

(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2015-82633

(P2015-82633A)

(43) 公開日 平成27年4月27日(2015.4.27)

(51) Int.Cl.		F I	テーマコード (参考)	
HO 1 L	43/12	(2006.01)	HO 1 L 43/12	2 F 0 7 7
HO 1 L	43/08	(2006.01)	HO 1 L 43/08	Z 2 G 0 1 7
HO 1 L	43/10	(2006.01)	HO 1 L 43/10	5 F 0 9 2
GO 1 R	33/09	(2006.01)	GO 1 R 33/06	R
GO 1 D	5/16	(2006.01)	GO 1 D 5/16	M

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2013-221133 (P2013-221133)
 (22) 出願日 平成25年10月24日 (2013.10.24)

(71) 出願人 000002233
 日本電産サンキョー株式会社
 長野県諏訪郡下諏訪町5329番地
 (74) 代理人 100090170
 弁理士 横沢 志郎
 (74) 代理人 100125690
 弁理士 小平 晋
 (74) 代理人 100142619
 弁理士 河合 徹
 (74) 代理人 100153316
 弁理士 河口 伸子
 (72) 発明者 八幡 亮一
 長野県諏訪郡下諏訪町5329番地 日本電産サンキョー株式会社内

最終頁に続く

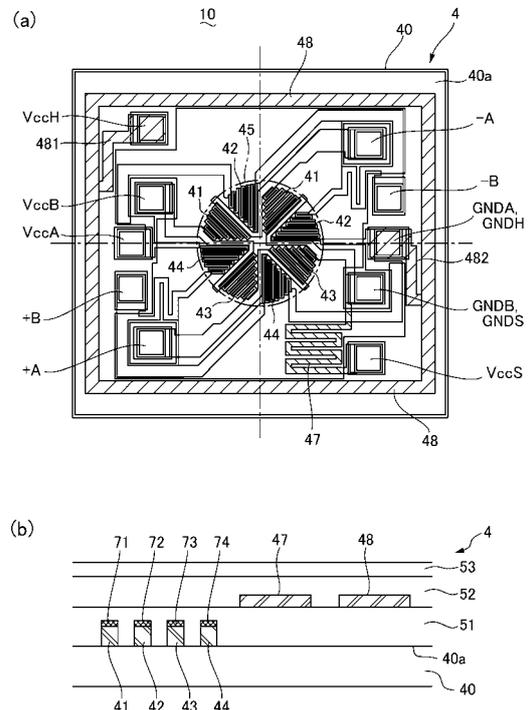
(54) 【発明の名称】 磁気抵抗素子、磁気センサ装置および磁気抵抗素子の製造方法

(57) 【要約】

【課題】バリア層によって磁気抵抗膜表面の酸化を防止した場合でも、磁気抵抗効果による抵抗変化率が高い磁気抵抗素子、該磁気抵抗素子を備えた磁気センサ装置、および当該磁気抵抗素子の製造方法を提供すること。

【解決手段】磁気抵抗素子4では、磁気抵抗膜41~44が形成された基板40に、チタンやアルミニウム等からなる温度監視用抵抗膜47および加熱用抵抗膜48が形成されている。また、磁気抵抗膜41~44に対しては基板40と反対側の面には、チタンやアルミニウム等からなるバリア層71~74が積層されており、バリア層71~74は、磁気抵抗膜41~44より膜厚が薄い。かかる構成の磁気抵抗素子4は、磁気抵抗膜を形成した後、磁気抵抗膜を酸化性雰囲気と接触させずに、磁気抵抗膜の表面にバリア層を積層し、その後、磁気抵抗膜およびバリア層をパターニングする。

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

基板と、
前記基板の一方面側に形成された磁気抵抗膜と、
該磁気抵抗膜の前記基板と反対側の面に当該磁気抵抗膜と同一パターンをもって積層され、当該磁気抵抗膜より膜厚が薄い非磁性金属膜からなるバリア層と、
を有することを特徴とする磁気抵抗素子。

【請求項 2】

前記バリア層の厚さは、0.5 nm から 2.0 nm であることを特徴とする請求項 1 に記載の磁気抵抗素子。

【請求項 3】

前記バリア層の厚さは、1.0 nm であることを特徴とする請求項 2 に記載の磁気抵抗素子。

【請求項 4】

前記バリア層は、アルミニウムまたはチタンを主成分とすることを特徴とする請求項 1 乃至 3 の何れか一項に記載の磁気抵抗素子。

【請求項 5】

前記バリア層は、アルミニウムを主成分とすることを特徴とする請求項 4 に記載の磁気抵抗素子。

【請求項 6】

前記基板には、前記バリア層と同一の金属材料からなる機能層が形成されていることを特徴とする請求項 1 乃至 5 の何れか一項に記載の磁気抵抗素子。

【請求項 7】

前記磁気抵抗膜の厚さは、10 nm から 80 nm であることを特徴とする請求項 1 乃至 6 の何れか一項に記載の磁気抵抗素子。

【請求項 8】

請求項 1 乃至 7 の何れか一項に記載の磁気抵抗素子を備えていることを特徴とする磁気センサ装置。

【請求項 9】

基板の一方面側に磁気抵抗膜を形成する磁気抵抗膜形成工程と、
前記磁気抵抗膜を酸化性雰囲気と接触させずに前記磁気抵抗膜の表面に当該磁気抵抗膜より膜厚が薄い非磁性金属膜からなるバリア層を形成するバリア層形成工程と、
前記バリア層の表面にエッチングマスクを形成するマスク形成工程と、
前記バリア層の表面に前記エッチングマスクを形成した状態で前記磁気抵抗膜および前記バリア層をエッチングするエッチング工程と、
前記エッチングマスクを除去するエッチングマスク除去工程と、
を有することを特徴とする磁気抵抗素子の製造方法。

【請求項 10】

前記磁気抵抗膜形成工程を真空チャンバ内で行った後、当該真空チャンバ内に酸化性ガスを導入せずに当該真空チャンバ内で前記バリア層形成工程を行うことを特徴とする請求項 9 に記載の磁気抵抗素子の製造方法。

【請求項 11】

前記磁気抵抗膜形成工程を行った後、
非酸化雰囲気中で前記磁気抵抗膜形成工程での前記磁気抵抗膜の成膜温度より高い温度で当該磁気抵抗膜を加熱するアニール工程を行うことを特徴とする請求項 9 または 10 に記載の磁気抵抗素子の製造方法。

【請求項 12】

前記アニール工程は、前記エッチングマスク除去工程の後に行うことを特徴とする請求項 9 乃至 11 の何れか一項に記載の磁気抵抗素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

10

20

30

40

50

【技術分野】

【0001】

本発明は、基板に磁気抵抗膜が形成された磁気抵抗素子、該磁気抵抗素子を備えた磁気センサ装置、および当該磁気抵抗素子の製造方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

固定体に対する回転体の回転を検出するロータリエンコーダでは、例えば、回転体の側にマグネットを設け、固定体の側に磁気抵抗素子を備えた磁気センサ装置が設けられる。かかる磁気抵抗素子では、基板の一方面にNi-Fe等からなる磁気抵抗膜が形成されており、磁気抵抗膜によって構成した2相(A相およびB相)のブリッジ回路から出力された出力に基づいて、回転体の角度速度や角度位置等を検出する(例えば、特許文献1参照)。

10

【0003】

かかる磁気抵抗素子を製造するには、真空チャンバ内で基板を加熱した状態で基板の一方面に磁気抵抗膜を形成した後、磁気抵抗膜をパターニングする。かかる製造方法において、磁気抵抗膜の表面が空気と接触して酸化すると、酸化膜の厚さ分、磁気抵抗膜が薄くなってしまい、磁気抵抗効果による抵抗変化率が低下してしまう。特に、磁気抵抗素子の感度を高めるには、磁気抵抗膜を薄く形成するため、酸化膜の形成に起因する抵抗変化率の低下は大きな問題となってしまふ。そこで、真空チャンバ内に窒素ガスを導入して磁気抵抗膜の温度や真空チャンバ内の温度を低下させてから、真空チャンバを大気開放し、基板を真空チャンバから取り出している。しかしながら、上記の方法を採用しても、磁気抵抗膜の表面が酸化することを十分に防止することができない。

20

【0004】

一方、磁気抵抗膜のパターニングに用いたレジストマスクを酸素ガスと窒素ガスとの混合ガスを用いたプラズマアッシングにより除去する際に磁気抵抗膜の表面が酸化することを防止する技術が提案されている。かかる技術では、Ni-Co、Ni-Fe等の磁気抵抗膜の表面に非磁性金属からなるバリア層を積層した後、レジストマスクを形成し、磁気抵抗膜およびバリア層を一括してパターニングする(特許文献2参照)。また、特許文献2では、磁気抵抗膜の膜厚とバリア層の膜厚とが同等であるため、バリア層にMo-Si、Ti-W、Ti-N等を用いることにより、バリア層の抵抗を磁気抵抗膜の抵抗より大

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2012-118000号公報

【特許文献2】特開2009-105208号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、特許文献2に記載の構成のように、磁気抵抗膜の膜厚とバリア層の膜厚とが同等である場合、バリア層として、比抵抗値が大きな非磁性金属を用いる必要がある等、制約が大きい。また、バリア層の膜厚が厚い場合には、非抵抗値が大きな非磁性金属材料によってバリア層を形成しても、バリア層の抵抗が小さくなってしまい、磁気抵抗効果による抵抗変化率が低下してしまう。

40

【0007】

以上の問題点に鑑みて、本発明の課題は、バリア層によって磁気抵抗膜表面の酸化を防止した場合でも、磁気抵抗効果による抵抗変化率が高い磁気抵抗素子、該磁気抵抗素子を備えた磁気センサ装置、および当該磁気抵抗素子の製造方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

50

上記の課題を解決するために、本発明に係る磁気抵抗素子は、基板と、前記基板の一方側面に形成された磁気抵抗膜と、該磁気抵抗膜の前記基板と反対側の面に当該磁気抵抗膜と同一パターンをもって積層され、当該磁気抵抗膜より膜厚が薄い非磁性金属膜からなるバリア層と、を有することを特徴とする。

【0009】

本発明に係る磁気抵抗素子の製造方法は、基板の一方側面に磁気抵抗膜を形成する磁気抵抗膜形成工程と、前記磁気抵抗膜を酸化性雰囲気と接触させずに前記磁気抵抗膜の表面に当該磁気抵抗膜より膜厚が薄い非磁性金属膜からなるバリア層を形成するバリア層形成工程と、前記バリア層の表面にエッチングマスクを形成するマスク形成工程と、前記バリア層の表面に前記エッチングマスクを形成した状態で前記磁気抵抗膜および前記バリア層をエッチングするエッチング工程と、前記エッチングマスクを除去するエッチングマスク除去工程と、を有することを特徴とする。

10

【0010】

本発明では、磁気抵抗膜を形成した後、磁気抵抗膜を酸化性雰囲気と接触させずに、磁気抵抗膜の表面にバリア層を積層し、この状態で、磁気抵抗膜およびバリア層を形成する。このため、磁気抵抗膜の表面が酸化することを防止することができる。このため、抵抗変化率を向上することができる。また、バリア層の膜厚は、磁気抵抗膜の膜厚よりも薄いため、バリア層に用いる非磁性材料に大きな制約を加えなくても、バリア層の抵抗が大きい。このため、磁気抵抗膜にバリア層を積層した場合でも、抵抗変化率への悪影響を防止することができ、酸化防止に起因する利点を活かすことができる。それ故、バリア層によって磁気抵抗膜表面の酸化を防止した場合でも、磁気抵抗効果による抵抗変化率が高い磁気抵抗素子を得ることができる。

20

【0011】

本発明において、前記バリア層の厚さは、0.5 nmから2.0 nmであることが好ましい。本発明において、前記バリア層の厚さは、1.0 nmであることが好ましい。かかる膜厚であれば、バリア層に用いる非磁性材料の種類にかかわらず、バリア層の抵抗が大きい。このため、磁気抵抗膜にバリア層を積層した場合でも、抵抗変化率への悪影響を防止することができ、酸化防止に起因する利点を活かすことができる。

【0012】

本発明において、前記バリア層は、アルミニウムまたはチタンを主成分とすることが好ましい。

30

【0013】

本発明において、前記バリア層は、アルミニウムを主成分とすることが好ましい。かかる構成によれば、比較的安価な非磁性金属によってバリア層を形成することができる。

【0014】

本発明において、前記基板には、前記バリア層と同一の金属材料からなる機能層が形成されていることが好ましい。かかる構成によれば、バリア層を追加しても、基板上に形成する金属材料の種類が変わらない。従って、機能層の形成に用いたターゲットを用いてバリア層を形成することができる。

【0015】

本発明において、前記磁気抵抗膜の厚さは、10 nmから80 nmであることが好ましい。

40

【0016】

本発明を適用した磁気抵抗素子は、磁気センサ装置等に用いられる。

【0017】

本発明において、前記磁気抵抗膜形成工程を真空チャンバ内で行った後、当該真空チャンバ内に酸化性ガスを導入せずに当該真空チャンバ内で前記バリア層形成工程を行うことが好ましい。

【0018】

本発明において、前記磁気抵抗膜形成工程を行った後、非酸化雰囲気中で前記磁気抵抗

50

膜形成工程での前記磁気抵抗膜の成膜温度より高い温度で当該磁気抵抗膜を加熱するアニール工程を行うことが好ましい。かかる構成によれば、抵抗変化率を向上することができる。また、バリア層がない状態でアニール工程を行うと、抵抗変化率にヒステリシスが発生するが、本発明では、バリア層が設けられているため、アニール工程によって抵抗変化率を向上させても、抵抗変化率にヒステリシスが発生することを抑制することができる。

【0019】

本発明において、前記アニール工程は、前記エッチングマスク除去工程の後に行うことが好ましい。かかる構成によれば、磁気抵抗膜の上層にバリア層を形成し、かつ、磁気抵抗膜およびバリア層をパターンングした後にアニール工程を行うので、磁気抵抗膜の歪等を効率よく減少させることができる。

【発明の効果】

【0020】

本発明では、磁気抵抗膜を形成した後、磁気抵抗膜を酸化性雰囲気と接触させずに、磁気抵抗膜の表面にバリア層を積層し、この状態で、磁気抵抗膜およびバリア層を形成する。このため、磁気抵抗膜の表面が酸化することを防止することができる。このため、抵抗変化率を向上することができる。また、バリア層の膜厚は、磁気抵抗膜の膜厚よりも薄いため、バリア層に用いる非磁性材料に大きな制約を加えなくても、バリア層の抵抗が大きい。このため、磁気抵抗膜にバリア層を積層した場合でも、磁気抵抗効果による抵抗変化率の低下を抑制することができる。

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】本発明を適用した磁気抵抗素子を備えた磁気センサ装置、およびロータリエンコーダの原理を示す説明図である。

【図2】本発明を適用した磁気抵抗素子の磁気抵抗膜の電気的な接続構造の説明図である。

【図3】本発明を適用した磁気抵抗素子の説明図である。

【図4】本発明を適用した磁気抵抗素子の製造方法を示す工程断面図である。

【図5】本発明を適用した磁気センサ装置の制御部に構成した温度制御部の概略構成を示す説明図である。

【図6】本発明を適用した磁気抵抗素子の抵抗変化率に関する評価結果を示すグラフである。

【図7】本発明を適用した磁気抵抗素子の磁気抵抗効果のヒステリシスを示すグラフである。

【図8】比較例に係る磁気抵抗素子の磁気抵抗効果のヒステリシスを示すグラフである。

【図9】本発明を適用した別の磁気抵抗素子の磁気抵抗効果のヒステリシスを示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0022】

以下に、図面を参照して、本発明を適用した磁気抵抗素子、磁気センサ装置、およびロータリエンコーダの実施の形態を説明する。なお、ロータリエンコーダにおいて、固定体に対する回転体の回転を検出するにあたっては、固定体にマグネットを設け、回転体に磁気抵抗素子を設けた構成、および固定体に磁気抵抗素子を設け、回転体にマグネットを設けた構成のいずれの構成を採用してもよいが、以下の説明では、固定体に磁気センサ装置を設け、回転体にマグネットを設けた構成を中心に説明する。

【0023】

(磁気センサ装置の構成)

図1は、本発明を適用した磁気抵抗素子4を備えた磁気センサ装置10、およびロータリエンコーダ1の原理を示す説明図であり、図1(a)、(b)、(c)は磁気抵抗素子4等に対する信号処理系の説明図、磁気抵抗素子4から出力される信号の説明図、およびかかる信号と回転体2の角度位置(電気角)との関係を示す説明図である。図2は、本発

10

20

30

40

50

明を適用した磁気抵抗素子 4 の磁気抵抗膜 4 1 ~ 4 4 の電気的な接続構造の説明図である。

【 0 0 2 4 】

図 1 に示すロータリエンコーダ 1 は、固定体（図示せず）に対する回転体 2 の軸線周り（回転軸線周り）の回転を磁気センサ装置 1 0 によって磁気的に検出する装置であり、固定体は、モータ装置のフレーム等に固定され、回転体 2 は、モータ装置の回転出力軸等に連結された状態で使用される。回転体 2 の側には、N 極と S 極とが周方向において 1 極ずつ着磁された着磁面 2 1 を回転軸線方向 L の一方側に向けるマグネット 2 0 が保持されており、マグネット 2 0 は回転体 2 と一体に回転軸線周りに回転する。

【 0 0 2 5 】

固定体の側には、マグネット 2 0 の着磁面 2 1 に対して回転軸線方向 L の一方側で対向する磁気抵抗素子 4、および後述する処理を行う制御部 9 0 等を備えた磁気センサ装置 1 0 が設けられている。また、磁気センサ装置 1 0 は、マグネット 2 0 に対向する位置に、第 1 ホール素子 6 1 と、第 1 ホール素子 6 1 に対して周方向において機械角で 9 0 ° ずれた箇所に位置する第 2 ホール素子 6 2 とを備えている。

【 0 0 2 6 】

磁気抵抗素子 4 は、基板 4 0 と、マグネット 2 0 の位相に対して互いに 9 0 ° の位相差を有する 2 相の磁気抵抗膜（A 相（SIN）の磁気抵抗膜、および B 相（COS）の磁気抵抗膜）とを備えた磁気抵抗素子である。かかる磁気抵抗素子 4 において、A 相の磁気抵抗膜は、1 8 0 ° の位相差をもって回転体 2 の移動検出を行う + A 相（SIN+）の磁気抵抗膜 4 3、および - A 相（SIN-）の磁気抵抗膜 4 1 を備えており、B 相の磁気抵抗膜は、1 8 0 ° の位相差をもって回転体 2 の移動検出を行う + B 相（COS+）の磁気抵抗膜 4 4、および - B 相（COS-）の磁気抵抗膜 4 2 を備えている。

【 0 0 2 7 】

+ A 相の磁気抵抗膜 4 3 および - A 相の磁気抵抗膜 4 1 は、図 2（a）に示すブリッジ回路を構成しており、一方端が A 相用の電源端子 V c c A に接続され、他方端が A 相用のグランド端子 G N D A に接続されている。+ A 相の磁気抵抗膜 4 3 の中点位置には、+ A 相が出力される出力端子 + A が設けられ、- A 相の磁気抵抗膜 4 1 の中点位置には、- A 相が出力される出力端子 - A が設けられている。また、+ B 相の磁気抵抗膜 4 4 および - B 相の磁気抵抗膜 4 2 も、+ A 相の磁気抵抗膜 4 4 および - A 相の磁気抵抗膜 4 1 と同様、図 2（b）に示すブリッジ回路を構成しており、一方端が B 相用の電源端子 V c c B に接続され、他方端が B 相用のグランド端子 G N D B に接続されている。+ B 相の磁気抵抗膜 4 4 の中点位置には、+ B 相が出力される出力端子 + B が設けられ、- B 相の磁気抵抗膜 4 2 の中点位置には、- B 相が出力される出力端子 - B が設けられている。なお、図 2 では便宜上、A 相用の電源端子 V c c A および B 相用の電源端子 V c c B の各々を記載したが、A 相用の電源端子 V c c A と B 相用の電源端子 V c c B とが共通になっていてもよい。また、図 2 では便宜上、A 相用のグランド端子 G N D A および B 相用のグランド端子 G N D B の各々を記載したが、A 相用のグランド端子 G N D A と B 相用のグランド端子 G N D B とが共通になっていてもよい。

【 0 0 2 8 】

本形態の磁気センサ装置 1 0 およびロータリエンコーダ 1 において、磁気抵抗素子 4、第 1 ホール素子 6 1、および第 2 ホール素子 6 2 に対しては、増幅回路 9 1、9 2、9 5、9 6 や、これらの増幅回路 9 1、9 2、9 5、9 6 から出力される正弦波信号 \sin 、 \cos に補間処理や各種演算処理を行う CPU（演算回路）等を備えた制御部 9 0 が構成されており、磁気抵抗素子 4、第 1 ホール素子 6 1、および第 2 ホール素子 6 2 からの出力に基づいて、固定体に対する回転体 2 の回転角度位置が求められる。

【 0 0 2 9 】

より具体的には、ロータリエンコーダ 1 において、回転体 2 が 1 回転すると、磁気抵抗素子 4 からは、図 1（b）に示す正弦波信号 \sin 、 \cos が 2 周期分、出力される。従って、正弦波信号 \sin 、 \cos を増幅回路 9 1、9 2 により増幅した後、制御部 9 0 に

10

20

30

40

50

において、図 1 (c) に示すリサージュ図を求め、正弦波信号 \sin 、 \cos から $\theta = \tan^{-1}(\sin / \cos)$ を求めれば、回転出力軸の角度位置 θ が分かる。また、本形態では、マグネット 20 の中心からみて 90° ずれた位置に第 1 ホール素子 61 および第 2 ホール素子 62 が配置されている。このため、第 1 ホール素子 61 および第 2 ホール素子 62 の出力の組合せにより、現在位置が正弦波信号 \sin 、 \cos のいずれの区間に位置するかが分かる。従って、ロータリエンコーダ 1 は、磁気抵抗素子 4 での検出結果、第 1 ホール素子 61 での検出結果、および第 2 ホール素子 62 での検出結果に基づいて回転体 2 の絶対角度位置情報を生成することができ、アブソリュート動作を行うことができる。

【 0030 】

(磁気抵抗素子 4 の平面構成)

図 3 は、本発明を適用した磁気抵抗素子 4 の説明図であり、図 3 (a)、(b) は磁気抵抗素子 4 の平面構成を示す説明図、および断面構成を示す説明図である。なお、図 3 (b) では、磁気抵抗膜 41 ~ 44、温度監視用抵抗膜 47 (機能層)、および加熱用抵抗膜 48 (機能層) の層構造を模式的に示してある。また、図 3 (a) では、温度監視用抵抗膜 47 については右下がりの斜線を付し、加熱用抵抗膜 48 については右上がりの斜線を付してある。

10

【 0031 】

図 3 (a) に示すように、本形態の磁気センサ装置 10 およびロータリエンコーダ 1 において、磁気抵抗素子 4 は、基板 40 と、基板 40 の一方面 40a に形成された磁気抵抗膜 41 ~ 44 とを備えており、磁気抵抗膜 41 ~ 44 は、互いに折り返しながらか延在している部分によって、基板 40 の中央に円形の感磁領域 45 を構成している。本形態において、基板 40 は四角形の平面形状を有するシリコン基板である。

20

【 0032 】

磁気抵抗膜 41 ~ 44 からは配線部分が一体に延在しており、配線部分の端部には、A 相用の電源端子 V_{ccA} 、A 相用のグランド端子 GND_A 、+ A 相出力用の出力端子 + A、- A 相出力用の出力端子 - A、B 相用の電源端子 V_{ccB} 、B 相用のグランド端子 GND_B 、+ B 相出力用の出力端子 + B、および - B 相出力用の出力端子 - B が設けられている。

【 0033 】

また、本形態の磁気抵抗素子 4 では、基板 40 の一方面 40a 側に温度監視用抵抗膜 47 および加熱用抵抗膜 48 が形成されている。ここで、加熱用抵抗膜 48 は、基板 40 の辺に沿って四角棒状に延在して閉ループを構成した状態で、磁気抵抗膜 41 ~ 44 が形成されている領域の全体を囲んでいる。このため、加熱用抵抗膜 48 と磁気抵抗膜 41 ~ 44 とは、基板 40 の面内方向でずれた領域に形成されており、平面視で重なっていない。また、加熱用抵抗膜 48 の相対向する 2 つの辺部分の一方からは配線部分 481 が延在し、その端部には、加熱用抵抗膜 48 に対する給電用の電源端子 V_{ccH} が形成されている。これに対して、2 つの辺部分の他方から延在する配線部分 482 の端部は、A 相用のグランド端子 GND_A に接続している。このため、A 相用のグランド端子 GND_A は、加熱用抵抗膜 48 に対するグランド端子 GND_H としても利用されている。ここで、配線部分 481 と加熱用抵抗膜 48 との接続位置と、配線部分 482 と加熱用抵抗膜 48 との接続位置は、感磁領域 45 に対して点対称位置にある。このため、配線部分 481 と加熱用抵抗膜 48 との接続位置から配線部分 482 と加熱用抵抗膜 48 との接続位置に向かって右回りした際の加熱用抵抗膜 48 の長さ、配線部分 481 と加熱用抵抗膜 48 との接続位置から配線部分 482 と加熱用抵抗膜 48 との接続位置に向かって左回りした際の加熱用抵抗膜 48 の長さが等しい。

30

40

【 0034 】

温度監視用抵抗膜 47 は、加熱用抵抗膜 48 の内側領域のうち、加熱用抵抗膜 48 の 4 つの角の 1 つの角付近に設けられており、感磁領域 45 と加熱用抵抗膜 48 との間に位置する。温度監視用抵抗膜 47 は、複数回、折り返しながらか延在した平面形状になっている。このため、占有面積が狭くても、温度監視用抵抗膜 47 を長く形成することができる。

50

ここで、温度監視用抵抗膜 47 は、磁気抵抗膜 44 の配線部分と部分的に重なっているが、感磁領域 45 とは基板 40 の面内方向でずれた領域に形成されており、感磁領域 45 とは重なっていない。温度監視用抵抗膜 47 一方の端部には、温度監視用の電源端子 V_{cc} が形成されている。また、温度監視用抵抗膜 47 の他方の端部は、B 相用のグランド端子 GND_B に接続している。このため、B 相用のグランド端子 GND_B は、温度監視用抵抗膜 47 に対するグランド端子 GND_S としても利用されている。

【0035】

(磁気抵抗素子 4 の断面構成)

図 3 (b) に示すように、本形態の磁気抵抗素子 4 において、基板 40 の一方面 40a には、シリコン酸化膜からなる第 1 絶縁膜 51、シリコン酸化膜からなる第 2 絶縁膜 52、およびポリイミド樹脂等からなる第 3 絶縁膜 53 が順に形成されている。

10

【0036】

ここで、磁気抵抗膜 41 ~ 44 は、基板 40 と第 1 絶縁膜 51 との層間に形成されている。温度監視用抵抗膜 47 および加熱用抵抗膜 48 は、第 1 絶縁膜 51 と第 2 絶縁膜 52 との層間に形成されている。このため、磁気抵抗膜 41 ~ 44 は、温度監視用抵抗膜 47 および加熱用抵抗膜 48 とは第 1 絶縁膜 51 を介して別の層に形成され、温度監視用抵抗膜 47 と加熱用抵抗膜 48 とは同一の層に形成されている。

【0037】

なお、磁気抵抗膜 41 ~ 44 および加熱用抵抗膜 48 が基板 40 と第 1 絶縁膜 51 との層間に形成され、温度監視用抵抗膜 47 が第 1 絶縁膜 51 と第 2 絶縁膜 52 との層間に形成されている構成等を採用してもよい。

20

【0038】

本形態において、磁気抵抗膜 41 ~ 44 は蒸着法により形成された $Ni-Fe$ 膜、 $Ni-Co$ 、 $Ni-Fe-Co$ 等の磁性膜である。温度監視用抵抗膜 47 および加熱用抵抗膜 48 はいずれも、蒸着法により形成された非磁性膜であり、チタン (Ti) 膜、 Ti 合金膜、アルミニウム (Al) 膜、 Al 合金膜等、チタンやアルミニウムを主成分とする膜からなる。本形態において、温度監視用抵抗膜 47 および加熱用抵抗膜 48 は Ti 膜からなる。

【0039】

(バリア層の構成)

図 3 (b) に示すように、本形態の磁気抵抗素子 4 において、磁気抵抗膜 41 ~ 44 の表面 (基板 40 と反対側の面) には、磁気抵抗膜 41 ~ 44 と同一パターンをもってバリア層 71 ~ 74 が積層されている。バリア層 71 ~ 74 は、磁気抵抗膜 41 ~ 44 より膜厚が薄い非磁性金属膜からなる。例えば、バリア層 71 ~ 74 は、温度監視用抵抗膜 47 および加熱用抵抗膜 48 と同様、 Ti 膜、 Ti 合金膜、 Al 膜、 Al 合金膜等、チタンやアルミニウムを主成分とする膜からなる。また、磁気抵抗膜 41 ~ 44 の厚さは、例えば、10 nm から 80 nm であり、バリア層 71 ~ 74 の厚さは、例えば、0.5 nm から 2.0 nm である。本形態において、バリア層 71 ~ 74 の厚さは 1.0 nm である。

30

【0040】

ここで、バリア層 71 ~ 74 は、図 4 を参照して説明する方法で磁気抵抗素子 4 を製造する際、磁気抵抗膜 41 ~ 44 の表面が酸化されることを防止する機能を有している。

40

【0041】

(磁気抵抗素子 4 の製造方法)

図 4 は、本発明を適用した磁気抵抗素子 4 の製造方法を示す工程断面図である。本形態の磁気抵抗素子 4 を製造するには、まず、図 4 (a) に示すように、基板 40 を準備した後、図 4 (b) に示す磁気抵抗膜形成工程において、基板 40 を蒸着用の真空チャンバ内に搬入する。次に、真空チャンバ内を真空状態とするとともに、基板 40 を 300 から 400 の温度、例えば、355 の温度に加熱し、この状態で、 $Ni-Fe$ 膜、 $Ni-Co$ 、 $Ni-Fe-Co$ 等の磁性膜からなる磁気抵抗膜 49 を蒸着法により形成する。磁気抵抗膜 49 の膜厚は、例えば、10 nm から 80 nm であり、本形態において、磁気抵

50

抗膜 49 の膜厚は 35 nm である。

【0042】

次に、図 4 (c) に示すバリア層形成工程では、磁気抵抗膜 49 を酸化性雰囲気と接触させずに磁気抵抗膜 49 の表面に磁気抵抗膜 49 より膜厚が薄い非磁性金属膜からなるバリア層 79 を蒸着法により形成する。より具体的には、磁気抵抗膜 49 を形成した真空チャンバの内部に大気（酸化性雰囲気）を導入せずに真空状態のままとするとともに、基板 40 を真空チャンバから搬出せずに、蒸着材料のみ変更し、磁気抵抗膜 49 の表面にバリア層 79 を形成する。

バリア層 71 ~ 74 は、チタンやアルミニウムを主成分とする膜からなる。また、バリア層 79 の厚さは、例えば、0.5 nm から 2.0 nm であり、本形態において、バリア層 79 の厚さは 1.0 nm である。

【0043】

次に、磁気抵抗膜 49 およびバリア層 79 を形成した基板 40 を真空チャンバから搬出した後、図 4 (d) に示すマスク形成工程を行う。マスク形成工程では、バリア層 79 の表面に感光性樹脂を塗布した後、露光、現像し、磁気抵抗膜 41 ~ 44 を形成すべき位置にレジストマスクからなるエッチングマスク 89 を形成する。

【0044】

次に、図 4 (e) に示すエッチング工程では、バリア層 79 の表面にエッチングマスク 89 を形成した状態で磁気抵抗膜 49 およびバリア層 79 をエッチングする。その結果、磁気抵抗膜 49 は磁気抵抗膜 41 ~ 44 にパターンニングされ、バリア層 79 はバリア層 71 ~ 74 にパターンニングされる。かかるエッチング工程では、ドライエッチングおよびウエットエッチングのいずれを用いてもよい。

【0045】

次に、図 4 (f) に示すエッチングマスク除去工程を行い、エッチングマスク 89 を除去する。かかるエッチングマスク除去工程では、酸素ガスを含むガスを利用したプラズマアッシング、およびウエットアッシングのいずれを用いてもよい。

【0046】

次に、図 3 (b) に示すように、シリコン酸化膜からなる第 1 絶縁膜 51 を形成した後、温度監視用抵抗膜 47 および加熱用抵抗膜 48 を形成し、その後、シリコン酸化膜からなる第 2 絶縁膜 52、およびポリイミド樹脂等からなる第 3 絶縁膜 53 を順に形成する。本形態では、温度監視用抵抗膜 47 および加熱用抵抗膜 48 を形成する際には、Ti 膜、Ti 合金膜、Al 膜、Al 合金膜等、チタンやアルミニウムを主成分とする膜を蒸着法により形成した後、レジストマスクを用いて、パターンニングする。

【0047】

また、本形態では、図 4 (b) に示す磁気抵抗膜形成工程を行った後、非酸化雰囲気中で磁気抵抗膜形成工程での磁気抵抗膜 49 の成膜温度より高い温度、例えば、385 の温度で約 30 分間、磁気抵抗膜 49 (磁気抵抗膜 41 ~ 44) を加熱するアニール工程を行うことが好ましい。本形態では、エッチングマスク除去工程を行った後、第 1 絶縁膜 51 を形成する前にアニール工程を行う。

【0048】

(磁気抵抗素子 4 の温度調節)

図 5 は、本発明を適用した磁気センサ装置 10 の制御部 90 に構成した温度制御部の概略構成を示す説明図である。

【0049】

図 5 に示すように、本形態の磁気センサ装置 10 の制御部 90 には、温度監視用抵抗膜 47 の抵抗変化に基づいて加熱用抵抗膜 48 への給電を制御する温度制御部が構成されている。より具体的には、温度監視用抵抗膜 47 の温度監視用の電源端子 VccS には抵抗 81 が接続されており、抵抗 81 において温度監視用抵抗膜 47 が接続されている側と反対側は電源端子 VccS0 に接続されている。温度監視用抵抗膜 47 において抵抗 81 が接続されている側と反対側には温度監視用のグランド端子 GND S が設けられており、温

10

20

30

40

50

度監視用抵抗膜47と抵抗81は、電源端子VccS0とグランド端子GND5との間で直列に接続されている。

【0050】

加熱用抵抗膜48の加熱用の電源端子VccHにはバイポーラトランジスタからなるスイッチング素子83が接続されており、スイッチング素子83において加熱用抵抗膜48が接続されている側と反対側は電源端子VccH0に接続されている。加熱用抵抗膜48においてスイッチング素子83が接続されている側と反対側には加熱用のグランド端子GNDHが設けられており、加熱用抵抗膜48とスイッチング素子83とは、電源端子VccH0とグランド端子GNDHとの間で直列に接続されている。

【0051】

ここで、温度監視用抵抗膜47と抵抗81との間は、オペアンプ82の一方の端子に入力されており、オペアンプ82の他方の端子にはスイッチング素子83をオンオフするための閾値となる電圧Voが入力されている。この状態で、基板40の温度が下がると、温度監視用抵抗膜47の抵抗値が低下し、抵抗81とで分圧された接続点の電圧が下がる。そのときオペアンプ82の他方の端子に入力されている閾値Voより低くなるとオペアンプ82がオン状態となりスイッチング素子83をオンするので加熱用抵抗膜48へ給電される。

【0052】

この状態で、基板40の温度が上がると、温度監視用抵抗膜47の抵抗値が上昇し、抵抗81との接続点の電圧が上昇する。そのときオペアンプ82の他方の端子に入力されている閾値Voより高くなるとオペアンプ82がオフ状態となりスイッチング素子83をオフするので加熱用抵抗膜48への給電が停止される。それ故、磁気抵抗素子4（磁気抵抗膜41～44）の温度は、温度監視用抵抗膜47および抵抗81の抵抗値等によって規定された所定の温度に維持される。

【0053】

（評価結果）

図6は、本発明を適用した磁気抵抗素子4の抵抗変化率に関する評価結果を示すグラフであり、図6(a)、(b)は、バリア層71～74としてアルミニウム膜を用いた場合のアルミニウム膜の膜厚と抵抗変化率（ R/R ）との関係を示すグラフ、およびバリア層71～74としてアルミニウム膜を用いた場合のアニール時間と抵抗変化率（ R/R ）との関係を示すグラフである。なお、図6(a)では、アニール工程を行わなかった場合の結果を点線L0で示し、アニール工程（温度＝385、時間＝約30分間）を行った場合の結果を実線L1で示してある。

【0054】

図7は、本発明を適用した磁気抵抗素子4の磁気抵抗効果のヒステリシスを示すグラフであり、図7(a)、(b)は、バリア層71～74として膜厚が1.0nmアルミニウム膜を用い、アニール工程を行わなかった場合のグラフ、およびバリア層71～74として膜厚が1.0nmアルミニウム膜を用い、アニール工程（温度＝385、時間＝約30分間）を行った場合のグラフである。

【0055】

図8は、比較例に係る磁気抵抗素子4の磁気抵抗効果のヒステリシスを示すグラフであり、図8(a)、(b)は、バリア層71～74を形成せずにアニール工程を行わなかった場合のグラフ、およびバリア層71～74を形成せずにアニール工程（温度＝385、時間＝約30分間）を行った場合のグラフである。

【0056】

図9は、本発明を適用した別の磁気抵抗素子4の磁気抵抗効果のヒステリシスを示すグラフであり、バリア層71～74として膜厚が1.0nmチタン膜を用い、アニール工程（温度＝385、時間＝約30分間）を行った場合のグラフである。

【0057】

なお、抵抗変化率（ R/R ）は、磁束密度が0mTのときの抵抗値を基準にしてある

10

20

30

40

50

。また、図7、図8および図9は、磁束密度を0 mT、-15 mT、0 mT、+15 mT、0 mTに変化させたときの抵抗変化率(R/R)を示してある。

【0058】

まず、図6(a)から分かるように、バリア層71~74を設けた場合、アニール工程の有無にかかわらず、バリア層71~74を設けない場合(A1膜膜厚が0 nm)に比して抵抗変化率(R/R)が大きくなる。但し、バリア層71~74が厚すぎると、抵抗変化率(R/R)が低下していくことから、バリア層71~74の厚さは、0.5 nmから2.0 nm、特に、1.0 nmであることが好ましい。

【0059】

また、バリア層71~74を設けた場合、およびバリア層71~74を設けない場合のいずれにおいても、アニール工程を行った場合、抵抗変化率(R/R)がアニール工程を行わない場合に比して大きくなる。但し、バリア層71~74が厚すぎる場合にアニール工程を行うと、抵抗変化率(R/R)がアニール工程を行わない場合に比して抵抗変化率(R/R)が低下していくことから、バリア層71~74の厚さが0.5 nmから2.0 nmの場合にアニール工程を行うことが好ましい。

10

【0060】

また、アニール温度が385 の場合、アニール工程の時間は、0分から30分までは、時間が長い程、抵抗変化率(R/R)が大きくなるが、30分を超えると、時間を長くしても抵抗変化率(R/R)は一定である。従って、アニール工程の時間は30分が好ましい。

20

【0061】

また、図7(a)、(b)に示すように、バリア層71~74として膜厚が1.0 nmアルミニウム膜を用いた場合、アニール工程を行わなかった場合(図7(a)参照)、およびアニール工程(温度=385、時間=約30分間)を行った場合(図7(b)参照)のいずれにおいても、問題となるヒステリシスは発生しない。

【0062】

これに対して、図8(a)、(b)に示すように、バリア層71~74を設けなかった場合、アニール工程を行わなかった場合(図8(a)参照)では、問題となるヒステリシスは発生しないが、アニール工程(温度=385、時間=約30分間)を行った場合(図8(b)参照)、ヒステリシスが発生する。

30

【0063】

従って、バリア層71~74として膜厚が1.0 nmアルミニウム膜を用いた場合、アニール工程を行わなかった場合でも抵抗変化率(R/R)が向上するとともに、アニール工程を行うことにより、抵抗変化率(R/R)をさらに向上させても、問題となるヒステリシスは発生しない。

【0064】

なお、図9に示すように、バリア層71~74として膜厚が1.0 nmチタン膜を用い、アニール工程(温度=385、時間=約30分間)を行った場合でも、抵抗変化率(R/R)が大きく、問題となるヒステリシスは発生しない。

【0065】

40

(本形態の主な効果)

以上説明したように、本形態では、磁気抵抗膜49を形成した後、磁気抵抗膜49を酸化性雰囲気と接触させずに、磁気抵抗膜49の表面にバリア層79を積層し、その後、磁気抵抗膜49およびバリア層79をパターニングする。このため、磁気抵抗膜49(磁気抵抗膜41~44)の表面が酸化することを防止することができ、抵抗変化率を向上することができる。また、バリア層71~74の膜厚は、磁気抵抗膜41~44の膜厚よりも薄いため、バリア層71~74に用いる非磁性材料に大きな制約を加えなくても、バリア層71~74の抵抗が大きい。このため、磁気抵抗膜41~44にバリア層71~74を積層した場合でも、抵抗変化率への悪影響を防止することができ、酸化防止に起因する利点を活かすことができる。それ故、抵抗変化率が高い磁気抵抗素子4を得ることができる

50

。

【0066】

また、バリア層71～74を設ければ、アニール工程を利用して抵抗変化率の向上を図った場合でも、問題となるヒステリシスの発生を抑制することができる。

【0067】

また、バリア層71～74の厚さを0.5nmから2.0nmとした場合、バリア層71～74に用いる非磁性材料の種類にかかわらず、バリア層71～74の抵抗が大きい。このため、磁気抵抗膜41～44にバリア層71～74を積層した場合でも、抵抗変化率への悪影響を防止することができ、酸化防止に起因する利点を活かすことができる。特に、バリア層71～74の厚さが1.0nmである場合にはその効果が顕著である。

10

【0068】

また、バリア層71～74は、アルミニウムまたはチタンを主成分とすることが好ましい。かかる構成によれば、比較的安価な非磁性金属によってバリア層71～74を形成することができる。特に、バリア層71～74がアルミニウムである場合には、スパッタ時のターゲットが安価であるため、比較的安価な非磁性金属によってバリア層71～74を形成することができる。

【0069】

また、基板40には、バリア層71～74と同一の金属材料からなる機能層が形成されている場合には、バリア層71～74を追加しても、基板40上に形成する金属材料の種類が変わらない。従って、機能層の形成に用いた蒸着材料を用いてバリア層71～74を形成することができる。すなわち、基板40に機能層として形成した温度監視用抵抗膜47および加熱用抵抗膜48と、バリア層71～74とが同一の金属材料からなる場合、バリア層71～74を追加しても、蒸着材料を新規に準備する必要がないので、コストの増大を抑制することができる。

20

【0070】

また、本形態では、アニール工程をエッチングマスク除去工程の後に行う。このため、磁気抵抗膜41～44の上層にバリア層71～74を形成し、かつ、磁気抵抗膜49およびバリア層79をパターンニングした後にアニール工程を行うので、磁気抵抗膜の歪等を効率よく減少させることができる。それ故、アニール工程の効果が大きい。

【0071】

また、本形態の磁気センサ装置10では、磁気抵抗膜41～44が形成された基板40に、温度監視用抵抗膜47および加熱用抵抗膜48が形成されている。このため、設定温度との温度差や温度変化を温度監視用抵抗膜47の抵抗値によって監視し、その監視結果に基づいて加熱用抵抗膜48に給電し、磁気抵抗膜41～44を設定温度にまで加熱することができる。従って、各磁気抵抗膜41～44において、温度変化が発生した際の応力の影響に起因する抵抗変化率や、膜質の差に起因する抵抗変化率が相違している場合でも、設定温度で高い精度が得られるように、磁気抵抗膜41～44の抵抗バランスを設定しておけば、環境温度の変化が発生しても安定した検出精度を得ることができる。すなわち、温度変化が発生しても、図1(c)に示すリサージュ図の原点位置が移動しないので、回転体2の回転角度位置を精度よく検出することができる。

30

40

【0072】

(他の実施の形態)

上記実施の形態では、バリア層79(バリア層71～74)として、チタンやアルミニウムを主成分とする膜を例示したが、銅(Cu)、マンガン(Mn)、クロム(Cr)、銀(Ag)、亜鉛(Zn)、ジルコニウム(Zr)、ニオブ(Nb)、モリブデン(Mo)、タンタル(Ta)、タングステン(W)、マグネシウム(Mg)、バナジウム(V)等を主成分とする非磁性膜をバリア層79(バリア層71～74)に用いてもよい。

【符号の説明】

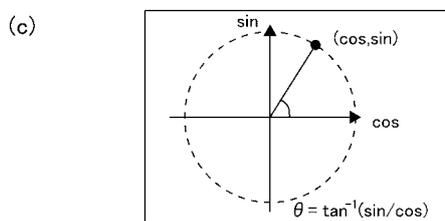
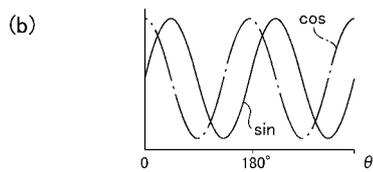
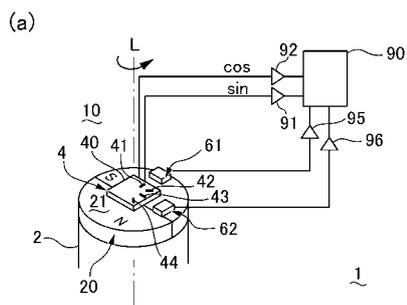
【0073】

1・・・ロータリエンコーダ

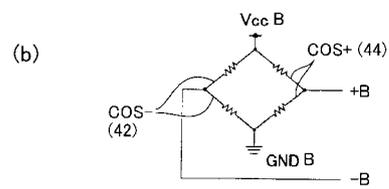
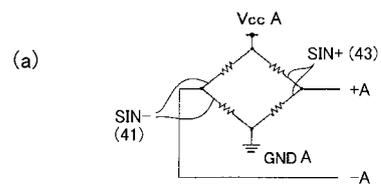
50

- 2・・・回転体
- 4・・・磁気抵抗素子
- 40・・・基板
- 41～44、49・・・磁気抵抗膜
- 47・・・温度監視用抵抗膜（機能層）
- 48・・・加熱用抵抗膜（機能層）
- 71～74、79・・・バリア層

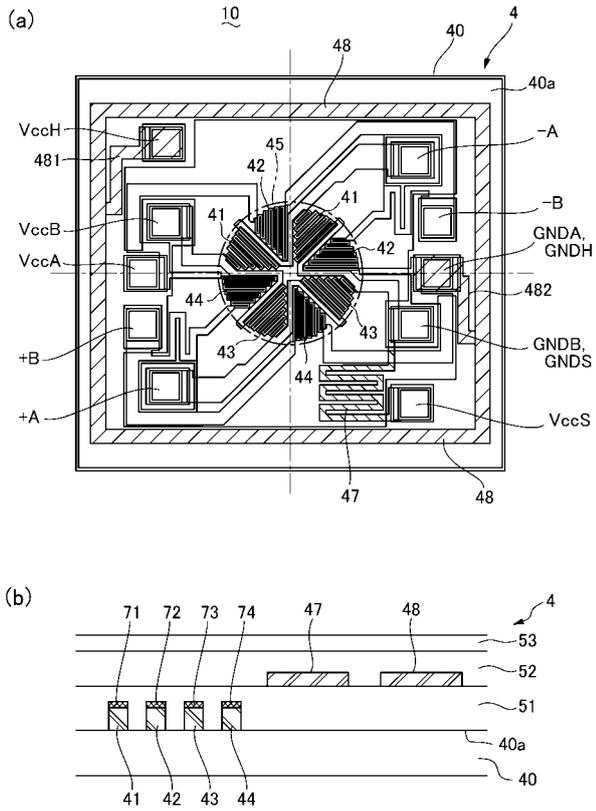
【図1】



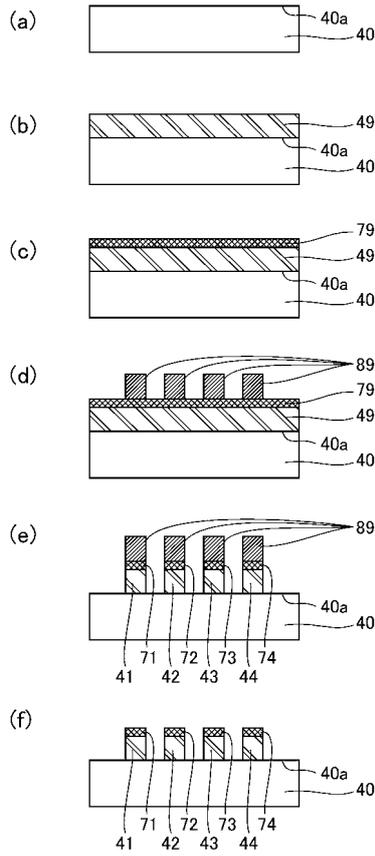
【図2】



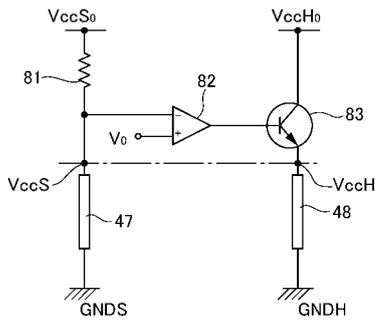
【図3】



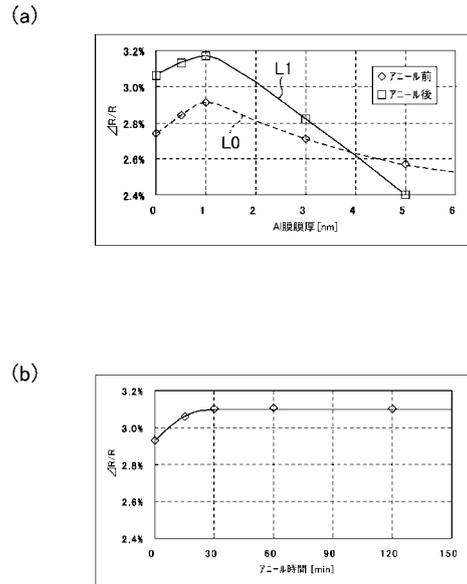
【図4】



【図5】

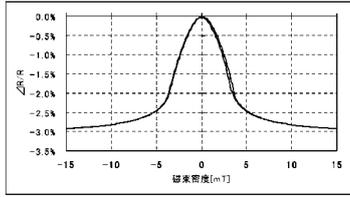


【図6】

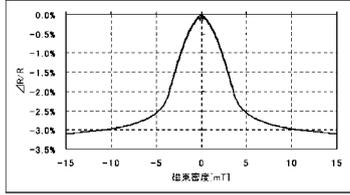


【 図 7 】

(a)

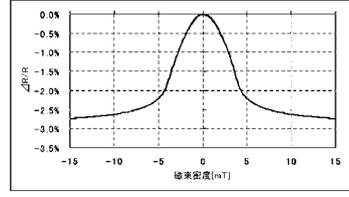


(b)

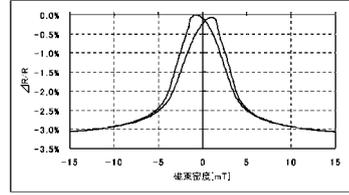


【 図 8 】

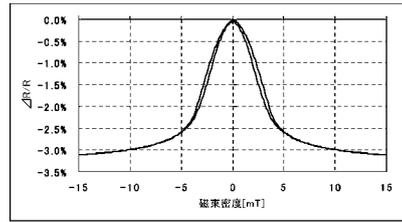
(a)



(b)



【 図 9 】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2F077 CC09 JJ01 JJ08 JJ09 TT16 TT49
2G017 AA10 AB05 AC04 AD55 AD65 BA05 BA10
5F092 AA11 AB01 AC05 AD06 BB42 BB53 CA25