

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5505817号  
(P5505817)

(45) 発行日 平成26年5月28日 (2014. 5. 28)

(24) 登録日 平成26年3月28日 (2014. 3. 28)

(51) Int. Cl. F I  
**GO 1 R 15/20 (2006.01)** GO 1 R 15/02 A

請求項の数 7 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2012-519306 (P2012-519306)	(73) 特許権者	310014322 アルプス・グリーンデバイス株式会社 東京都大田区雪谷大塚町1番7号
(86) (22) 出願日	平成23年4月15日 (2011. 4. 15)	(74) 代理人	100085453 弁理士 野▲崎▼ 照夫
(86) 国際出願番号	PCT/JP2011/059448	(74) 代理人	100108006 弁理士 松下 昌弘
(87) 国際公開番号	W02011/155261	(72) 発明者	西山 義弘 東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプス・グリーンデバイス株式会社内
(87) 国際公開日	平成23年12月15日 (2011. 12. 15)	(72) 発明者	斎藤 正路 東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプス・グリーンデバイス株式会社内
審査請求日	平成24年11月9日 (2012. 11. 9)		
(31) 優先権主張番号	特願2010-132212 (P2010-132212)		
(32) 優先日	平成22年6月9日 (2010. 6. 9)		
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁気平衡式電流センサ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

被測定電流からの誘導磁界により特性が変化する磁気抵抗効果素子と、前記磁気抵抗効果素子の近傍に配置され、前記誘導磁界を相殺するキャンセル磁界を発生するフィードバックコイルと、前記誘導磁界を減衰させると共に前記キャンセル磁界をエンハンスする磁気シールドと、前記磁気シールド上に設けられ、前記磁気シールドのヒステリシスを抑えるハードバイアス層と、を具備することを特徴とする磁気平衡式電流センサ。

【請求項 2】

前記ハードバイアス層は、平面視において、前記誘導磁界の方向又は前記キャンセル磁界の方向と直交する方向における前記磁気シールドの両端部に配置され、前記誘導磁界の方向又は前記キャンセル磁界の方向に延在するパターンを有することを特徴とする請求項 1 記載の磁気平衡式電流センサ。

【請求項 3】

前記磁気シールドと前記ハードバイアス層との間に設けられた非磁性層を具備することを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 記載の磁気平衡式電流センサ。

【請求項 4】

前記フィードバックコイルが、前記磁気シールドと前記磁気抵抗効果素子との間に配置され、前記磁気シールドが前記被測定電流に近い側に配置されることを特徴とする請求項 1 から請求項 3 のいずれかに記載の磁気平衡式電流センサ。

【請求項 5】

前記磁気抵抗効果素子が、スピバルブ型のGMR素子又はTMR素子であることを特徴とする請求項1から請求項4のいずれかに記載の磁気平衡式電流センサ。

【請求項6】

前記磁気シールドは、アモルファス磁性材料、パーマロイ系磁性材料、及び鉄系微結晶材料からなる群より選ばれた高透磁率材料で構成されていることを特徴とする請求項1から請求項5のいずれかに記載の磁気平衡式電流センサ。

【請求項7】

前記ハードバイアス層は、硬磁性材料で構成されていることを特徴とする請求項1から請求項6のいずれかに記載の磁気平衡式電流センサ。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本発明は、磁気抵抗効果素子を用いた磁気平衡式電流センサに関する。

【背景技術】

【0002】

例えば、電気自動車のモータ駆動用の電流の大きさは、電流センサにより測定される。この電流センサとしては、磁気平衡式電流センサがある。磁気平衡式電流センサにおいては、被測定電流が流れると、電流に応じた誘導磁界により磁気検出素子に出力電圧が生じ、この磁気検出素子から出力された電圧信号が電流に変換されてフィードバックコイルにフィードバックされ、このフィードバックコイルにより発生する磁界（キャンセル磁界）と被測定電流により生じる誘導磁界とが打ち消しあって磁界が常に0になるように動作し、このときフィードバックコイルに流れるフィードバック電流を電圧変換させて出力として取り出す。

20

【0003】

上記磁気平衡式電流センサにおける磁気検出素子としては、例えば、GMR（Giant Magneto Resistance）素子のような磁気抵抗効果素子が用いられる（特許文献1）。このような磁気平衡式電流センサにおいては、被測定電流による誘導磁界を減衰させると共にキャンセル磁界をエンハンスするために磁気シールドを設けている。

【先行技術文献】

【特許文献】

30

【0004】

【特許文献1】特表2000-516714号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、磁気シールドを構成する材料は磁性材料であり、磁気的なヒステリシスを持つので、磁気シールドの磁気的なヒステリシスの影響で、磁気抵抗効果素子の出力の線形性が劣化するという問題がある。例えば、被測定電流（1次電流）と線形性（%FS）との間の関係を調べると、磁気シールドがない場合には、図4Bに示すように、線形性が良好であるが、磁気シールドを設けると、図4Aに示すように、線形性が悪くなる。

40

【0006】

本発明はかかる点に鑑みてなされたものであり、磁気シールドの磁気的なヒステリシスの影響を抑え、磁気抵抗効果素子の出力の線形性を向上させる磁気平衡式電流センサ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】

本発明の磁気平衡式電流センサは、被測定電流からの誘導磁界により特性が変化する磁気抵抗効果素子と、前記磁気抵抗効果素子の近傍に配置され、前記誘導磁界を相殺するキャンセル磁界を発生するフィードバックコイルと、前記誘導磁界を減衰させると共に前記キャンセル磁界をエンハンスする磁気シールドと、前記磁気シールド上に設けられ、前記

50

磁気シールドのヒステリシスを抑えるハードバイアス層と、を具備することを特徴とする。

【0008】

この構成によれば、誘導磁界を減衰させると共にキャンセル磁界をエンハンスする磁気シールド上に、磁気シールドのヒステリシスを抑えるハードバイアス層を設けているので、磁気シールドの磁区構造を単磁区化することができる。これにより、磁気シールドの磁気的なヒステリシスの影響を抑え、磁気抵抗効果素子の出力の線形性を向上させることができる。

【0009】

本発明の磁気平衡式電流センサにおいては、前記ハードバイアス層は、平面視において、前記誘導磁界の方向又は前記キャンセル磁界の方向と直交する方向における前記磁気シールドの両端部に配置され、前記誘導磁界の方向又は前記キャンセル磁界の方向に延在するパターンを有することが好ましい。

10

【0010】

本発明の磁気平衡式電流センサにおいては、前記磁気シールドと前記ハードバイアス層との間に設けられた非磁性層を具備することが好ましい。

【0011】

本発明の磁気平衡式電流センサにおいては、前記フィードバックコイルが、前記磁気シールドと前記磁界抵抗効果素子との間に配置され、前記磁気シールドが前記被測定電流に近い側に配置されることが好ましい。

20

【0012】

本発明の磁気平衡式電流センサにおいては、前記磁気抵抗効果素子が、スピバルブ型のGMR素子又はTMR素子であることが好ましい。

【0013】

本発明の磁気平衡式電流センサにおいては、前記磁気シールドは、アモルファス磁性材料、パーマロイ系磁性材料、及び鉄系微結晶材料からなる群より選ばれた高透磁率材料で構成されていることが好ましい。

【0014】

本発明の磁気平衡式電流センサにおいては、前記ハードバイアス層は硬磁性材料で構成されていることが好ましい。

30

【発明の効果】

【0015】

本発明の磁気平衡式電流センサは、被測定電流からの誘導磁界により特性が変化する磁気抵抗効果素子と、前記磁気抵抗効果素子の近傍に配置され、前記誘導磁界を相殺するキャンセル磁界を発生するフィードバックコイルと、前記誘導磁界を減衰させると共に前記キャンセル磁界をエンハンスする磁気シールドと、前記磁気シールド上に設けられ、前記磁気シールドのヒステリシスを抑えるハードバイアス層と、を具備するので、磁気シールドの磁気的なヒステリシスの影響を抑えて、磁気抵抗効果素子の出力の線形性を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

40

【0016】

【図1】本発明の実施の形態に係る磁気平衡式電流センサを示す図である。

【図2】図1に示す磁気平衡式電流センサを示す断面図である。

【図3】本発明の実施の形態に係る磁気平衡式電流センサの他の例を示す図である。

【図4】図4Aは、磁気シールドを備えた場合の出力の線形性を示す図であり、図4Bは、磁気シールドを用いない場合の出力の線形性を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0017】

以下、本発明の実施の形態について、添付図面を参照して詳細に説明する。

図1は、本発明の実施の形態に係る磁気平衡式電流センサを示す図である。本実施の形

50

態においては、図 1 に示す磁気平衡式電流センサは、被測定電流が流れる導体の近傍に配設される。この磁気平衡式電流センサは、導体に流れる被測定電流による誘導磁界を打ち消す（相殺する）磁界（キャンセル磁界）を生じさせるフィードバック回路を備えている。このフィードバック回路は、被測定電流によって発生する磁界を打ち消す方向に巻回されたフィードバックコイル 121 と、磁気検出素子である 1 つの磁気抵抗効果素子 122a と、3 つの固定抵抗素子 122b とを有する。なお、図 1 において、参照符号 123 は、磁気抵抗効果素子 122a や固定抵抗素子 122b と電氣的に接続された電極パッドを示す。

#### 【0018】

フィードバックコイル 121 は平面コイルで構成されている。この構成においては、磁気コアを有しないので、低コストでフィードバックコイルを作製することができる。また、トロイダルコイルの場合に比べて、フィードバックコイルから生じるキャンセル磁界が広範囲に拡がることを防止でき、周辺回路に影響を与えることを回避できる。さらに、トロイダルコイルの場合に比べて、被測定電流が交流の場合に、フィードバックコイルによるキャンセル磁界の制御が容易であり、制御のために流す電流もそれほど大きくなる。これらの効果については、被測定電流が交流で高周波になるほど大きくなる。フィードバックコイル 121 は平面コイルで構成する場合において、平面コイルの形成面と平行な面内で誘導磁界とキャンセル磁界の両方が生じるように平面コイルが設けられていることが好ましい。

#### 【0019】

磁気抵抗効果素子 122a は、被測定電流からの誘導磁界により特性（抵抗値）が変化する。磁気抵抗効果素子 122a は、3 つの固定抵抗素子 122b と共に磁界検出ブリッジ回路を構成している。このように磁気抵抗効果素子を有する磁界検出ブリッジ回路を用いることにより、高感度の磁気平衡式電流センサを実現することができる。

#### 【0020】

この磁界検出ブリッジ回路は、被測定電流により生じた誘導磁界に応じた電圧差を生じる 2 つの出力を備える。この 2 つの出力は増幅器で増幅され、フィードバックコイル 121 に電流（フィードバック電流）として与えられる。このフィードバック電流は、誘導磁界に応じた電圧差に対応する。このとき、フィードバックコイル 121 には、誘導磁界を相殺するキャンセル磁界が発生する。そして、誘導磁界とキャンセル磁界とが相殺される平衡状態となったときのフィードバックコイル 121 に流れる電流に基づいて検出部（検出抵抗）で被測定電流を測定する。

#### 【0021】

図 2 は、図 1 に示す磁気平衡式電流センサを示す断面図である。図 2 に示すように、本実施の形態に係る磁気平衡式電流センサにおいては、フィードバックコイル、磁気シールド及び磁界検出ブリッジ回路が同一基板 21 上に形成されている。図 2 に示す構成においては、フィードバックコイル 121 が、磁気シールド 30 と磁気抵抗効果素子 122a との間に配置され、磁気シールド 30 が被測定電流に近い側に配置されている。すなわち、導体に近い側から磁気シールド 30、フィードバックコイル 121、磁気抵抗効果素子 122a の順に配置する。これにより、磁気抵抗効果素子を導体から最も遠ざけることができ、被測定電流から磁気抵抗効果素子に印加される誘導磁界を小さくすることができる。また、磁気シールドを最も導体に近づけることができるので、誘導磁界の減衰効果をより高めることができる。したがって、フィードバックコイルからのキャンセル磁界を小さくすることができる。

#### 【0022】

図 2 に示す層構成について詳細に説明する。図 2 に示す磁気平衡式電流センサにおいては、基板 21 上に絶縁層である熱シリコン酸化膜 22 が形成されている。熱シリコン酸化膜 22 上には、アルミニウム酸化膜 23 が形成されている。アルミニウム酸化膜 23 は、例えば、スパッタリングなどの方法により成膜することができる。また、基板 21 としては、シリコン基板などが用いられる。

10

20

30

40

50

## 【0023】

アルミニウム酸化膜23上には、磁気抵抗効果素子122aが形成されている。このとき、磁気抵抗効果素子122aと共に固定抵抗素子122bも設けられ、磁界検出ブリッジ回路が作り込まれる。磁気抵抗効果素子122aとしては、TMR素子(トンネル型磁気抵抗効果素子)、GMR素子(巨大磁気抵抗効果素子)などを用いることができる。例えば、GMR素子として、反強磁性層、固定磁性層、非磁性層、フリー磁性層を有する多層膜で構成されるスピバルブ型GMR素子やスピバルブ型TMR素子を用いることができる。

## 【0024】

スピバルブ型GMR素子としては、ミアンダ形状を有するGMR素子であることが好ましい。このミアンダ形状においては、リニアリティを考慮すると、ピン(Pin)方向の幅が1 $\mu$ m~10 $\mu$ mであることが好ましい。この場合において、リニアリティを考慮すると、長手方向が誘導磁界の方向及びキャンセル磁界の方向に対して共に垂直になることが望ましい。このようなミアンダ形状にすることにより、ホール素子よりも少ない端子数(2端子)で磁気抵抗効果素子の出力を採ることができる。

10

## 【0025】

また、スピバルブ型TMR素子としては、リニアリティを考慮すると、ピン方向の幅が1 $\mu$ m~10 $\mu$ mの長方形であることが好ましい。この場合において、リニアリティを考慮すると、長手方向が誘導磁界の方向及びキャンセル磁界の方向に対して共に垂直になることが望ましい。

20

## 【0026】

また、アルミニウム酸化膜23上には、電極24が形成されている。電極24は、電極材料を成膜した後に、フォトリソグラフィ及びエッチングにより形成することができる。

## 【0027】

磁気抵抗効果素子122a及び電極24を形成したアルミニウム酸化膜23上には、絶縁層としてポリイミド層25が形成されている。ポリイミド層25は、ポリイミド材料を塗布し、硬化することにより形成することができる。

## 【0028】

ポリイミド層25上には、シリコン酸化膜27が形成されている。シリコン酸化膜27は、例えば、スパッタリングなどの方法により成膜することができる。

30

## 【0029】

シリコン酸化膜27上には、フィードバックコイル121が形成されている。フィードバックコイル121は、コイル材料を成膜した後に、フォトリソグラフィ及びエッチングにより形成することができる。あるいは、フィードバックコイル121は、下地材料を成膜した後に、フォトリソグラフィ及びめっきにより形成することができる。

## 【0030】

また、シリコン酸化膜27上には、フィードバックコイル121の近傍にコイル電極28が形成されている。コイル電極28は、電極材料を成膜した後に、フォトリソグラフィ及びエッチングにより形成することができる。

## 【0031】

フィードバックコイル121及びコイル電極28を形成したシリコン酸化膜27上には、絶縁層としてポリイミド層29が形成されている。ポリイミド層29は、ポリイミド材料を塗布し、硬化することにより形成することができる。

40

## 【0032】

ポリイミド層29上には、磁気シールド30が形成されている。磁気シールド30は、誘導磁界を減衰させると共にキャンセル磁界をエンハンスする。磁気シールド30を構成する材料としては、アモルファス磁性材料、パーマロイ系磁性材料、又は鉄系微結晶材料等の高透磁率材料を用いることができる。

## 【0033】

磁気シールド30上には、磁気シールド30のヒステリシスを抑えるハードバイアス層

50

33が設けられている。このハードバイアス層33は、図1に示すように、平面視において、誘導磁界の方向又はキャンセル磁界の方向と直交する方向における磁気シールド30の略両端部に配置されている。また、ハードバイアス層33は、誘導磁界の方向又はキャンセル磁界の方向に延在するパターンを有する。このハードバイアス層33は、コバルト白金合金(CoPt)などの硬磁性材料で構成されている。

#### 【0034】

なお、ハードバイアス層33は、磁気シールド30が発揮する減衰効果及びエンハンス効果を損なわない範囲で、形成位置、厚さ、面積などを適宜設定することが好ましい。また、ハードバイアス層33と磁気シールド30とが直接磁氣的にカップリングしないように、図3に示すように、磁気シールド30とハードバイアス層33との間に非磁性層34を設けることが望ましい。なお、非磁性層34の厚さは、ハードバイアス層33と磁気シールド30とが直接磁氣的にカップリングしないで、磁気シールド30が発揮する減衰効果及びエンハンス効果を損なわない範囲で適宜設定することが好ましい。非磁性層34を構成する材料としては、アルミニウム酸化膜などを挙げることができる。

10

#### 【0035】

ポリイミド層29上には、シリコン酸化膜31が形成されている。シリコン酸化膜31は、例えば、スパッタリングなどの方法により成膜することができる。ポリイミド層29及びシリコン酸化膜31の所定の領域(コイル電極28の領域及び電極24の領域)にコンタクトホールが形成され、そのコンタクトホールに電極パッド32, 26がそれぞれ形成されている。コンタクトホールの形成には、フォトリソグラフィ及びエッチングなどが用いられる。電極パッド32, 26は、電極材料を成膜した後に、フォトリソグラフィ及びめっきにより形成することができる。

20

#### 【0036】

このような構成を有する磁気平衡式電流センサにおいては、図2に示すように、被測定電流から発生した誘導磁界Aを磁気抵抗効果素子122aで受け、その誘導磁界をフィードバックしてフィードバックコイル121からキャンセル磁界Bを発生し、2つの磁界(誘導磁界A、キャンセル磁界B)を相殺して磁気抵抗効果素子122aに印加する磁場が零になるように適宜調整する。

#### 【0037】

本発明の磁気平衡式電流センサにおいては、図2に示すように、フィードバックコイル121に隣接して磁気シールド30を有する。磁気シールド30は、被測定電流から生じ磁気抵抗効果素子122aに印加される誘導磁界を減衰させる(磁気抵抗効果素子においては誘導磁界Aの方向とキャンセル磁界Bの方向が逆方向)と共に、フィードバックコイル121からのキャンセル磁界Bをエンハンスする(磁気シールドにおいては誘導磁界Aの方向とキャンセル磁界Bの方向が同方向)ことができる。したがって、磁気シールド30が磁気ヨークとして機能するため、フィードバックコイル121に流す電流を小さくすることができ、省電力化を図ることができる。また、この磁気シールド30により、外部磁界の影響を低減させることができると共に、より大きな電流値まで測定が可能となる。

30

#### 【0038】

磁気シールド30が存在することによりフルスケールに対する線形性の値は大きくなる。本発明者らは、磁気シールド30が出力の線形性に与える影響の一つの要因が、磁気シールド30の磁区構造(ドメイン)であることを見出した。そこで、本発明においては、磁気シールド30上にハードバイアス層33を設けて、磁気シールドの磁区構造を単磁区化する。これにより、磁気シールドの磁氣的なヒステリシスの影響を抑え、磁気抵抗効果素子の出力の線形性を向上させることができる。

40

#### 【0039】

次に、上記構成を有する磁気平衡式電流センサの効果を明確にするために行った実施例について説明する。

#### 【0040】

図1及び図2に示す構成(磁気シールド上にハードバイアス層を有する構成)を持つ磁

50

気平衡式電流センサを作製した（実施例）。また、図1及び図2に示す構成においてハードバイアス層を有しない構成を持つ磁気平衡式電流センサを作製した（比較例）。

【0041】

実施例及び比較例の磁気平衡式電流センサについて出力の線形性を調べた。出力の線形性は、プロット点の最小二乗近似することにより求めた。その結果、実施例の磁気平衡式電流センサでは、ほぼ図4Bに示すようになり、線形性が良好であった。これは、ハードバイアス層により、磁気シールドの磁区構造が単磁区化され、磁気シールドの磁気的なヒステリシスの影響が抑えられたためであると考えられる。一方、比較例の磁気平衡式電流センサは、図4Aに示す結果となり、線形性が劣化していた。

【0042】

本発明は上記実施の形態に限定されず、種々変更して実施することができる。例えば、上記実施の形態における材料、各素子の接続関係、厚さ、大きさ、製法などは適宜変更して実施することが可能である。その他、本発明は、本発明の範囲を逸脱しないで適宜変更して実施することができる。

【産業上の利用可能性】

【0043】

本発明は、電気自動車のモータ駆動用の電流の大きさを検出する電流センサに適用することが可能である。

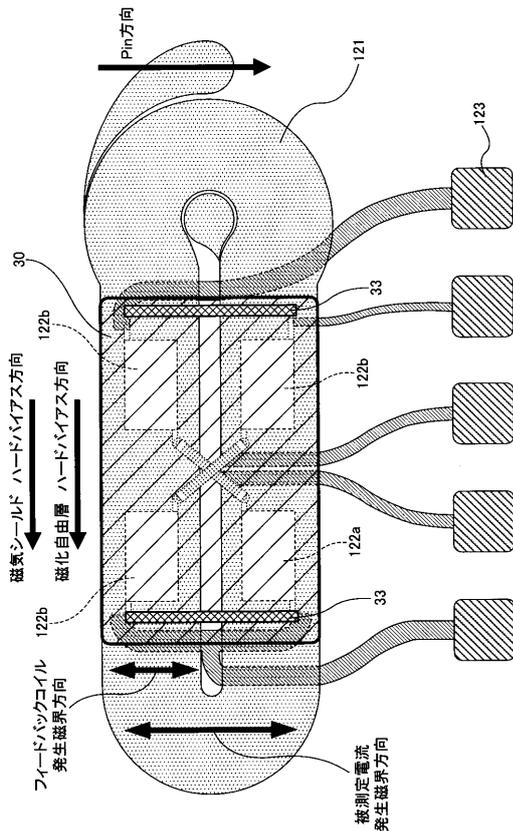
【0044】

本出願は、2010年6月9日出願の特願2010-132212に基づく。この内容は、全てここに含めておく。

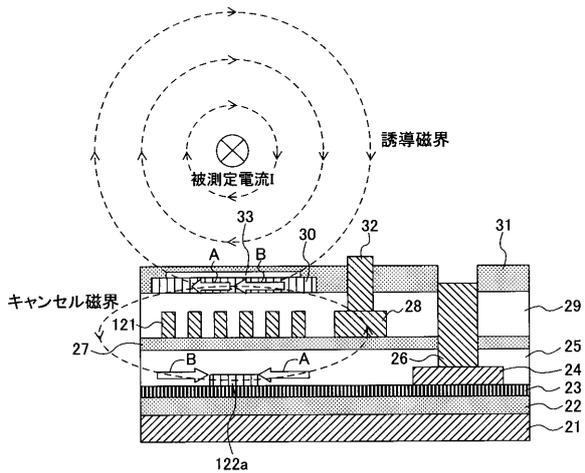
10

20

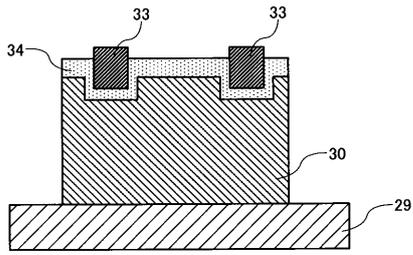
【図1】



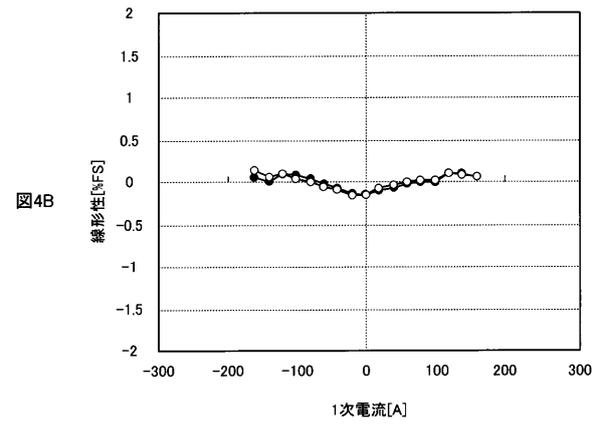
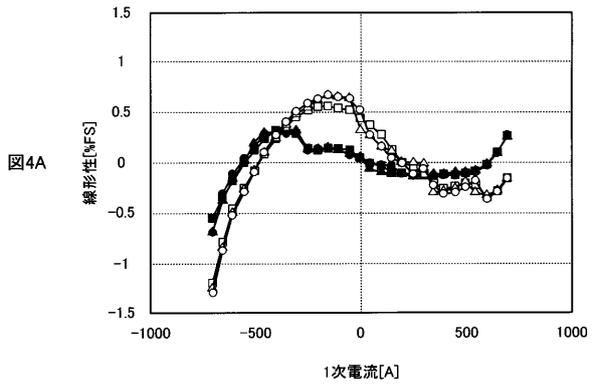
【図2】



【図3】



【図4】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 高橋 彰  
東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプス・グリーンデバイス株式会社内
- (72)発明者 飯塚 雅博  
東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプス・グリーンデバイス株式会社内

審査官 堀 圭史

- (56)参考文献 特表2000-516714(JP,A)  
特開2004-132790(JP,A)  
特開2008-134181(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01R 15/14-26  
G01R 19/00-32  
G01R 21/08-09  
G01R 33/02-10  
H01F 27/42  
H01F 38/20-40