 応じた出力が得られる。具体的には、上記の信号検出回路において、電圧印加部 1 0 1 によ
 り、リード 2 1 とリード 2 2 との間に所定の電圧を印加することで、そのときの磁気検出
 素子 2 0 の電気抵抗に対応したセンス電流が流れる。磁気検出素子 2 0 の電気抵抗は、磁
 気検出素子 2 0 の磁化状態、すなわち、磁化固着層 3 2 の磁化の向きに対する磁化自由層
 3 4 の磁化の向きによって変化する。磁気検出素子 2 0 を流れるセンス電流は抵抗変化検
 出部 1 0 2 において検出され、抵抗変化検出部 1 0 2 により信号処理部 1 0 3 へ信号が出
 力される。さらに、信号処理部 1 0 3 において抵抗変化検出部 1 0 2 からの出力に基づい
 た信号が生成されて外部へ出力される。これにより、磁場検出装置 1 に及ぶ外部磁場に
 応じた出力が信号検出回路から得られる。

10

【 0 0 3 6 】

本実施の形態の磁場検出装置 1 では、いずれも X 軸方向を長手方向とする軟磁性層 1 1
 と軟磁性層 1 2 とが、X 軸方向において並ぶように互いに離間して配置される。そして、
 軟磁性層 1 1 と軟磁性層 1 2 との間に、X 軸方向と直交する Y 軸方向を長手方向とする磁
 気検出素子 2 0 が配置されるようにした。このため、軟磁性層 1 1 および軟磁性層 1 2 が
 いずれも磁気ヨークとして振舞うこととなる。その結果、例えば X 軸方向に沿った外部磁
 場を磁場検出装置 1 に対して印加すると、磁気検出素子 2 0 に及ぶ X 軸方向に沿った外部
 磁場成分 F (図 1 B , 図 1 C 参照) が軟磁性層 1 1 および軟磁性層 1 2 によって増強され
 る。したがって、この磁場検出装置 1 は高い磁場検出性能を発揮することができる。磁気
 検出素子 2 0 において磁化固着層 3 2 の磁化方向を X 軸方向と一致させると共に磁化自由
 層 3 4 の磁化容易軸方向を Y 軸方向と一致させるようにすれば、感磁方向に沿って軟磁性
 層 1 1 および軟磁性層 1 2 が配置されることとなる。このため、磁場検出装置 1 は、より
 高い磁場検出機能を発揮することができる。

20

【 0 0 3 7 】

< 2 . 第 2 の実施の形態 >

次に、図 4 を参照して、本発明における第 2 の実施の形態としての磁場検出装置 1 A の
 構成について説明する。図 4 は、磁場検出装置 1 A の全体構成例を表す斜視図である。

【 0 0 3 8 】

本実施の形態の磁場検出装置 1 A では、基体 1 0 の上に、複数の磁気検出素子 2 0 と、
 複数の軟磁性層 1 1 と、複数の軟磁性層 1 2 とを設けるようにした。それに伴い、リード
 2 1 , 2 2 もそれぞれ複数設けるようにした。磁場検出装置 1 A は、これらの点を除き、
 他は上記第 1 の実施の形態における磁場検出装置 1 と実質的に同様の構成を有する。

30

【 0 0 3 9 】

具体的には図 4 に示したように、基体 1 0 の上に、X 軸方向において軟磁性層 1 1 と軟
 磁性層 1 2 とが隙間を空けて交互に並ぶものが、Y 軸方向において隣り合うように 2 列設
 けられている。さらに、X 軸方向における軟磁性層 1 1 と軟磁性層 1 2 との隙間の各々
 には、磁気検出素子 2 0 が 1 つずつ配置されている。なお、図 4 では、2 行 3 列で配列され
 た 6 つの磁気検出素子 2 0 と、それらを挟むように配置された合計 8 つの軟磁性層 1 1 ,
 1 2 を例示しているが、磁気検出素子 2 0 および軟磁性層 1 1 , 1 2 の個数と、それらの
 配列の形態とについては図 4 に示したものに限定されるものではない。但し、複数の磁気
 検出素子 2 0 は、全て同一の階層に設けられているとよい。複数の磁気検出素子 2 0 は、
 例えば、複数のリード 2 1 と複数のリード 2 2 とによって全体として直列に接続されてい
 る。こうすることにより、磁場検出装置 1 A では、磁場検出装置 1 と比較して全体の出力
 を増大させることができる。

40

【 0 0 4 0 】

< 3 . 実験例 >

[3 . 1 実験例 1 - 1 ~ 1 - 6]

次に、図 1 A に示した磁場検出装置 1 に対し 0 . 1 m T の外部磁場を + X 方向に印加し
 、磁気検出素子 2 0 の、図 1 A に示した I B - I B 線上における磁場強度を求め、エンハ

50

ンス率を算出した。ここで、幅 $L Y 1$ および幅 $L Y 2$ は、実験例 1 - 1 ~ 1 - 6 のいずれにおいても $10 \mu m$ とした。一方、長さ $L X 1$ および長さ $L X 2$ については、実験例 1 - 1 では $10 \mu m$ 、実験例 1 - 2 では $30 \mu m$ 、実験例 1 - 3 では $100 \mu m$ 、実験例 1 - 4 では $200 \mu m$ 、実験例 1 - 5 では $400 \mu m$ 、実験例 1 - 6 では $1400 \mu m$ とした。すなわち、アスペクト比 $L X 1 / L Y 1$ 、 $L X 2 / L Y 2$ (以下、まとめてアスペクト比 $L X / L Y$ とする。) を、実験例 1 - 1 では 1、実験例 1 - 2 では 3、実験例 1 - 3 では 10、実験例 1 - 4 では 20、実験例 1 - 5 では 40、実験例 1 - 6 では 140 とした。間隔 $X G$ については、全ての実験例において $5 \mu m$ とした。厚さ $L Z 1$ および厚さ $L Z 2$ については、全ての実験例において $1 \mu m$ とした。

【0041】

実験例 1 - 1 ~ 1 - 6 のシミュレーション結果を図 5 A に示す。図 5 A において、横軸はアスペクト比 $L X / L Y$ [-] を表し、縦軸はエンハンス率 [%]、すなわち印加した外部磁場の強度に対する図 1 A 中の $I B - I B$ 線上における磁場強度の比、を表す。図 5 A に示したように、アスペクト比の増大に伴って指数関数的にエンハンス率が向上することがわかった。

【0042】

その一方、アスペクト比の増大によって磁気検出素子 20 が設置可能な基体 10 上に領域は減少する。実験例 1 - 1 ~ 1 - 6 について、アスペクト比 $L X / L Y$ [-] と、基体 10 上において単位面積あたりに設置可能な磁気検出素子 20 の個数との関係を図 5 B に示す。図 5 B において、横軸はアスペクト比 $L X / L Y$ [-] を表し、縦軸は単位面積あたりに設置可能な磁気検出素子の個数の平方根 [$1 / \mu m^2$] を表す。図 5 B に示したように、アスペクト比の増大に伴い、単位面積あたりに設置可能な磁気検出素子の個数の平方根は指数関数的に減少することがわかった。

【0043】

磁気検出素子の性能を表す分解能は、下記の式 (5) で求められる。

$$\text{分解能 [T]} = \text{ノイズ電圧 [V]} / \text{磁気感度 [V / T]} \quad \dots \dots (5)$$

【0044】

ここで、ノイズ電圧は磁気検出素子の占有面積の平方根に比例する一方、磁気感度はエンハンス率に比例する。したがって、基体上に、磁気検出素子と共に軟磁性層を配置することのメリットを考える場合、以下の式 (6) のように定義される指数 $F O M$ (factor of merits) を判断材料とすることが望ましい。指数 $F O M$ とは、基体上において単位面積あたりいくつの磁気検出素子を配置できるかを表す数値、すなわち単位面積あたりに設置可能な磁気検出素子の個数と、軟磁性層の存在によって変化するエンハンス率との関係により定まる、磁気検出素子と共に軟磁性層を配置することのメリットを表すものである。

【0045】

$$(F O M) = (\text{エンハンス率}) * (\text{単位面積あたりに設置可能な磁気検出素子の個数})^{0.5} \quad \dots \dots (6)$$

【0046】

このように定義される指数 $F O M$ とアスペクト比との関係を図 5 C に示す。図 5 C において、横軸はアスペクト比 $L X / L Y$ [-] を表し、縦軸は指数 $F O M$ [a r b .] を表す。図 5 C に示したように、アスペクト比が 3 以上 20 以下である場合に、高い指数 $F O M$ が得られることがわかった。すなわち、磁場検出装置 1 では、アスペクト比が 3 以上 20 以下である場合に、より良好な分解能が得られることがわかった。

【0047】

[3 . 2 実験例 2 - 1 ~ 2 - 6]

次に、間隔 $X G$ を $10 \mu m$ としたことを除き、他は実験例 1 - 1 ~ 1 - 6 と同様の条件で実験例 1 - 1 ~ 1 - 6 と同様の評価をおこなった。その結果を図 6 A ~ 図 6 C にそれぞれ示す。なお、図 6 A ~ 図 6 C はそれぞれ図 5 A ~ 図 5 C に対応する結果である。

【0048】

図 6 A ~ 図 6 C に示したように、実験例 2 - 1 ~ 2 - 6 においてもアスペクト比が 3 以

10

20

30

40

50

上 20 以下である場合に、より良好な分解能が得られることがわかった。

【0049】

[3.3 実験例 3 - 1 ~ 3 - 6]

次に、幅 LY1 および幅 LY2 を 100 μm とし、長さ LX1 および長さ LX2 を実験例 3 - 1 では 100 μm、実験例 3 - 2 では 300 μm、実験例 3 - 3 では 1000 μm、実験例 3 - 4 では 2000 μm、実験例 3 - 5 では 4000 μm、実験例 3 - 6 では 14000 μm とし、間隔 XG を 50 μm としたことを除き、他は実験例 1 - 1 ~ 1 - 6 と同様の条件で実験例 1 - 1 ~ 1 - 6 と同様の評価をおこなった。その結果を図 7A ~ 図 7C にそれぞれ示す。なお、図 7A ~ 図 7C はそれぞれ図 5A ~ 図 5C に対応する結果である。

10

【0050】

図 7A ~ 図 7C に示したように、実験例 3 - 1 ~ 3 - 6 においてもアスペクト比が 3 以上 20 以下である場合に、より良好な分解能が得られることがわかった。

【0051】

< 4. その他の変形例 >

以上、いくつかの実施の形態および変形例を挙げて本発明を説明したが、本発明はこれらの実施の形態等に限定されるものではなく、種々の変形が可能である。例えば、各図面では、軟磁性層 11 の寸法と軟磁性層 12 の寸法とが実質的に同じである場合を示したが、両者が互いに異なるようにしてもよい。また、本発明は、図 1C に示したように、幅 LY3 が幅 LY1 および幅 LY2 の双方と同等以下である場合に限定されない。本発明は、幅 LY3 が幅 LY1 もしくは幅 LY2 のいずれか一方と同等以下である場合、または幅 LY3 が幅 LY1 および幅 LY2 の双方よりも大きい場合も含む概念である。

20

【0052】

また、上記実施の形態等では、図 1B に示したように磁気検出素子 20 およびリード 21, 22 の全てが軟磁性層 11, 12 と同じ階層に存在する場合について説明したが、本発明はこれに限定されるものではない。本発明は、例えば図 8A に示した磁場検出装置 1B のように、磁気検出素子 20 およびリード 21, 22 の全てが軟磁性層 11, 12 と異なる階層に存在するものも含む。磁場検出装置 1B では、軟磁性層 11, 12 とリード 21 とのギャップ ZG は例えば 10 μm 以下である。また、本発明では、例えば図 8B に示した磁場検出装置 1C のように、磁気検出素子 20 のみが軟磁性層 11, 12 と同じ階層に存在し、リード 21, 22 が軟磁性層 11, 12 と異なる階層に存在するようにしてもよい。さらに本発明では、例えば図 8C に示した磁場検出装置 1D のように、軟磁性層 11 と軟磁性層 12 とが互いに異なる階層に存在するようにしてもよい。

30

【0053】

また上記実施の形態等では、磁気検出素子としてスピンバルブ構造を有する CPP 型 MR 素子を例示して説明したが、本発明はこれに限定されるものではない。磁気検出素子として例えば CIP (Current in Plane) 型 MR 素子や磁気トンネル接合 (MTJ 素子) 素子を用いてもよいし、MR 素子以外の、感磁方向が X 軸方向である磁気検出素子 (例えばホール素子) などのセンサを用いてもよい。

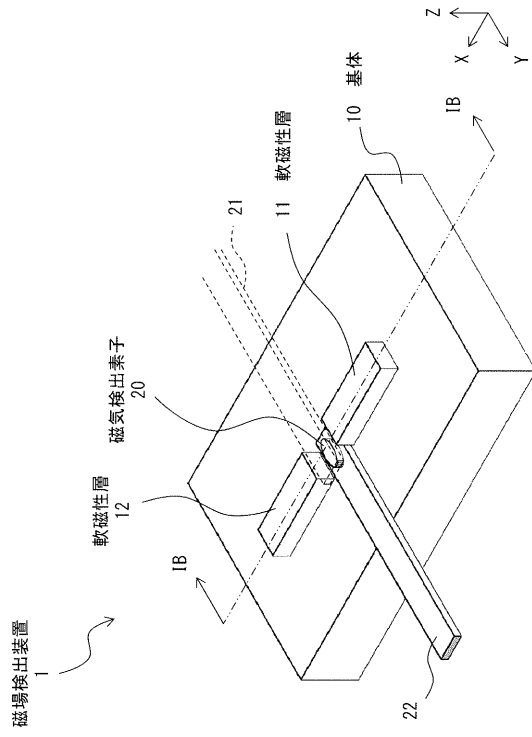
40

【符号の説明】

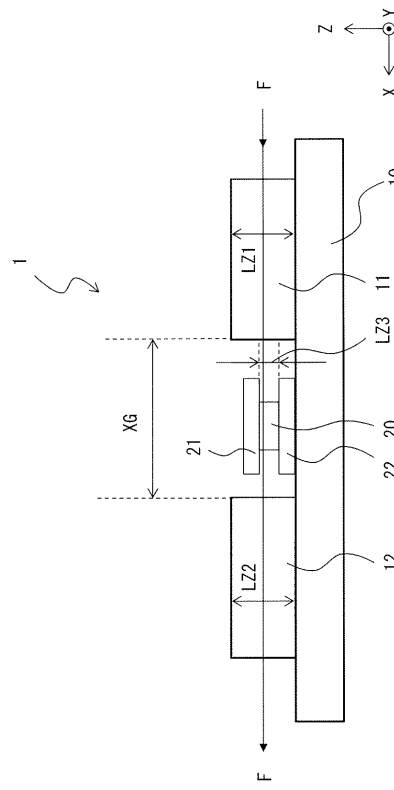
【0054】

1, 1A ~ 1D ... 磁場検出装置、10 ... 基体、11, 12 ... 軟磁性層、20 ... 磁気検出素子、21 ~ 22 ... リード。

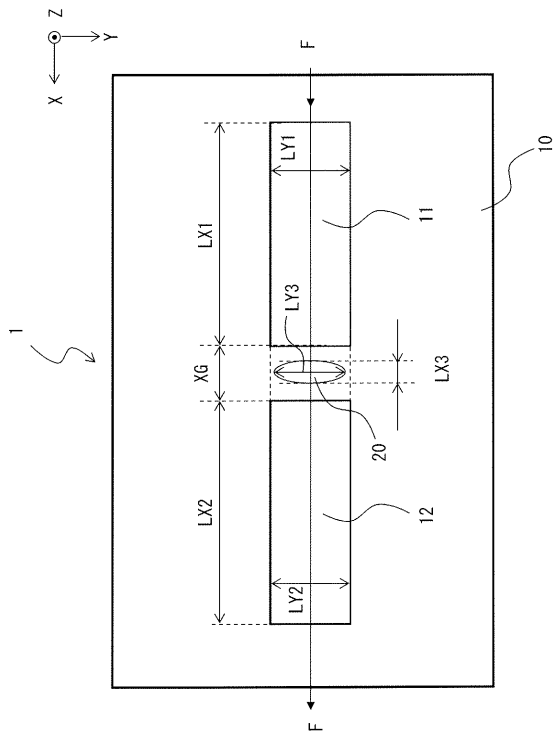
【 図 1 A 】



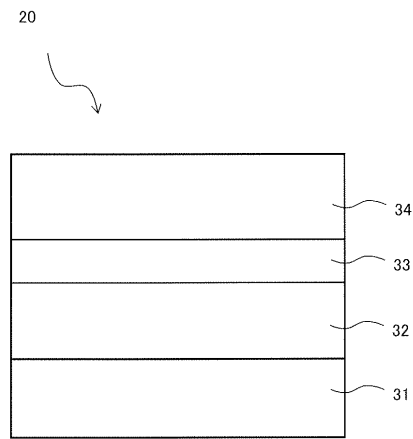
【 図 1 B 】



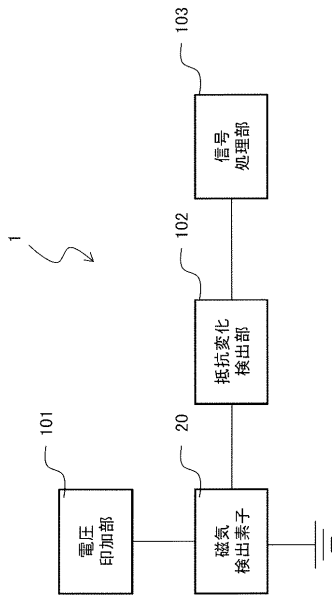
【 図 1 C 】



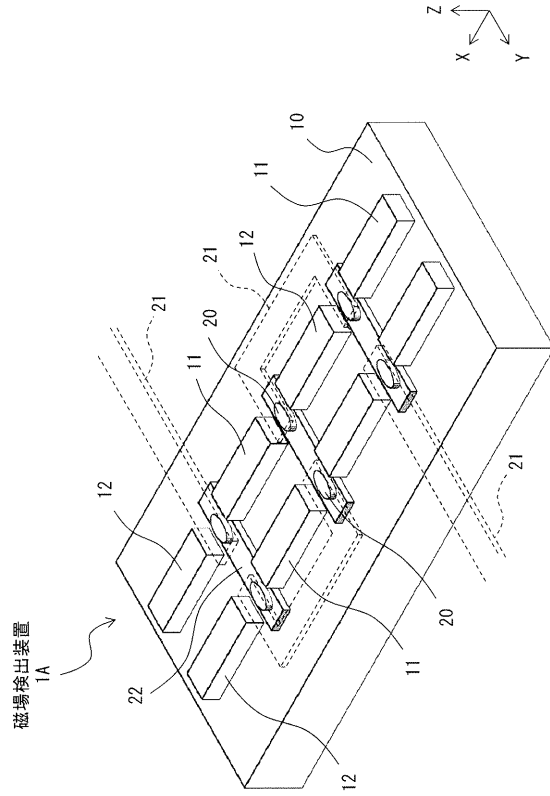
【 図 2 】



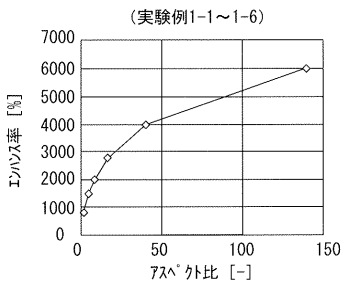
【 図 3 】



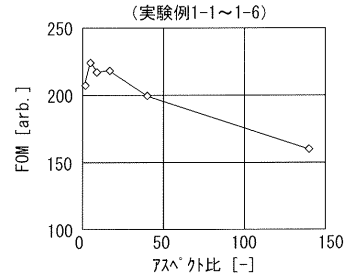
【 図 4 】



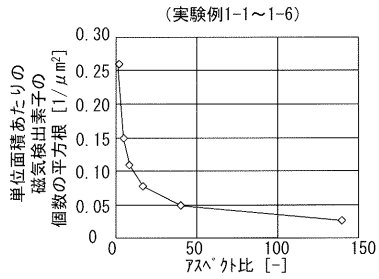
【 図 5 A 】



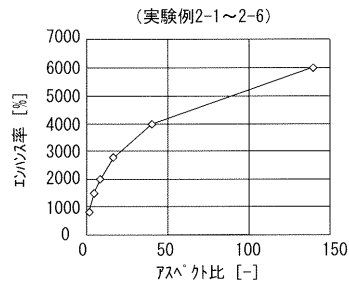
【 図 5 C 】



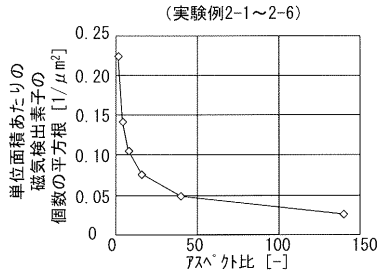
【 図 5 B 】



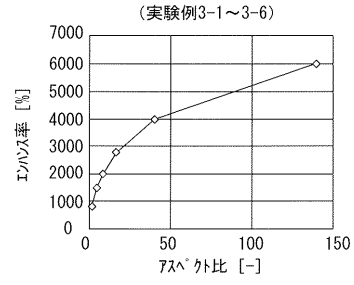
【 図 6 A 】



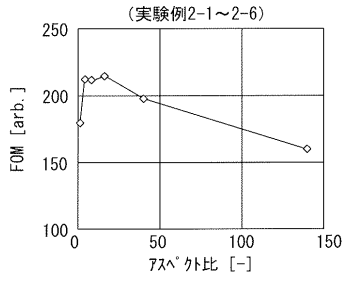
【図 6 B】



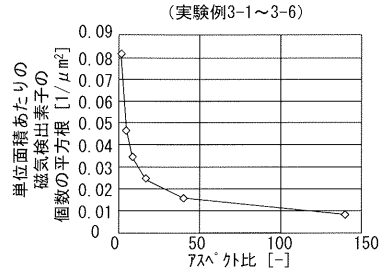
【図 7 A】



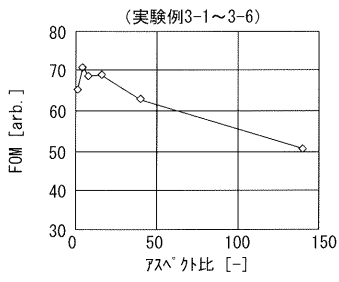
【図 6 C】



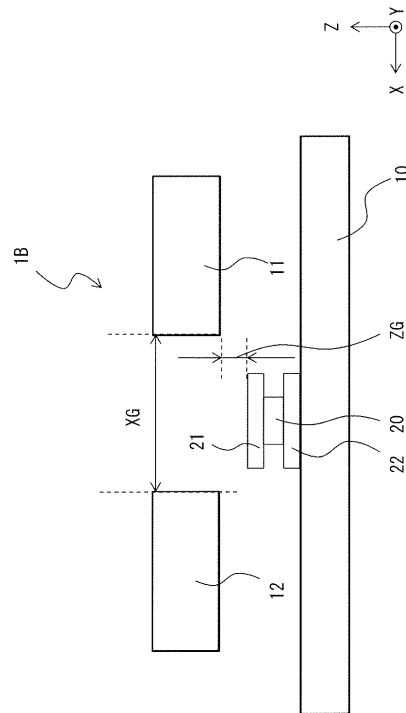
【図 7 B】



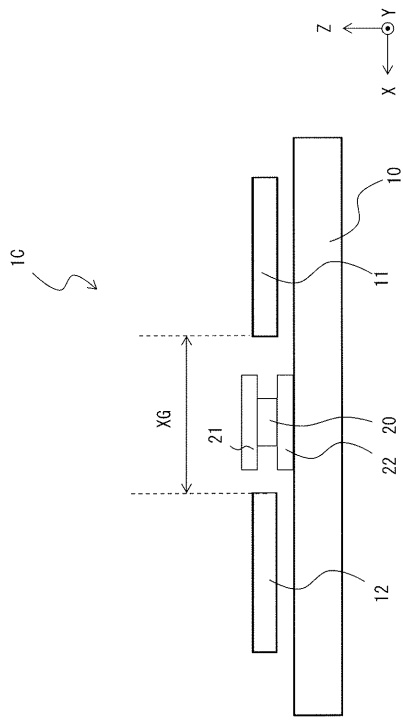
【図 7 C】



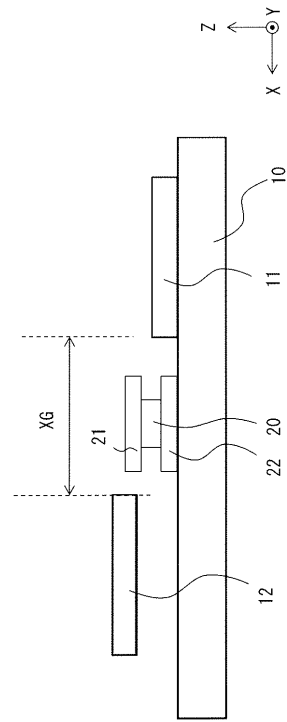
【図 8 A】



【 図 8 B 】



【 図 8 C 】



フロントページの続き

(72)発明者 本間 康平

東京都港区芝浦三丁目9番1号 TDK株式会社内

(72)発明者 平林 啓

東京都港区芝浦三丁目9番1号 TDK株式会社内

Fターム(参考) 2G017 AA02 AA10 AC07 AD53 AD55 AD63

5F092 AB01 AC02 AC08 AC12 AD03 AD06 BB17 BB22 BB23 BB31

BB33 BB34 BB35 BB36 BB42 BB43 BB55 BC04 BC42 FA08