

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局

(43) 国際公開日  
2014年10月9日(09.10.2014)

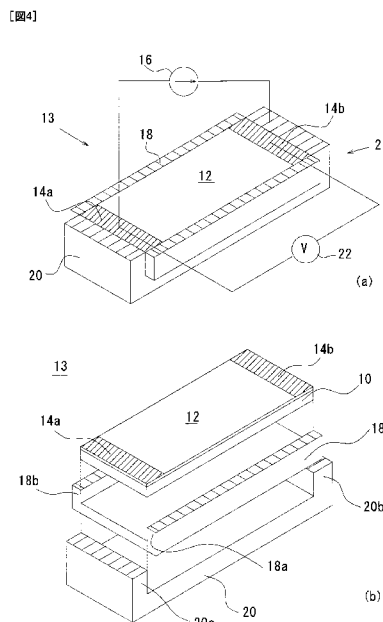


(10) 国際公開番号  
WO 2014/162730 A1

- (51) 国際特許分類:  
G01R 33/09 (2006.01) H01L 43/08 (2006.01)  
G01R 21/08 (2006.01)
  - (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/001905
  - (22) 国際出願日: 2014年4月1日(01.04.2014)
  - (25) 国際出願の言語: 日本語
  - (26) 国際公開の言語: 日本語
  - (30) 優先権データ:  
特願 2013-076469 2013年4月1日(01.04.2013) JP
  - (71) 出願人: 公立大学法人大阪市立大学 (OSAKA CITY UNIVERSITY) [JP/JP]; 〒5588585 大阪府大阪市住吉区杉本3丁目3番138号 Osaka (JP).
  - (72) 発明者: 辻本 浩章 (TSUJIMOTO, Hiroaki); 〒5588585 大阪府大阪市住吉区杉本3丁目3番138号公立大学法人大阪市立大学内 Osaka (JP).
  - (74) 代理人: 廣幸 正樹 (HIROKOH, Masaki); 〒5300047 大阪府大阪市北区西天満3丁目1番6号 辰野西天満ビル Osaka (JP).
  - (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
  - (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:  
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: SENSOR ELEMENT WITH TEMPERATURE COMPENSATING FUNCTION, AND MAGNETIC SENSOR AND ELECTRIC POWER MEASURING DEVICE WHICH USE SAME

(54) 発明の名称: 温度補償機能付センサ素子とそれを用いた磁気センサおよび電力測定装置



(57) Abstract: A magnetoresistance effect magnetic sensor has a problem that the sensitivity thereof as a sensor lowers because the magnetic characteristic of a magnetic film itself lowers due to an increase in surrounding temperature. A sensor element characterized by comprising: a magnetic film having a magnetoresistance effect; a pair of electrodes facing each other with the magnetic film therebetween in order to pass a current through the magnetic film; a longitudinal bias magnetic field application magnet for generating a first bias magnetic field in a direction in which the electrodes face each other; and a lateral bias magnetic field application magnet for generating a second bias magnetic field in a direction perpendicular to the longitudinal bias magnetic field application magnet, and in that the temperature characteristic of the longitudinal bias magnetic field application magnet is larger than the temperature characteristic of the lateral bias magnetic field application magnet.

(57) 要約: 磁気抵抗効果型磁気センサにとっては、周囲の温度が上がることによって、磁性膜自身の磁気特性が低下するために、センサとしての感度が低下するという問題があった。磁気抵抗効果を有する磁性膜と前記磁性膜に電流を流すための前記磁性膜を介して対向した一対の電極と、前記電極の対向方向に第1のバイアス磁界を発生させる縦バイアス磁界付加磁石と、前記縦バイアス磁界付加磁石に直角方向に第2のバイアス磁界を発生させる横バイアス磁界付加磁石を有し、前記縦バイアス磁界付加磁石の温度特性が前記横バイアス磁界付加磁石の温度特性より大きいことを特徴とするセンサ素子。



WO 2014/162730 A1

## 明 細 書

発明の名称：

温度補償機能付センサ素子とそれを用いた磁気センサおよび電力測定装置

### 技術分野

[0001] 本発明は温度補償機能が付与されたセンサ素子と、それを用いた磁気センサおよび電力測定装置に関する。

### 背景技術

[0002] 小型の磁気センサの用途はますます拡大することが予想される。特に電力測定装置は、石化燃料から電気エネルギー利用を目指す上で、必須のデバイスと考えられる。特許文献1には、磁気センサとセンサ抵抗を直列に接続し、電気回路中の負荷と並列にしかも、電気回路の配線に隣接して設置することで、負荷における消費電力を計測することができる電力測定装置が開示されている。

[0003] このような電力測定装置は、ほとんど磁性薄膜の大きさに形成することができるため、素子全体が数mm四方程度の大きさに作製することができる。したがって、大規模なシステムの様々な箇所毎に設置することで、細かな消費電力の監視が可能になる。

[0004] 一方、用途が広がれば、使用が予定される環境も苛酷な環境が想定される。特に温度は磁気特性を変化させることが知られており、センサ感度の精度向上のためにも、磁気センサにとって温度補償は不可欠な技術となる。

[0005] この課題に鑑みて、特許文献2には、温度の異なる環境での磁気抵抗効果が、印加される磁界に対して、所定の関係を有することで、一定の温度補償が可能になる技術が開示されている。

[0006] 磁気を利用した磁気センサの中でも、磁気抵抗効果を利用する磁気センサを特に磁気抵抗効果型磁気センサと呼ぶ。この磁気抵抗効果型磁気センサは、電流を流す方向に対して直角方向に加えられた被測定磁界の大きさを検出するものである。そして、その検出のために被測定磁界と同じ方向に予め加

えられる磁界をバイアス磁界と呼ぶ。

[0007] 特許文献2は、バイアス磁界の大きさと磁気抵抗効果の関係について言及はしている。しかしながら、特許文献2でのバイアス磁界とは、測定対象物の回転子の凹部が接近したときは、磁気センサに加えられる磁界が小さくなり、凸部が接近したときには、磁気センサに加えられる磁界が大きくなる。つまり、特許文献2でいうところのバイアス磁界は、実質的に磁気センサに対する印加磁界（被測定磁界）のことであって、磁気センサの動作点を定めるためのバイアス磁界ではない。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0008] 特許文献1：WO2012/105459

特許文献2：特開2005-049262号公報

#### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

[0009] 磁気抵抗効果型磁気センサにとっては、周囲の温度が上がることによって、磁性膜自身の磁気特性が低下するために、センサとしての感度が低下するという問題を解決しなければならない。通常はこれを温度補償回路が行っていた。しかしながら、温度補償回路は磁気センサが配設されている箇所の温度情報を得る必要があり、磁気センサの設置箇所に何らかの温度センサを取り付ける必要がある。

[0010] これは装置の大型化および設置の手間の増大につながる。磁気センサ自体が温度変化をキャンセルできるような温度補償（自律的補償）手段が、磁気抵抗効果型磁気センサを初めとする磁気センサには必要である。

#### 課題を解決するための手段

[0011] 本発明は上記の課題に鑑みて想到されたものであり、磁気センサを構成するセンサ素子に温度補償機能を付与したものである。より具体的に本発明に係るセンサ素子は、

磁気抵抗効果を有する磁性膜と

前記磁性膜に電流を流すための前記磁性膜を介して対向した一对の電極と

、

前記電極の対向方向に第1のバイアス磁界を発生させる縦バイアス磁界付加磁石と、

前記縦バイアス磁界付加磁石に直角方向に第2のバイアス磁界を発生させる横バイアス磁界付加磁石を有し、

前記縦バイアス磁界付加磁石の温度特性が前記横バイアス磁界付加磁石の温度特性より大きいことを特徴とする。

[0012] また、本発明に係るセンサ素子は、

磁気抵抗効果を有する磁性膜と

前記磁性膜に電流を流すための前記磁性膜を介して対向した一对の電極と

、

前記磁性膜の縦方向に対して斜め方向のバイアス磁界を発生させる温度特性を有する斜めバイアス磁界付加磁石を有することを特徴とする。

[0013] また、本発明に係る磁気センサは上記のセンサ素子を用いたものである。

具体的に本発明に係る磁気センサは、上記のセンサ素子と、

前記センサ素子の両端電極間に電流を流す電流源と、

前記センサ素子の前記両端電極間の電圧を計測する電圧計を有することを特徴とする。

[0014] また、本発明に係る電力測定装置は、上記のセンサ素子を用いたものである。より具体的には、

電源と負荷が接続線によって接続された回路において前記負荷で消費される電力を計測する電力測定装置であって、

前記接続線に隣接配置される上記のセンサ素子と、

前記センサ素子の両端電圧を計測する電圧計と、

前記センサ素子の一端に一端が接続されたセンサ抵抗と、

前記電源に対して前記負荷と並列に接続するために、前記センサ素子の他

端に設けられた第1の接続端子と、前記センサ抵抗の他端に設けられた第2の接続端子を有することを特徴とする。

### 発明の効果

[0015] 本発明に係るセンサ素子は、予め磁気抵抗効果を抑制するような縦バイアス磁界を素子に印加しておく。そして、この縦バイアス磁界付加磁石は、磁性膜同様に温度特性を有しており、温度の上昇とともに、縦バイアス磁界が減少するように働く。その結果、磁性膜の磁気抵抗効果は、温度上昇によって感度が低下するが、抑制要因であった縦バイアスも低下するため、感度を維持することができる。

[0016] また、本発明に係るセンサ素子は、磁性膜の磁気抵抗効果と縦バイアス磁界の温度特性を打ち消し合わせるだけでなく、磁気抵抗効果と縦バイアス磁界と横バイアス磁界を打ち消し合わせることで、より細かく温度による感度の変化を抑制することができる。

[0017] 特に、斜めバイアス磁界を利用したセンサ素子は、磁性膜を磁性膜だけを用いて作製することができるので、インピーダンスを大きくできる、作製が容易、感度を斜めバイアス磁界との角度で調節できるといった効果を有する。

[0018] また、この磁気センサを用いた磁気センサおよび電力測定装置は、過酷な温度変化下であっても、感度の精度を維持することができ、信頼性の高いシステム構築に寄与する。

### 図面の簡単な説明

[0019] [図1]センサ素子の構成および磁気抵抗効果を表す図である。

[図2]温度および縦バイアス磁界が磁気抵抗効果に表す影響を示すグラフである。

[図3]本発明に係るセンサ素子の温度補償の原理を説明する図である。

[図4]本発明に係るセンサ素子の構成を示す図である。

[図5]本発明に係るセンサ素子の他の実施形態を示す図である。

[図6]温度補償される際の、磁界を示す図である。

[図7]他の温度補償の方法を説明するための磁気抵抗効果を示す図である。

[図8]斜めバイアス磁界を使うセンサ素子の構成を示す図である。

[図9]斜めバイアス磁界を用い、磁性膜を一对使用する場合の構成を示す図である。

[図10]C型磁石を斜めバイアス磁界付加磁石としたセンサ素子の構成を示す図である。

[図11]本発明に係るセンサ素子を用いた電力測定装置の構成を示す図である。

[図12]一对のセンサ素子をブリッジ回路に組み込んだものを用いた電力測定装置の構成を示す図である。

[図13]斜めバイアス磁界を使うセンサ素子を用いた電力測定装置の構成を示す図である。

[図14]斜めバイアス磁界を使うセンサ素子を一对用いた電力測定装置の構成を示す図である。

[図15]実施例の実験装置の構成を示す図である。

[図16]磁気抵抗効果素子の感度と温度の関係を示す実験結果を示す図である。

[図17]縦バイアス磁界が変化した時の感度の変化を示す図である。

[図18]温度補償を行う際に必要な縦バイアス磁界の温度に対する変化分を示す図である。

[図19]実際に温度補償を測定した実験結果を示すグラフである。

[図20]斜めバイアス磁界を用いる一对のセンサ素子を斜めバイアス磁界に対して対称に配置し、角度を変化させた時の動作点の動きを調べた結果を示すグラフである。

### 発明を実施するための形態

[0020] まず、本発明のセンサ素子の原理について説明し、次に具体的な構成などを説明する。図1には、まず、磁気抵抗効果を利用した磁気センサ1の原理を示す。図1(a)を参照して、基板10上に設けられた磁性膜12を短冊

状に成形する。両端は電極 14 a、14 b が設けられる。この対向する電極 14 a、14 b 間に電源 9 によって電流が流される。対抗する電極 14 a、14 b 間の方向または、短冊の長手方向を「縦方向」と呼ぶ。また、縦方向に直角な方向を「横方向」と呼ぶ。短冊状の磁性膜 12 の場合は、短冊の幅方向が「横方向」となる。

[0021] なお、本発明においては磁性膜 12 は成膜法によって形成された膜状磁性体だけでなく、縦方向と横方向が識別できれば、バルク材料であってもよい。すなわち、断面が円であっても、方形であってもよい。

[0022] この短冊状の磁気センサ 1 は、横方向から磁界 H が印加されると、電極 14 a、14 b 間の抵抗値  $R_{m r}$  が変化する。これを磁気抵抗効果とよび、磁気抵抗効果を用いたセンサを磁気抵抗効果型磁気センサと呼ぶ。図 1 (b) には、磁気抵抗効果をグラフで表す。横軸は横方向から加えられる磁界 H の強さで、縦軸は磁性膜 12 の縦方向における抵抗値  $R_{m r}$  である。

[0023] 図 1 (b) のグラフの左半分を参照して、よく知られているように、磁気抵抗効果は、横方向からの磁界 H が増える ( $H_1$ ) と、磁性膜 12 の縦方向の抵抗値  $R_{m r}$  ( $R_{m r 1}$ ) が減少する。なお、増加するものもあるが、ここでは横方向磁界 H の増加とともに抵抗値  $R_{m r}$  は減少するとして説明する。

[0024] 磁気抵抗効果型磁気センサは、横方向からの磁界 H に対しては、方向に係らず、同じだけの抵抗値変化量  $\Delta R_{m r}$  ( $\Delta R_{m r 1}$ ) を生ずる。つまり、横方向で右から左に磁界 H がかかっても、左から右に磁界 H がかかっても、抵抗値変化量  $\Delta R_{m r}$  は同じである。つまり、磁気抵抗効果は、横方向から加えられる磁界 H に対しては偶関数の特性を有する。

[0025] しかし、これでは、磁気センサ 1 は、磁界 H の方向に関する情報を検出することができない。そこで、図 1 (b) のグラフの右半分を参照して、横方向に、ある程度のバイアス磁界  $H_{b i a s}$  を加える。これを横バイアス磁界  $H_{t b}$  と呼ぶ。横バイアス磁界  $H_{t b}$  は、磁気抵抗効果の動作点  $H_p$  を偶関数の傾斜部分に沿ってずらすので、磁気センサ 1 は、バイアス磁界  $H_{b i a}$

sと同じ方向 ( $H_2$ ) か、逆方向 ( $-H_2$ ) かといった、印加された磁界Hの方向の抵抗値変化量の情報 ( $\Delta R_{mr2}$ 、 $-\Delta R_{mr2}$ ) まで検出することができる。

[0026] ここで、磁性膜12の温度が上がったとする。磁性体は、一般的にキュリー温度になると磁性を失う。そして、磁性体はキュリー温度までは温度が上がるに従って、飽和磁化、保磁力といった磁気特性が低下する。磁気抵抗効果は、磁性膜12の磁化が関係すると考えられるので、温度の上昇によって磁気抵抗効果は低下する。

[0027] 図2(a)には、磁気抵抗効果の温度変化を示している。磁気抵抗効果を表すグラフの右半分だけを示す。横軸は横方向からの磁界Hであり、縦軸は磁性膜12の縦方向の抵抗値 $R_{mr}$ である。低温 $t_0$ から高温 $t_2$ に向かうに従って、特性曲線は、急峻な山形からブロードな山形に変わる。横バイアス磁界 $H_{tb}$ が変化しないとすると、磁気センサ1のダイナミックレンジSは、温度の上昇に従い、 $S_0$ から $S_2$ に減少する。すなわち、感度が低下する。

[0028] ところで、磁性膜12の縦方向に加えるバイアス磁界 $H_{bias}$ を縦バイアス磁界 $H_{ob}$ と呼ぶ。磁性膜12に縦バイアス磁界 $H_{ob}$ を印加すると、縦バイアス磁界 $H_{ob}$ が大きくなるに従って、磁気抵抗効果が抑制される。

[0029] 図2(b)に縦バイアス磁界 $H_{ob}$ を変えた時の磁気抵抗効果を示す。横軸は横方向の磁界Hであり、縦軸は磁性膜12の縦方向の抵抗値 $R_{mr}$ である。縦バイアス磁界 $H_{ob}$ が $H_{ob0}$ から $H_{ob2}$ と大きくなると、磁気抵抗効果は、急峻な山形からブロードな山形に変わる。すなわち、磁気センサ1の感度が $S_0$ から $S_2$ に低下する。

[0030] 磁気抵抗効果は、磁性膜12の磁化の向きと電流の向きに依存すると考えられる。縦バイアス磁界 $H_{ob}$ は、磁性膜12の磁化を縦方向に拘束する働きがある。したがって、横方向から印加された磁界Hによって磁化の方向が変化しにくく、その結果磁気抵抗効果が抑制されると考えられる。

[0031] 縦バイアス磁界 $H_{ob}$ を、温度特性を有する磁石で印加すると、周囲の温



度が上昇すると縦バイアス磁界  $H_{ob}$  は減少する。縦バイアス磁界  $H_{ob}$  を発生する磁石自体が温度の上昇とともに、磁気特性を低下させるからである。すなわち、磁気抵抗効果のダイナミックレンジ  $S$  は大きくなる。

[0032] そこで、温度が上昇すると感度が低下する磁性膜 12 と、温度が上昇すると感度を上げることができる縦バイアス磁界  $H_{ob}$  を組み合わせることで、磁気センサ 1 の温度補償を行うことができる。

[0033] 図 3 を参照する。図 3 は、磁気抵抗効果の半分だけを示した。温度  $t_0$  の時に、C1 の磁気抵抗効果を有する磁性膜 12 に対して、予め縦バイアス磁界  $H_{ob2}$  を印加し、磁気抵抗効果をブロードな山形 C1 にしておく。この磁気センサ 1 の温度が  $t_1$  に上がると、磁性膜 12 の特性により磁気抵抗効果はさらにブロードになろうとする (C2)。しかし、このとき、温度上昇に応じて縦バイアス磁界も  $H_{ob2}$  から  $H_{ob1}$  に減少するので、磁気抵抗効果は急峻な山形に戻る (C3)。すなわち、温度が変化しても、磁気抵抗効果は変化しない。

[0034] ここで、重要なのは、横バイアス磁界  $H_{tb}$  ( $H_{bias}$ ) は、磁性膜 12 および縦バイアス磁界  $H_{ob}$  の変化に対して、ほぼ一定であることが必要である。すなわち、縦バイアス磁界  $H_{ob}$  は横バイアス磁界  $H_{tb}$  よりも大きな温度特性を有している。

[0035] (実施の形態 1)

次に図 4 を参照して、この原理に基づく温度補償機能付磁気センサの構成を示す。図 4 (a) は、温度補償機能付磁気センサ 2 の構成を示し、図 4 (b) は、センサ素子 13 の組立図を示す。温度補償機能付磁気センサ 2 は、基板 10 上に形成された短冊状の磁性膜 12 と、磁性膜 12 の両端に設けられた電極 14a、14b と、電極 14a、14b 間に電流を流す電流源 16 と、横バイアス磁界付加磁石 18 と、縦バイアス磁界付加磁石 20 と、電極 14a、14b 間の電圧を計測する電圧計 22 を含む。

[0036] 磁性膜 12 は、ガラスやセラミックといった基板 10 上に形成されてよい。材質は磁気抵抗効果を発現する材料であれば、特に限定されない。大きさ

は、磁気センサとして設置される箇所に応じて変更することができる。例えば、回路基板上での使用をする場合、回路パターンと共に回路基板上若しくは回路基板内に作り込んでもよい。

[0037] 形状は短冊状であるのが好ましい。磁気抵抗効果は電流を流す距離（抵抗値）によって感度が高くなるので、電流を流す方向（縦方向）にはある程度の長さがあるのが好ましい。一方、電流を流す方向に直角な方向（横方向）は、短くてもよいからである。なお、電流が流れる方向に長ければ、短冊状を折り返して直列に接合した九十九折れ状であってもよい。

[0038] 電極 14 a、14 b は、磁性膜 12 よりも導電性が高い材料であるのが望ましい。例えば、銅、アルミニウム、銀、金といった良導電性物質若しくはこれらの合金が好適に利用できる。なお、電極 14 a、14 b も磁性膜 12 で形成してもよい。

[0039] 電流源 16 は、磁性膜 12 に電流を流すための電源である。磁気抵抗効果は、電気抵抗値が変化するので、電流を流し、磁性膜 12 の両端電圧で検出するためである。電流源 16 は、定電圧源であってもよいし、定電流源であってもよい。電流源 16 は、磁性膜 12 の両電極 14 a、14 b に接続され、磁性膜 12 の縦方向に電流を流す。

[0040] 横バイアス磁界付加磁石 18 は、磁性膜 12 の横方向（電流を流す方向と直角方向）に横バイアス磁界  $H_t b$  を印加する磁石である。磁性膜 12 の横方向に磁極 18 a、18 b を有する C 字型の永久磁石が好適に利用することができる。永久磁石の磁界強度は予め磁性膜 12 の磁気抵抗効果の大きさに応じた横バイアス磁界  $H_t b$  の大きさに調節される。より具体的には、永久磁石の組成を変えて発生磁界を調節することができる。また、厚みを薄くするなど体積を小さくするといった方法でも調節が可能である。もちろん、これらを併用してもよい。

[0041] なお、横バイアス磁界付加磁石 18 は、磁性膜 12 の縦方向の磁化と磁性膜 12 に流れる電流の向きを変えることができればよい。したがって、永久磁石であっても、電磁石であってもよい。また、磁性膜 12 上のパターン形

成によって、実質的に横バイアス磁界 $H_t b$ がかかった状況をつくり出せる構造であってもよい。すなわち、横バイアス磁界付加磁石18は、磁界発生源以外の構成を含む。ただし、後述する縦バイアス磁界付加磁石20よりも温度特性が小さいことが必要である。

[0042] 温度特性が小さいとは、温度の変化によって磁界強度が変化しないということである。例えば、使用される温度範囲において、温度特性の小さい永久磁石、定電流源に接続された電磁石、横バイアス磁界 $H_t b$ がかかった状況をつくり出せる構造などである。

[0043] 特に、横バイアス磁界 $H_t b$ がかかった状況をつくり出せる構造は、温度特性はゼロであり、横バイアス磁界付加磁石18としてのスペースも小さくてよいので、好適に利用できる。具体的な構造は特許文献1に紹介されているバーバーポール構造であるが、詳細は改めて後述する。

[0044] 縦バイアス磁界付加磁石20は、磁性膜12の縦方向に磁界を付加する磁石である。図4では、電極14a、14bより外側に磁極20a、20bを有するC字型磁石である。縦バイアス磁界付加磁石20は、磁性膜12の温度特性と共に変化する必要がある。従って磁性膜12程度若しくはそれ以上の温度特性を有するものが好ましい。

[0045] 通常バルクの磁性体の温度特性は小さく、キュリー温度付近で急激に磁化を喪失する特性が多い。しかし、磁気抵抗効果自体が数パーセント程度の変化であるため、磁性膜12の磁気特性の微小変化の補償が必要であること、また縦バイアス磁界 $H_o b$ 自体は、数十Oe程度の発生磁界を数十Oe程度変化させる必要があることから、比較的小さな出力磁界に対して、大きな温度特性を有する永久磁石等が望ましい。

[0046] 例えば、フェライトの組成比を変えたり、添加物を入れる等することによって、数Oe/°Cの変化が可能な感温磁性体が好適に利用できる。また、感温磁性体は複数の種類を用いても良い。少なくとも、磁性膜12、横バイアス磁界付加磁石18、縦バイアス磁界付加磁石20を含めてセンサ素子13と呼ぶ。センサ素子13には、基板10が含まれていても良い。

[0047] 電圧計 2 2 は、磁性膜 1 2 の両端の電圧を計測するためのものである。電圧計であれば、特に構成に限定されるものはない。単にアンプ回路が接続されるだけであってもよい。なお、磁気抵抗効果は電気抵抗値の変化で横方向に印加される被測定磁界の大きさを測定するものであるので、被測定磁界がない時の磁性膜 1 2 の両端の電圧値を保持する手段があるのが望ましい。例えば、MPU (Micro Processor Unit) を用いた制御部が計測結果を表示する表示部を伴ってさらに付加されているのが望ましい。

[0048] また、磁性膜 1 2 の両端の電圧を計測するとは、複数の磁性膜 1 2 が直列若しくは並列に接続されている場合の両端電圧であってもよい。また、抵抗を介した両端であってもよい。さらに、磁性膜 1 2 がブリッジ回路の一部に組み込まれている場合は、ブリッジ回路のバランス点 (図 1 2 の符号 5 3、5 4 参照) であってもよい。ブリッジ回路のバランス点は、抵抗若しくは磁性膜 1 2 を介した両端と言えるからである。

[0049] 以上の構成を有する温度補償機能付磁気センサ 2 は、被測定磁界中に感応部であるセンサ素子 1 3 を入れると、被測定磁界の磁性膜 1 2 の横方向成分の強さに応じて、磁性膜 1 2 の電気抵抗値  $R_{m r}$  が変化するため、被測定磁界の大きさを直接的に検知することができる。この被測定磁界は、永久磁石からの磁界だけでなく、流れる電流が発生する磁界でも検出することができるため、温度補償機能付磁気センサ 2 は、電力測定装置にも好適に利用することができる。

[0050] また、周囲の温度が変化すると、磁性膜 1 2 の磁気抵抗効果は、図 2 (a) に示したようにブロードな方向に変化する。しかし、同様に縦バイアス磁界付加磁石 2 0 も温度の変化によって、発生磁界が減少する。これによって、図 3 で示したように、磁気抵抗効果は急峻な山形の形状に戻り、結果として磁気センサの感度は温度が変わってもほぼ同じ状態を維持することができる。

[0051] (実施の形態 2)

図5に、本実施の形態に係る温度補償機能付磁気センサ3の構成を示す。実施の形態1で示した温度補償機能付磁気センサ2と同じ部分については、同じ符号を付し、説明は省略する。温度補償機能付磁気センサ3は、横バイアス磁界付加磁石18が磁性膜12上の導電体24のパターンによって構成される。

[0052] 磁性膜12上には、電極14a、14b間にストライプ状の導電体24のパターンが形成されている。導電体24は電極14a、14b同様、磁性膜12より導電性の高い材料が用いられる。電極14a、14b間に流された電流はストライプ状の導電体24間を最短距離で流れるため、ストライプの角度 $\theta$ だけ磁性膜12中に流れる電流 $I$ の角度は電極14a、14b間（縦方向）の軸からずれる。

[0053] 言い換えると、縦バイアス磁界 $H_o b$ によって磁化 $M$ は縦方向に向いているので、電流 $I$ と磁化 $M$ の向きが異なる。結果、横バイアス磁界 $H_t b$ が付加されているのと同等の効果を生み出す。このように磁性膜12の磁化 $M$ と流れる電流 $I$ の向きを磁性膜12上に設けられた導電体24のパターンによって変更する構造であっても、横バイアス磁界付加磁石18と呼ぶのは、すでに説明した通りである。

[0054] また、ストライプ状の導電体24は、傾斜の方向が異なるパターンが磁性膜12上に形成されている。これらのパターンの会合部には、共通電極24cが形成される。これは、方向が異なる横バイアス磁界付加磁石18を持つセンサ素子が、直列に接続されたのと同じである。共通電極24cを接地し、センサ素子同士の両端電極14a、14bを出力とすると、2つのセンサ素子の出力を合成することができ、感度が倍になる。

[0055] また、接地されていることで、出力のドリフトが抑制される。このように、実質的に複数のセンサ素子が1つのパターンとして一体的に作製されているものもセンサ素子13と呼んでよい。

[0056] なお、電圧計22は、このようなセンサ素子13に対応するため、両端電極14a、14bを合成するための抵抗22r1、22r2を介する入力と

、共通電極 24 c を接地して入力とする 2 つの入力を有するアンプ 22 A で構成された例を示す。

[0057] また、縦バイアス磁界付加磁石 20 は、薄い永久磁石 20 c に感温磁性体 20 d、20 e を連結したものである。ここで薄い永久磁石 20 c とは、面方向に磁極が形成されている磁石であって、磁極間が、磁極面を構成する縦横の少なくともいずれかの長さより短いものをいう。感温磁性体 20 d、20 e は、透磁率が高く、温度特性が異なるものを複数種類使用し、薄い永久磁石 20 c に近い方から遠い方に向かって温度特性が大きくなるように設定する。

[0058] 図 5 では 2 種類の感温磁性体 20 d、20 e を使用した。薄い永久磁石 20 c に近い感温磁性体 20 d の温度特性は、遠い感温磁性体 20 e の温度特性より小さい。また、薄い永久磁石 20 c は温度特性が、温度補償機能付磁気センサ 3 が用いられる温度領域で小さくてよい。

[0059] 以上の構成の温度補償機能付磁気センサ 3 の動作について図 6 を参照して説明する。図 6 (a) を参照して、薄い永久磁石 20 c は、反磁界の影響で、もれ磁界は小さい。この薄い永久磁石 20 c を高透磁率の感温磁性体 20 d、20 e で挟持すると、磁極 N、S は、感温磁性体 20 e 側 (20 a、20 b) に発現する。

[0060] 図 6 (b) を参照して、ここで周囲の温度が上がると、磁性膜 12 の磁気抵抗効果はブロードとなる。一方、温度特性の大きな感温磁性体 20 d、20 e は、薄い永久磁石 20 c に遠い感温磁性体 20 e から透磁率を喪失する。すると、磁極 N、S は、次の感温磁性体 20 d の端部 20 d a、20 d b 間に発現する。この時の磁界は、磁性膜 12 から見ると、磁極 20 a、20 b 間に発現していた縦バイアス磁界  $H_{ob}$  が小さくなったのと同様になる。

[0061] また磁界が発生しなくなった磁極 20 a、20 b 付近の磁性膜 12 a、12 b には縦バイアス磁界  $H_{ob}$  が印加されなくなったと見ることもできる。結果、磁性膜 12 の磁気抵抗効果は、磁化 M の縦バイアス磁界  $H_{ob}$  による拘束が小さくなり、急峻な山形へと移行し、磁気センサとしての感度は変化

しない（図4参照）。

[0062] なお、図6（c）を参照して、縦バイアス磁界 $H_{ob}$ を発生させるのは、実施の形態1でも説明した感温磁性体の磁石であってもよい。この場合は、磁極の移動はないが、磁石の発する磁界自体が減少する。

[0063] （実施の形態3）

実施の形態1および2では、縦バイアス磁界付加磁石20の温度特性を横バイアス磁界付加磁石18の温度特性より大きくすることで、センサ素子13全体としての温度特性を一定にする構成を説明した。これは、磁性膜12の温度特性と縦バイアス磁界付加磁石20の温度特性を打ち消し合わせるという技術思想である。本発明に係るセンサ素子13は、これだけに限定されるものではなく、磁性膜12の温度特性と、縦バイアス磁界付加磁石20および横バイアス磁界付加磁石18の温度特性を打ち消し合わせるように構成してもよい。

[0064] 図7には、その原理を示す。図7には、磁気抵抗効果のグラフを示す。横軸は、磁性膜12の横方向に印加される磁界 $H$ であり、縦軸は磁性膜12の抵抗値 $R_{m,r}$ である。すでに述べたように、最初に曲線C10であった磁気抵抗効果は、磁性膜12の温度特性により、温度が上がると、はブロードになる方向に変化する（C11）。一方、縦バイアス磁界 $H_{ob}$ が温度上昇によって、小さくなると、磁気抵抗効果は、急峻になる方向に変化する。実施の形態1および2はこれらの効果を打ち消し合わせる。

[0065] しかし、後述する実施例に示すように、縦バイアス磁界 $H_{ob}$ が減少すると、磁気抵抗効果は指数関数的に急峻な方向に変化する（C12）。つまり、磁性膜12の磁気抵抗効果が温度上昇によってブロードになる程度（C11）より、縦バイアス磁界 $H_{ob}$ が減少することによる磁気抵抗効果が急峻になる程度（C12）が大きい場合がある。

[0066] このような場合、動作点 $H_p$ は、磁気抵抗効果を示す曲線C15の裾野の部分 $H_{p15}$ になってしまい、センサ素子13としての感度は著しく減少する。そこで、横バイアス磁界 $H_{tb}$ も同時に減少させ（ $H_{tb16}$ ）、動作

点 $H_p$ をより感度が高い部分 $H_p 16$ に移動させる。なお、図7では、感度を磁気抵抗効果を表す曲線の接線として示した。すなわち、動作点 $H_p$ における傾き（矢印で示した。）は、動作点 $H_p 15$ における傾きより急な傾斜であり、動作点 $H_p 16$ での傾きは、動作点 $H_p$ での傾きとほぼおなじである。

[0067] 図8には、具体的な方法を示す。図8(a)を参照して、磁性膜12に対して斜め方向のバイアス磁界（斜めバイアス磁界 $H_{sb}$ ）を印加する。この斜めバイアス磁界 $H_{sb}$ を磁性膜12に印加する磁石を斜めバイアス磁界付加磁石40と呼ぶ。斜めバイアス磁界付加磁石40は、温度特性が同じ程度の磁石を複数個組み合わせても良いし、電磁石であってもよい。

[0068] すなわち、温度上昇と共に磁気特性が低下する縦バイアス磁界付加磁石20と、縦バイアス磁界付加磁石20の磁気特性の変化に伴って、動作点 $H_p$ での感度があまり変化しないように横バイアス磁界を低下させる横バイアス磁界付加磁石18を組み合わせ使用してもよい。また、温度によって、出力磁界を変化させるように制御された、電磁石を用いてもよい。また、これらの永久磁石および、電磁石を組み合わせ斜めバイアス磁界付加磁石40を構成してもよい。

[0069] 例えば、一对の磁極によって発生する磁界を磁性膜12の縦方向に対して斜めの方向に印加すれば構成として単純で好適である。例えば、図2で示したC字型磁石（縦バイアス磁界付加磁石20）を磁性膜12に対して斜めに配置するなどである。

[0070] 磁界はベクトルであるので、斜めバイアス磁界 $H_{sb}$ は、縦バイアス磁界成分と横バイアス磁界成分に分けて考えることができる。ここでは、縦バイアス磁界成分を等価縦バイアス磁界 $H_{sbv}$ と呼び、横バイアス磁界成分を等価横バイアス磁界 $H_{sbh}$ と呼ぶ。

[0071] 等価横バイアス磁界 $H_{sbh}$ は、磁性膜12の横方向（縦方向に直角な方向）に印加されたとみなせる磁界である。すなわち、磁気抵抗効果の動作点 $H_p$ を移動させる効果を有する。図5で示したバーバーポール構造を同じ効



果を示すといってもよい。斜めバイアス磁界付加磁石40は、等価縦バイアス磁界 $H_{sbv}$ と等価横バイアス磁界 $H_{sbh}$ によって、縦バイアス磁界付与磁石20と横バイアス磁界付与磁石18を有していると同等と考えられる。したがって、図8のような構成もセンサ素子13と呼んでよい。

[0072] 図8(b)には、斜めバイアス磁界 $H_{sb}$ に対して縦方向が傾斜した磁性膜であって、互いに斜めバイアス磁界 $H_{sb}$ の方向を線対称軸として対称な位置に配置された第1磁性膜12と第2磁性膜42を示す。それぞれの磁性膜12、42において、等価縦バイアス磁界 $H_{sbv}$ と等価横バイアス磁界 $H_{sbh}$ を考える。第1磁性膜12および第2磁性膜42が、斜めバイアス磁界 $H_{sb}$ が印加されている方向とのなす角はそれぞれ $\phi$ であるとする。

[0073] 磁性膜12の等価縦バイアス磁界 $H_{sbv}$ を符号12( $H_{sbv}$ )、等価横バイアス磁界 $H_{sbh}$ を符号12( $H_{sbh}$ )とする。また、磁性膜42の等価縦バイアス磁界 $H_{sbv}$ と等価横バイアス磁界 $H_{sbh}$ をそれぞれ符号42( $H_{sbv}$ )、42( $H_{sbh}$ )とする。

[0074] 第1磁性膜12と第2磁性膜42の等価縦バイアス磁界 $H_{sbv}$ と等価横バイアス磁界 $H_{sbh}$ は、斜めバイアス磁界 $H_{sb}$ の方向を対称軸として線対称の関係にあることがわかる。つまり、第1磁性膜12と第2磁性膜42の縦バイアス磁界 $H_{ob}$ に対して、第1磁性膜12と第2磁性膜42の横バイアス磁界 $H_{tb}$ の方向は互いに逆向きに印加されている。

[0075] 図8では第1磁性膜12の横バイアス磁界とは、等価横バイアス磁界12( $H_{sbh}$ )であり、第2磁性膜42の横バイアス磁界とは、等価横バイアス磁界42( $H_{sbh}$ )である。これらは、それぞれの縦バイアス磁界(12( $H_{sbv}$ )と42( $H_{sbv}$ ))に対してそれぞれ右側と左側になっている。

[0076] 図9(a)には、図8(b)の第1磁性膜12と第2磁性膜42を並列に接続した構成を示す。この時の第1磁性膜12と第2磁性膜42の磁気抵抗効果を図9(b)に示す。図9(b)において、横軸は、斜めバイアス磁界 $H_{sb}$ 方向に直角な方向から印加された磁界 $H$ であり、縦軸は電極14a、

14 b間の抵抗値 $R_{mr}$ である。

[0077] 第1磁性膜12の磁気抵抗効果 $CMR_{12}$ は、等価横バイアス磁界12 ( $H_{sbh}$ ) によって、マイナス方向にバイアスされている。また、第2磁性膜42の磁気抵抗効果 $CMR_{42}$ は、等価横バイアス磁界42 ( $H_{sbh}$ ) によって、プラス方向にバイアスされている。

[0078] 電極14 a、14 b間の抵抗値 $R_{mr}$ はこれらの差分として観測される。すなわち、外部から斜めバイアス磁界 $H_{sb}$ 方向に直角な方向に外部磁界 $\Delta H$ が印加されると、抵抗値の変化 $\Delta R_{mr}$ は、それぞれの磁気抵抗効果の曲線の差分の分として得られる。もし、磁性膜12だけであれば、 $\Delta H$ による抵抗変化は、動作点 $H_p$ から磁気抵抗効果 $CMR_{12}$ の点までの変化 $\Delta R_{mr_{12}}$ でしかない。したがって、出力のゲインが高くなる。

[0079] このような構成の利点として、出力のゲインが高くなるという効果に加えて、バーバーポール構造のように、磁性膜12の縦方向に対して斜め方向に流れる電流が部分的でないため、インピーダンスを大きく取れる。インピーダンスを大きく取れると、大きな出力電圧を得ることができる。斜めバイアス磁界 $H_{sb}$ の方向に対する磁性膜12の傾斜角度 $\phi$  (図9 (a)、図8 (b) 参照) を調節することで、センサ素子13自体としての感度を調節することができる。

[0080] また、導電体24を形成する必要がないので、製造が簡単になるといった効果がある。また、斜めバイアス磁界付加磁石40が温度特性を有していれば、センサ素子13自体の温度特性を補償することもできる。

[0081] 図10には、C型磁石を斜めバイアス磁界付加磁石40としたセンサ素子13の構成を示す。符号4 a、40 bは斜めバイアス磁界付加磁石40の磁極である。なお、ここでは磁性膜12はそれぞれ複数個ずつ配置した例を示す。このように、磁性膜は複数個であることを排除しない。隣接する磁性膜 (例えば磁性膜12 mと磁性膜12 n) の接続箇所12 jは、導電体で接続してもよいが、短い磁性膜自体で直列に接続してもよい。

[0082] 接続箇所12 jの磁性膜は、短くすることで、センサ素子13全体への影

響はほとんどない。電極 14 a、14 b は、基本的に図 1、図 4 と同様に設けられる。なお、図 10 (a) において、磁性膜 12 の長さを  $M_r L$ 、幅を  $M_r W$ 、磁性膜 12 同士のすきまを  $M_e S$ 、磁性膜と斜めバイアス磁界  $H_s b$  とのなす角度を  $\phi$  とする。

[0083] 磁性膜 12 は斜めバイアス磁界  $H_s b$  の方向に対して、全て同じ角度で傾斜している。そのため、斜めバイアス磁界付加磁石 40 はセンサ素子 13 の全ての磁性膜 12 の磁化を同じ方向に傾ける。つまり、図 10 (a) の全ての磁性膜 12 は、同じ方向に横バイアス磁界が印加されているのに等しい。

[0084] 図 10 (b) には、斜めバイアス磁界  $H_s b$  の方向に対して対称の位置に配置した第 1 磁性膜 12 と第 2 磁性膜 42 を有する構成例を示す。第 1 磁性膜 12 と第 2 磁性膜 42 は、それぞれの磁性膜が並列に接続されるように電極 14 a、14 b を共有しているといつてよい。

[0085] このようなセンサ素子 13 は、斜めバイアス磁界  $H_s b$  の向きが、測定対象とする電流と同じ方向になるように配置するのが好適である。斜めバイアス磁界  $H_s b$  に直角方向に測定対象から外部磁界がセンサ素子 13 に印加されるからである。なお、磁性膜 12 および磁性膜 42 がそれぞれ別のセンサ素子と考えれば、図 10 (b) には、センサ素子 13 とセンサ素子 43 が形成されていると言ってもよい。また、10 (a)、(b) のセンサ素子とも、図 4 に示すように、電流源 16 と電圧計 22 を付加することで、磁気センサとなる。

[0086] (実施の形態 4)

実施の形態 1 及び 2 で示した磁気センサは、電力測定装置として応用できる。まず、電力測定装置における測定原理を図 11 を参照しつつ説明する。この回路構成は、電源 91 ( $V_{in}$ ) からの電流を電流  $I_1$  と  $I_2$  とに分けた並列回路である。電源 91 ( $V_{in}$ ) からの電流は、消費電力が測定される負荷 92 ( $R_1$ ) に電流  $I_1$  を流す搬送経路と、センサ素子 13 とセンサ抵抗 34 ( $R_2$ ) とに電流  $I_2$  を流す計測経路に並列に流される。なお、ここでセンサ抵抗 34 ( $R_2$ ) は、磁性膜 12 の抵抗値  $R_{mr}$  より十分に大きいとする。セ

ンサ抵抗34は、センサ素子13の磁性膜12に定電流を流すための抵抗である。

[0087] 負荷92に流れる電流 $I_1$ は導線の周囲に磁界Hを発生させる。この磁界Hによって、磁性膜12は、磁気抵抗効果を示し、磁性膜12両端の電圧 $V_{mr}$ も変化する。この出力電圧 $V_{mr}$ は、負荷92での消費電力に比例する。したがって、出力電圧 $V_{mr}$ を測定すれば、負荷92での消費電力を測定することができる。

[0088] 磁性膜12両端の電圧 $V_{mr}$ が、負荷92の消費電力を表すのは、以下のように説明できる。まず、負荷92に流れる電流 $I_1$ によって発生する磁界Hは、比例定数を $\alpha$ として(1)式のように表される。

$$H = \alpha I_1 \quad \dots (1)$$

[0089] 磁気抵抗効果によって変化する抵抗値 $\Delta R_{mr}$ は、この磁界Hに比例するので、比例定数を $\beta$ として(2)式のように表される。

$$\Delta R_{mr} = \beta H = \beta (\alpha I_1) \quad \dots (2)$$

[0090] 磁性膜12の全抵抗値 $R_{mr}$ は、磁界Hが印加されていない時の抵抗を $R_{mr0}$ とすると(3)式のように表される。

$$R_{mr} = R_{mr0} + \Delta R_{mr} = R_{mr0} + \alpha \beta I_1 \quad \dots (3)$$

[0091] 磁性膜12に電流 $I_2$ が流れた時の磁性膜12の両端電圧 $V_{mr}$ は(4)式のように表される。

$$\begin{aligned} V_{mr} &= R_{mr} * I_2 = (R_{mr0} + \Delta R_{mr}) * I_2 \\ &= (R_{mr0} + \alpha \beta I_1) * I_2 \quad \dots (4) \end{aligned}$$

[0092] 電源91の交流出力を $V_{in}$ とし、振幅を $V_1$ 、各周波数を $\omega$ 、時間を $t$ とすると、電源91の出力は(5)式のようになる。また、負荷92に流れる電流 $I_1$ およびセンサ素子に流れる電流 $I_2$ は(6)式、(7)式のように表される。

[0093]

[数1]

$$V_{in} = V_1 \sin \omega t \quad \cdot \cdot \cdot \quad (5)$$

$$I_1 = \frac{V_1}{R_1} \sin(\omega t - \theta) \quad \cdot \cdot \cdot \quad (6)$$

$$I_2 = \frac{V_1}{R_2} \sin \omega t \quad \cdot \cdot \cdot \quad (7)$$

[0094] 磁性膜12に電流 $I_2$ が流れた時の磁性膜12の両端電圧 $V_{mr}$ は、(8)式のように求められる。

[0095] [数2]

$$\begin{aligned} V_{mr} &= (R_{mr0} + \alpha \beta I_1) I_2 \\ &= \left( R_{mr0} + \alpha \beta \frac{V_1}{R_1} \sin(\omega t - \theta) \right) \frac{V_1}{R_2} \sin \omega t \\ &= \frac{R_{mr0}}{R_2} \frac{V_1}{R_2} \sin \omega t - \alpha \beta \frac{V_1}{R_1} \frac{V_1}{R_2} \frac{1}{2} \cos(2\omega t - \theta) + \alpha \beta \frac{V_1}{R_1} \frac{V_1}{R_2} \frac{1}{2} \cos \theta \\ &= \text{AC component} + \text{DC component} \left( k * \frac{V_1^2}{R_1} \cos \theta \right) \cdot \cdot \cdot \quad (8) \end{aligned}$$

[0096] (8)式は、AC成分とDC成分の和となっている。つまり、磁性膜12の縦方向の出力電圧 $V_{mr}$ には、交流電圧と直流電圧とが重畳されて現れる。したがって、磁性膜12の縦方向の直流電圧成分のみを計測すれば電源91に対する負荷92の消費電力( $P = I_1 * V_1 = V_1^2 / R_1$ )を測定することができる。なお、上記最終式中のDC成分は $(V_1^2 / R_1) \cos \theta$ に比例している。つまり、 $V_{mr}$ を測定することは、力率 $\cos \theta$ を含んだ有効電力を測定することになる。

[0097] 以上のような測定原理に基づき、電力測定装置4の構成を説明する。図1を参照して、磁性膜12を含むセンサ素子13とセンサ抵抗34とセンサ素子13の電圧を計測する電圧計27とを含む。電圧計27は、アンプ25とフィルタ26で構成されている。フィルタ26でアンプ25の出力の直流

成分だけを計測することができる。さらに、これらの構成を電力が計測される搬送回路に接続するための一对の接続端子（30 a、30 b）を有する。なお、被測定回路が直流の場合は、磁性膜12の両端は直流電圧しか生じないので、フィルタ26はなくてもよい。

[0098] センサ素子13は、実施の形態1および2で説明したセンサ素子13であり、横バイアス磁界付加磁石18（図示せず）と縦バイアス磁界付加磁石20を有する。図11のセンサ素子13の横バイアス磁界付加磁石18は、1種類のストライプ状の導電体24が形成された構造として実現されている。縦バイアス磁界付加磁石20は、永久磁石であり、図4で示したように温度特性を有する。

[0099] 電力測定装置4は、センサ素子13が温度補償機能を有しているので、使用される箇所での温度が変化し、磁性膜12の磁気抵抗効果に変化しても、安定した精度を維持することができる。

[0100] 図12には、センサ素子13、43を2つブリッジ回路に組み込んだものを用いた例を示す。電圧計27は、センサ素子13、43がブリッジ抵抗51、52との接続点54、55（バランス点）に接続される。このようにセンサ素子を2つ、並列にブリッジ回路に組み込み、バランス点から出力を取ることによって、出力の感度を上げることができる。

[0101] センサ素子43は、センサ素子13と同様の構造で、縦バイアス磁界付加磁石20の縦バイアス磁界の方向（縦方向）に対して逆向きの傾斜に導電体27が形成されているものを用いる。このように構成すると図9（b）に示したように、センサ素子13とセンサ素子43の磁気抵抗効果は、逆方向にバイアスされ、出力のゲインが高くなる。

[0102] なお、センサ素子13、43の縦バイアス磁界付加磁石20は同じ温度特性を有するものを用いる。また、このように接続しても、電圧計27は、センサ素子13の両端の電圧を測定すると言って良い。電圧計27は、センサ素子13の両端電圧をセンサ素子43を介して測定しているからである。

[0103] （実施の形態5）

実施の形態4で示した電力測定装置5には、斜めバイアス磁界付加磁石40を有するセンサ素子13を搭載することができる。図13には、そのような構成の電力測定装置5の構成例を示す。図11のバーバーポール型構造を有するセンサ素子の代わりに図10(a)で示した斜めバイアス磁界付加磁石40を有するセンサ素子を用いた例である。なお、符号40a、40bは斜めバイアス磁界付加磁石40の磁極を表す。

[0104] また、図14には、第1磁性膜12と第2磁性膜42を有するセンサ素子13、43を用いた場合について例示する。なお、斜めバイアス磁界付加磁石40は、センサ13、14で共有している。センサ素子13、43はそれぞれブリッジ抵抗51、52を介して電極14aを共有している。また電極14bは直接共有している。また、電圧計27は、センサ素子13、43とブリッジ抵抗51、52との接続点53、54の電圧を測定する。図12で述べたように、この場合も電圧計27はセンサ素子の両端電圧を計測していると言っても良い。

[0105] これらの電力測定装置5も、それぞれのセンサ素子13、43が温度特性補償機能を有しているので、使用される箇所での温度が変化し、第1磁性膜12および第2磁性膜42の磁気抵抗効果に変化しても、安定した精度を維持することができる。

## 実施例

[0106] 以下に磁気抵抗効果の温度補償に関する実施例を示す。図15に実験回路を示す。磁性膜12は79パーマロイのスパッタ膜をガラス基板上に成膜した。膜厚は0.3 $\mu$ mであった。この膜を、長さ10mm、幅1mmの短冊状にフォトリソグラフィで形成した。両端には、厚さ0.1 $\mu$ mの銅膜を蒸着で電極14a、14bを形成した。

[0107] ガラス基板上的磁性膜12は、ペルチェ素子上に載置した熱伝導板60上に配置させ、真空チャンバー62中に入れた。外部磁界発生用磁石65および縦バイアス磁界付加磁石20として電磁石を真空チャンバー62の外側に配置した。磁性膜12の端子電圧14a、14bはデジタルマルチメータ6

4で抵抗値を測定した。

[0108] 熱伝導板60の温度はデータロガーで測定し記録した。熱伝導板60の温度を磁性膜12の温度とした。測定は、まず真空チャンバー中を0.1気圧まで減圧し、熱伝導板60の温度をペルチェ素子で変化させ、磁性膜12の温度を変化させた。測定する温度で熱伝導板の温度が安定したのを確認し、縦バイアス磁界付加磁石20で所定の縦バイアス磁界を印加した後、外部磁界発生用磁石65で磁性膜12にかかる外部磁界を変えながら、電気抵抗値をデジタルマルチメータ64で測定した。

[0109] この測定によって、所定温度、所定縦バイアス磁界における磁気抵抗効果のグラフを得ることができた。得られた磁気抵抗効果のグラフより、ピーク値の半分の抵抗値となる点を動作点 $H_p$ とし、動作点 $H_p$ における傾き( $\Omega/O_e$ )を求めた。感度は、この傾きをピーク値の抵抗値で規格化し、磁界をSI単位系(A/m)に換算することで、「 $\%/(A/m)$ 」の単位で表した。

[0110] 測定結果を図16に示す。横軸は磁性膜12の温度( $^{\circ}C$ )で、縦軸は感度( $\%/(A/m)$ )である。磁性膜12の温度が上昇するに従い、感度は直線的に減少した。

[0111] 次に磁性膜の温度を $25^{\circ}C$ 一定とし、縦バイアス磁界を変化させながら、磁気特性効果を測定した。図17に結果を示す。図17(a)は磁気抵抗効果の測定結果の一例を示す。横軸は外部磁界の強度( $O_e$ )であり、縦軸は磁性膜12の両端の抵抗値( $\Omega$ )である。

[0112] 縦バイアス磁界 $H_{ob}$ が0、40、80( $O_e$ )と変化するに従い、磁気抵抗効果の形状は大きく変化した。図17(b)には、縦バイアス磁界と感度の関係を示す。横軸は縦バイアス磁界( $O_e$ )であり、縦軸は感度( $\%/(A/m)$ )である。縦バイアス磁界の強度に対して感度は指数関数的に変化した。

[0113] これらのことから、磁性膜12の感度は温度が上昇すると低下し、(温度が上昇して)縦バイアス磁界が減少すると上昇することが確認された。また



磁性膜 1 2 自体の温度特性による感度の低下の程度が直線的であるのに対して、縦バイアス磁界の減少による感度の上昇の程度は指数関数的であることが確認された。

[0114] 図 1 8 に、上記の結果を基に、センサ感度を一定にするために必要な縦バイアス磁界の変化を計算したグラフを示す。横軸は室温からの温度変化量  $\Delta t$  (°C) であり、縦軸は縦バイアス磁界  $\Delta H$  (Oe) である。室温から  $\pm 100$  °C の範囲でおおよそ  $\pm 4$  (Oe) の縦バイアス磁界の変化が必要である。なお、グラフの原点は室温 (20 °C) で、縦バイアス磁界として 400 Oe の磁界を印加しているとした。

[0115] 図 1 8 の結果より  $-20$  °C では縦バイアス磁界を 40.75 (Oe) にし、 $120$  °C では 36.5 (Oe) の縦バイアス磁界を印加すれば温度補償ができる。これに基づいて実際に温度補償を確認した。

[0116] 図 1 9 に測定結果を示す。横軸は磁性膜の温度であり、縦軸は感度 (% / (A/m)) である。図 1 6 で示した特性を有する磁性膜 1 2 に図 1 8 で求めた補償のための縦バイアス磁界を印加することで、感度の温度特性をほぼゼロにすることができた。つまり、温度によって変化した感度は、縦バイアス磁界を変更することで、補償されていることが確認できた。

[0117] 図 2 0 には、図 1 0 (b) に示したタイプのセンサ素子 1 3 についての磁気抵抗効果について測定した結果を示す。作製したセンサ素子 1 3 は、第 1 磁性膜 1 2 および第 2 磁性膜 4 2 をパーマロイのスパッタ膜でガラス基板上に膜厚  $0.3 \mu\text{m}$  の厚さで成膜した。これを図 1 0 (b) のように形成した。より詳しくは磁性膜 1 2 の長さ  $M r L$  は、 $400 \mu\text{m}$ 、幅  $M r W$  は  $20 \mu\text{m}$  である。第 1 磁性膜 1 2 および第 2 磁性膜とも 17 本の磁性膜を直列に接続した形状になっている。

[0118] なお、斜めバイアス磁界との角度 (図 1 0 (a) の  $\phi$ ) は 35、45、55 度の 3 種類を作製した。図 2 0 (a) ~ (c) を参照して、横軸は斜めバイアス磁界に対して直角方向の外部磁界強度  $H$  (Oe) であり、縦軸は電極 1 4 a、1 4 b 間の抵抗 ( $\Omega$ ) である。測定時の縦バイアス磁界は 25 (O

e)、温度は25℃であった。

[0119] それぞれのグラフには、第1磁性膜12による磁気抵抗効果と、第2磁性膜42による磁気抵抗効果の測定結果を示した。第1磁性膜12はマイナス方向にバイアスされているのに対して、第2磁性膜42は、プラス方向にバイアスされているのが分かる。それぞれの会合点（外部磁界がゼロの時の点）は、角度 $\phi$ が小さい時は高いにあり、角度が大きくなると低くなった。ちょうど45度の時に、磁気抵抗効果の全幅 $M_r D$ に対する中間の位置になった。つまり、会合点は、磁気抵抗効果の振幅に対して変化するのが分かった。

### 産業上の利用可能性

[0120] 本発明に係る磁気センサは、使用環境の温度が変化して磁性素子の磁気抵抗効果に変化しても、安定した精度を維持することができる。したがって、さまざまな場所に利用する電力計や電池システム等に好適に利用することができる。

### 符号の説明

- [0121] 1 磁気センサ  
2、3 温度補償機能付磁気センサ  
4 電力測定装置  
9 電源  
10 基板  
12 磁性膜  
12 a、12 b (磁極付近の) 磁性膜  
12 j 磁性膜同士の接続箇所  
13 センサ素子  
14 a、14 b 電極  
16 電流源  
18 横バイアス磁界付加磁石  
18 a、18 b 磁極

20 縦バイアス磁界付加磁石  
20 a、20 b 磁極  
20 c 薄い永久磁石  
20 d、20 e 感温磁性体  
22 電圧計  
22 A アンプ  
22 r 1、22 r 2 抵抗  
24 導電体  
24 c 共通電極  
25 アンプ  
26 フィルタ  
27 電圧計  
30 a、30 b 接続端子  
34 センサ抵抗  
40 斜めバイアス磁界付加磁石  
51、5ブリッジ抵抗2  
91 電源  
92 負荷  
I 電流  
M 磁化  
R<sub>m r</sub> 磁性膜の縦方向の抵抗値  
 $\Delta R_{m r}$  抵抗変化量  
H<sub>t b</sub> 横バイアス磁界  
H<sub>o b</sub> 縦バイアス磁界  
S ダイナミックレンジ  
H<sub>s b</sub> 斜めバイアス磁界

## 請求の範囲

- [請求項1] 磁気抵抗効果を有する磁性膜と  
前記磁性膜に電流を流すための前記磁性膜を介して対向した一対の電極と、  
前記電極の対向方向に第1のバイアス磁界を発生させる縦バイアス磁界付加磁石と、  
前記縦バイアス磁界付加手段に直角方向に第2のバイアス磁界を発生させる横バイアス磁界付加磁石を有し、  
前記縦バイアス磁界付加磁石の温度特性が前記横バイアス磁界付加磁石の温度特性より大きいことを特徴とするセンサ素子。
- [請求項2] 前記横バイアス磁界付加磁石は前記磁性膜の表面に設けられた導電体により構成させることを特徴とする請求項1に記載されたセンサ素子。
- [請求項3] 前記縦バイアス磁界付加磁石は温感磁性膜で構成されたことを特徴とする請求項1または2に記載されたセンサ素子。
- [請求項4] 前記縦バイアス磁界付加磁石は、永久磁石のN極およびS極の両端に同じ温度特性を有する温感磁性膜を配置させ、前記磁性膜に隣接配置したことを特徴とする請求項1または2に記載されたセンサ素子。
- [請求項5] 磁界を検出する磁気センサであって、  
請求項1乃至4のいずれかのセンサ素子と、  
前記センサ素子の両端電極間に電流を流す電流源と、  
前記センサ素子の前記両端電極間の電圧を計測する電圧計を有することを特徴とする磁気センサ。
- [請求項6] 磁気抵抗効果を有する磁性膜と  
前記磁性膜に電流を流すための前記磁性膜を介して対向した一対の電極と、  
前記磁性膜の縦方向に対して斜め方向のバイアス磁界を発生させる温度特性を有する斜めバイアス磁界付加磁石を有することを特徴とする

るセンサ素子。

[請求項7] 前記斜め方向のバイアス磁界に対して、前記磁性膜と逆方向に傾斜し、

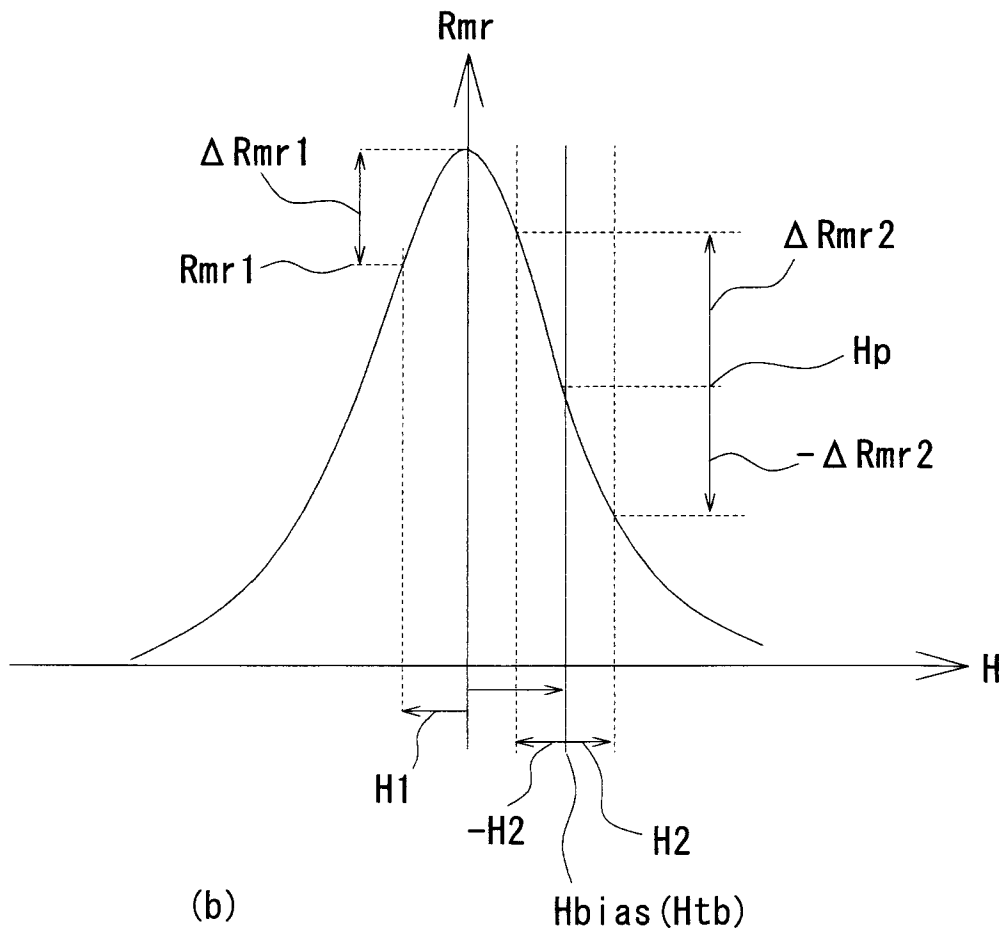
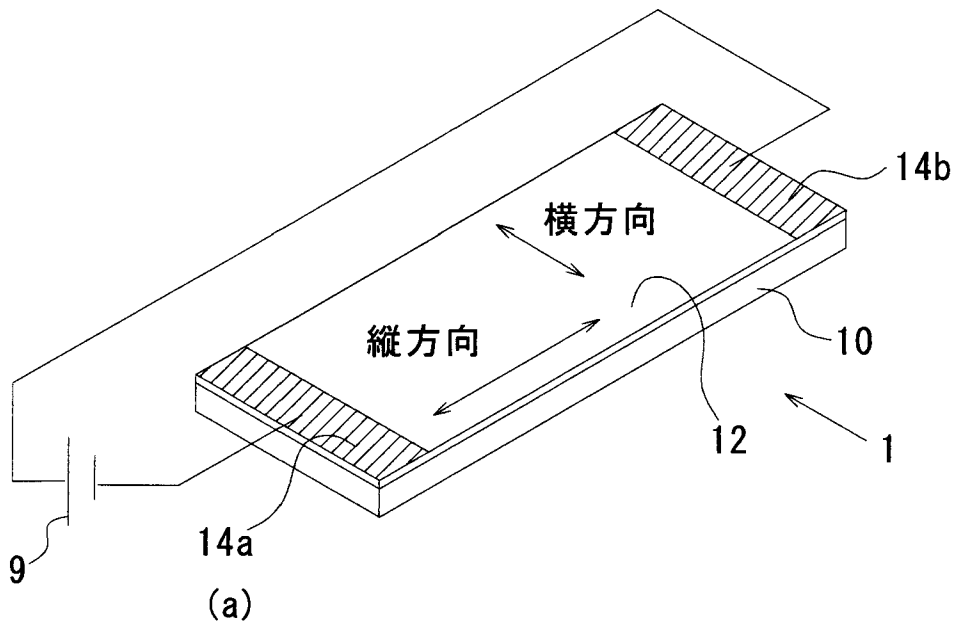
それぞれが並列に接続されるように、前記一对の電極を共有する電極を有した第2の磁性膜を有することを特徴とする請求項6に記載されたセンサ素子。

[請求項8] 前記斜め方向のバイアス磁界に対して、前記磁性膜と前記斜め方向のバイアス磁界がなす角度と同じ角度であって、前記磁性膜と逆方向に傾斜することを特徴とする請求項6または7の何れかに記載されたセンサ素子。

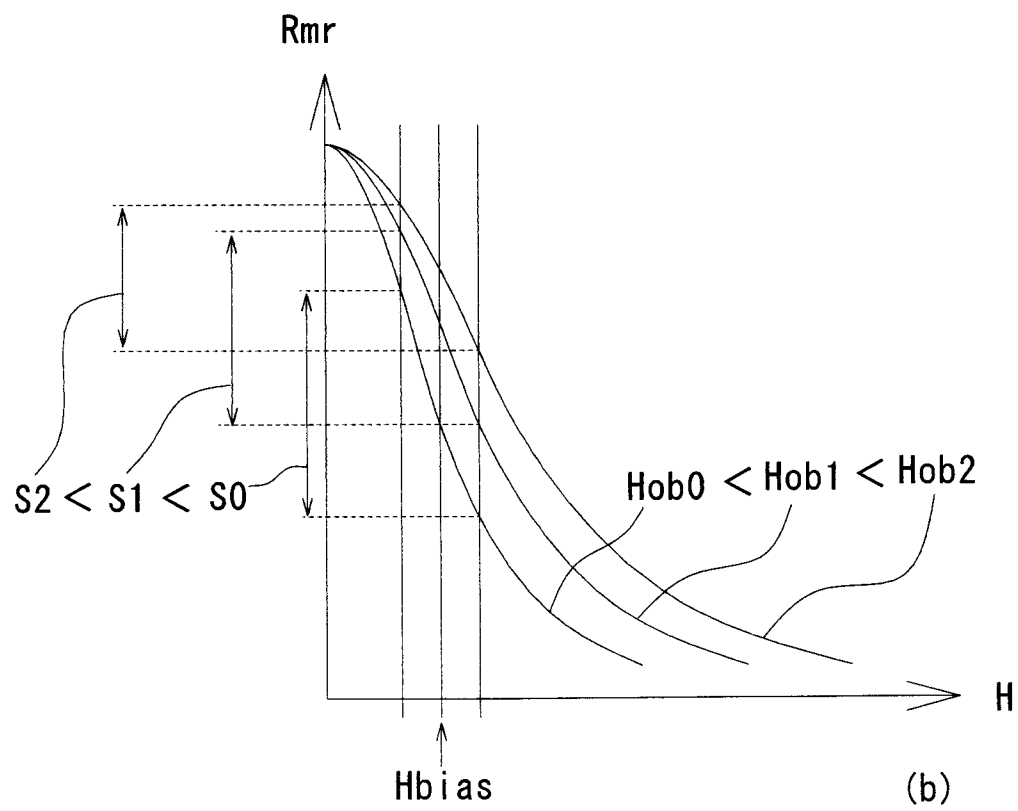
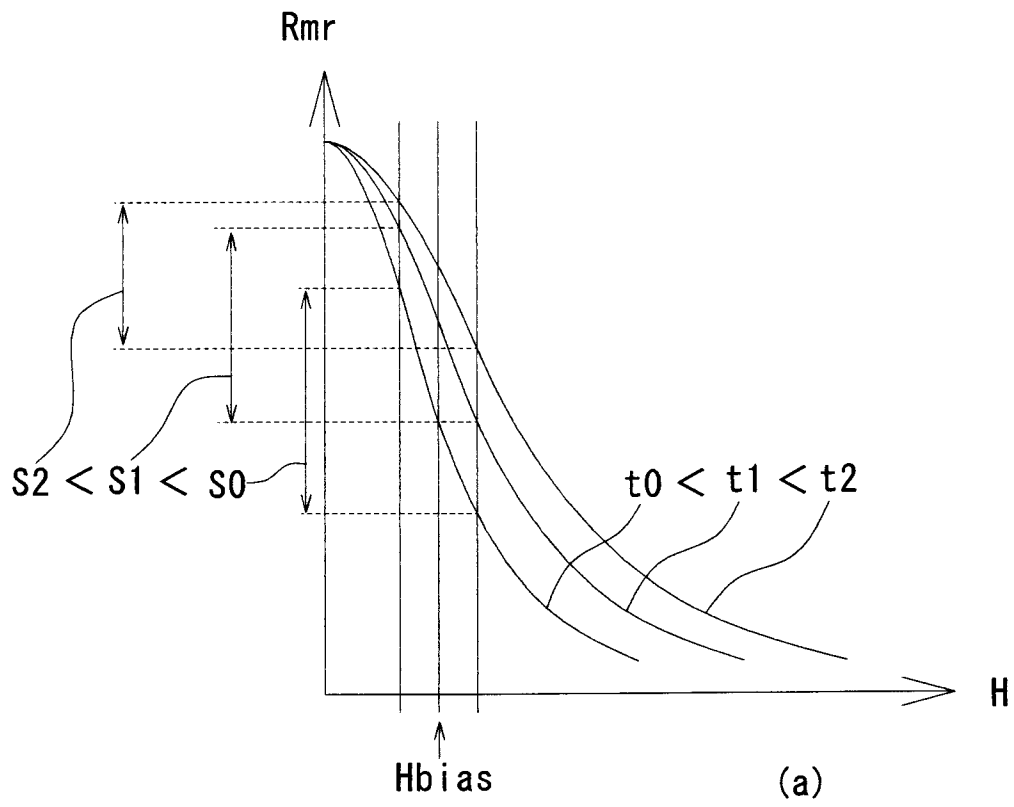
[請求項9] 磁界を検出する磁気センサであって、  
請求項7乃至8のいずれかのセンサ素子と、  
前記センサ素子の両端電極間に電流を流す電流源と、  
前記センサ素子の前記両端電極間の電圧を計測する電圧計を有することを特徴とする磁気センサ。

[請求項10] 電源と負荷が接続線によって接続された回路において前記負荷で消費される電力を計測する電力測定装置であって、  
前記接続線に隣接配置される電源請求項1乃至8のいずれかのセンサ素子と、  
前記センサ素子の両端電圧を計測する電圧計と、  
前記センサ素子の一端に一端が接続されたセンサ抵抗と、  
前記電源に対して前記負荷と並列に接続するために、前記センサ素子の他端に設けられた第1の接続端子と、前記センサ抵抗の他端に設けられた第2の接続端子を有することを特徴とする電力測定装置。

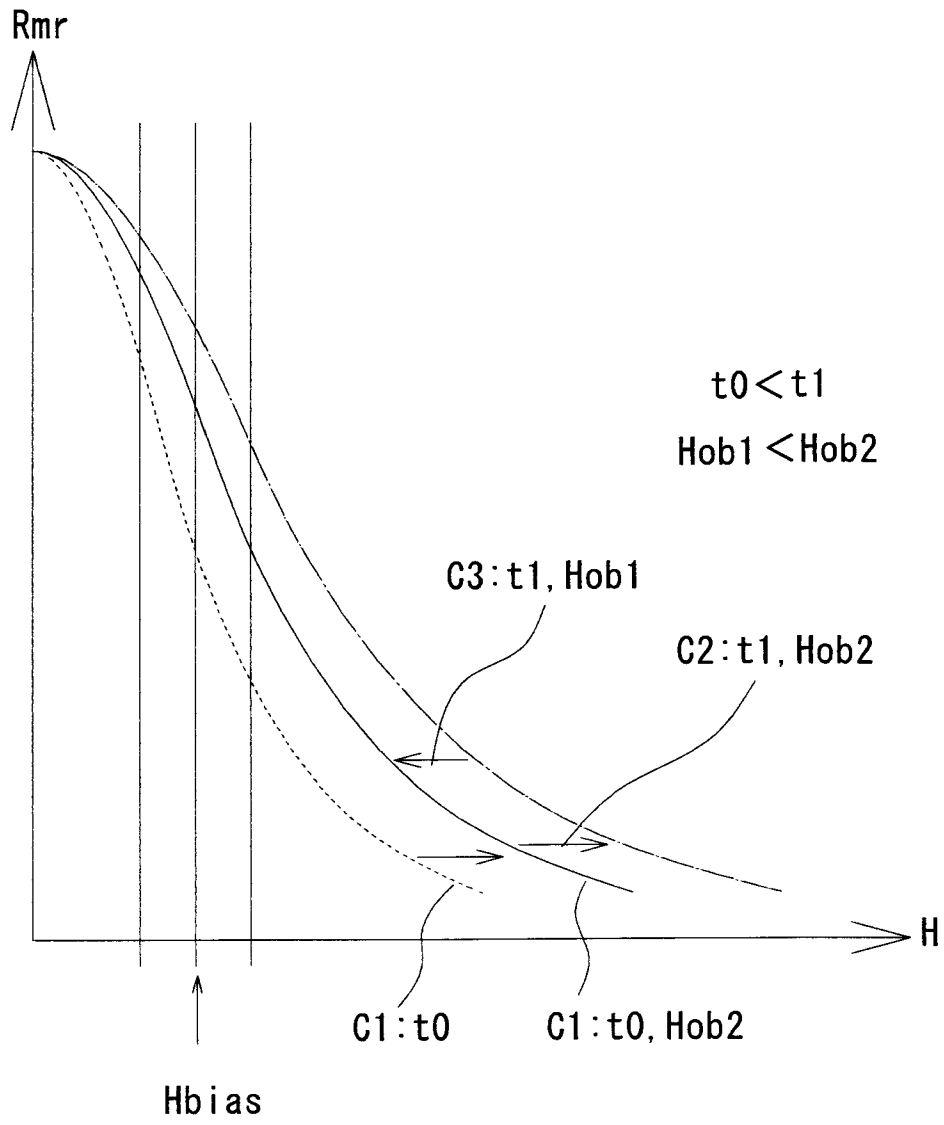
[図1]



[図2]

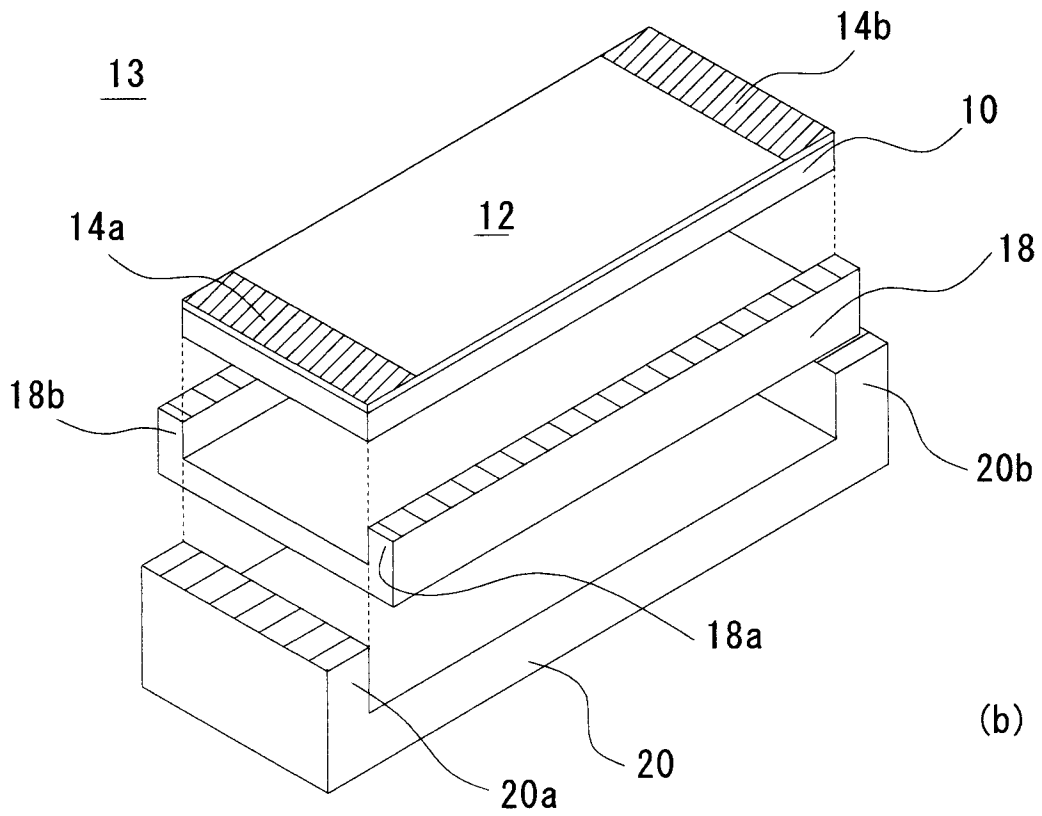
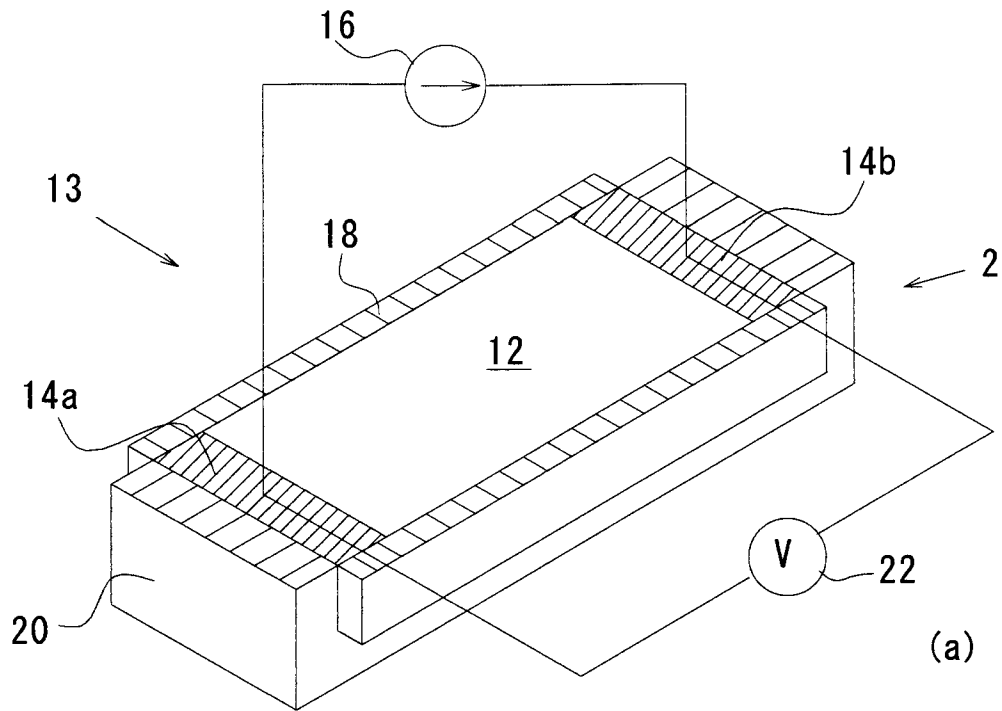


[図3]

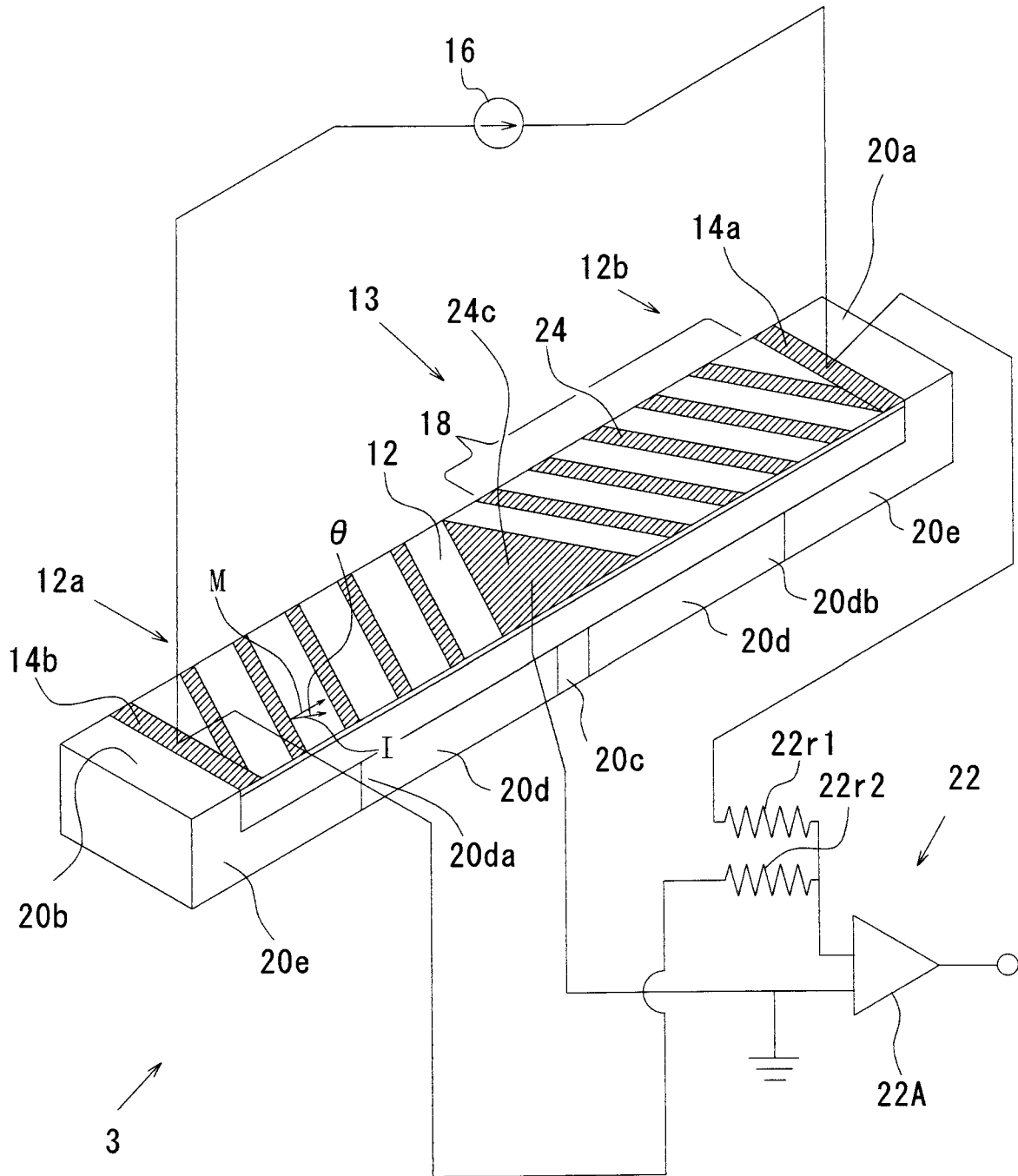




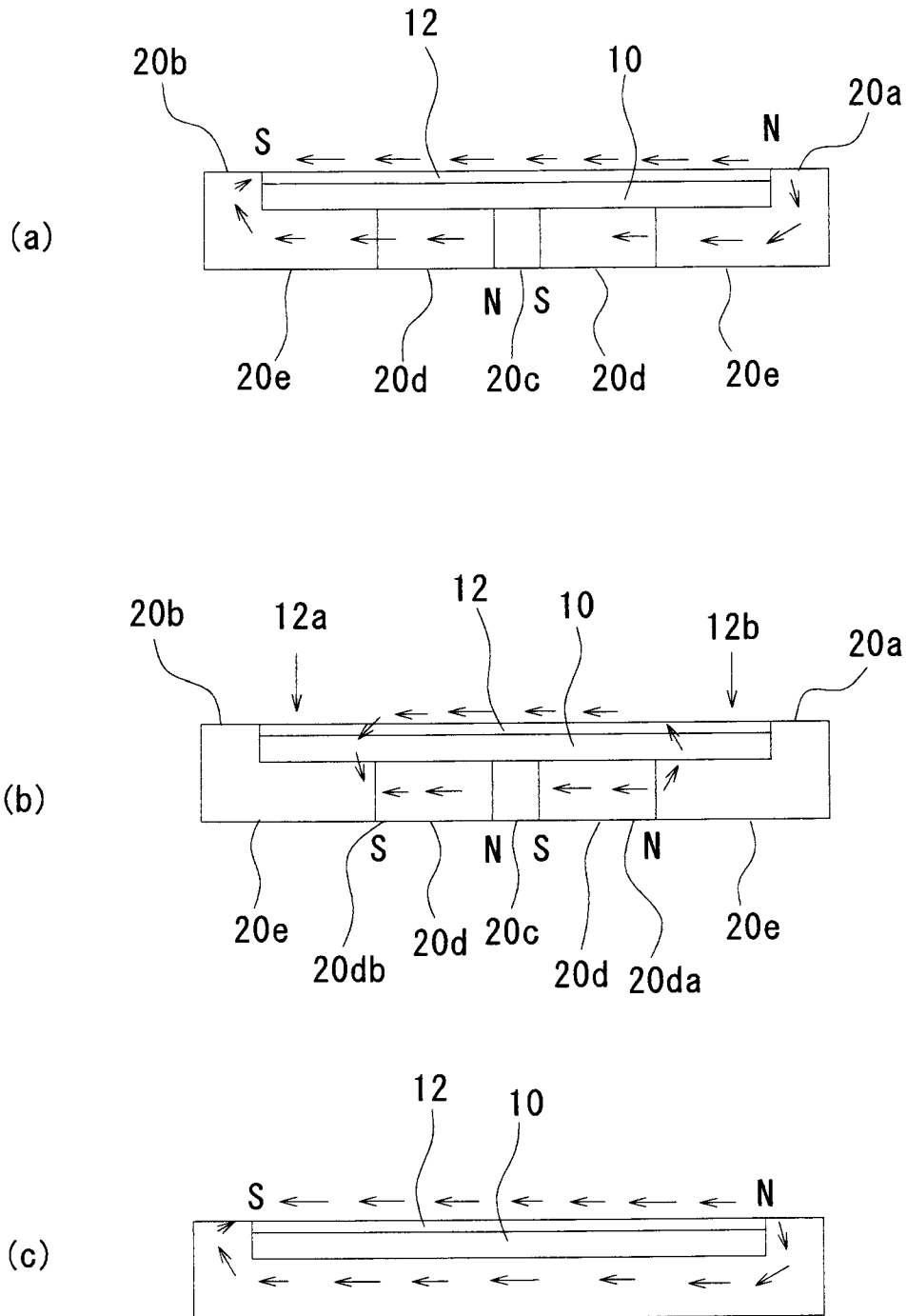
[図4]



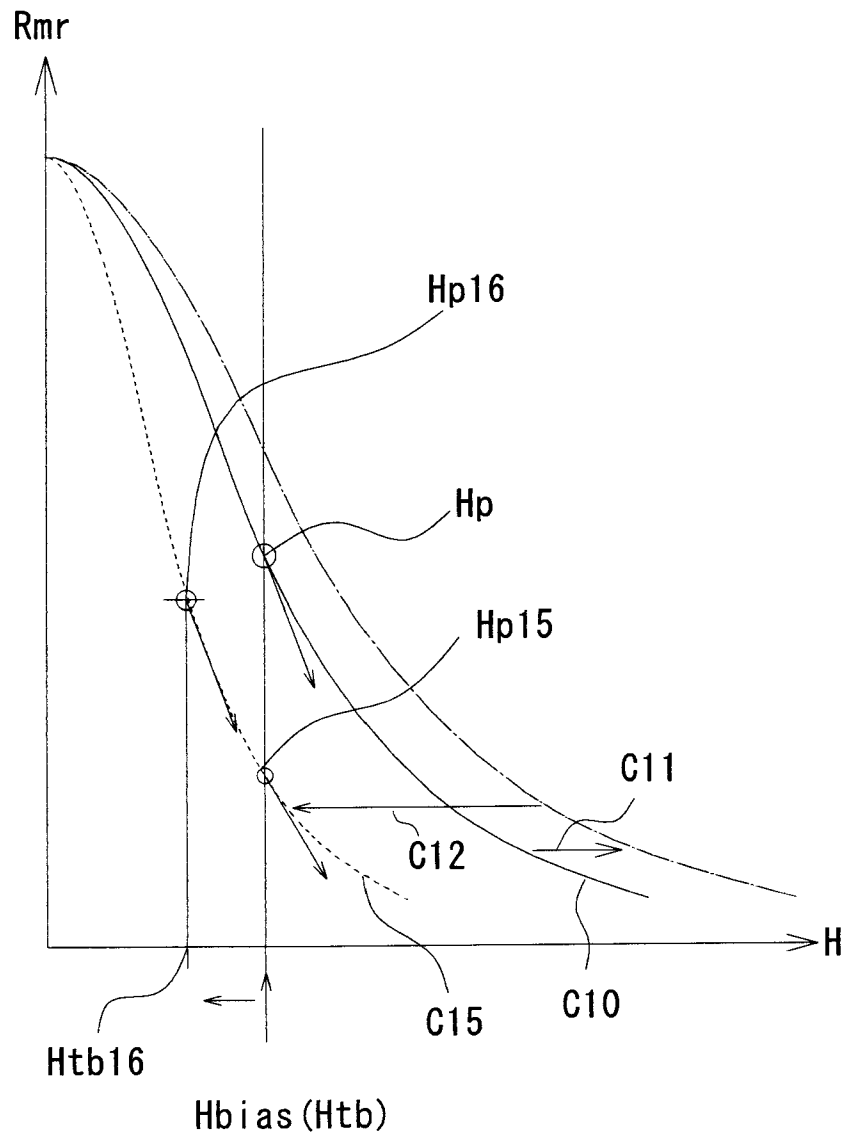
[図5]



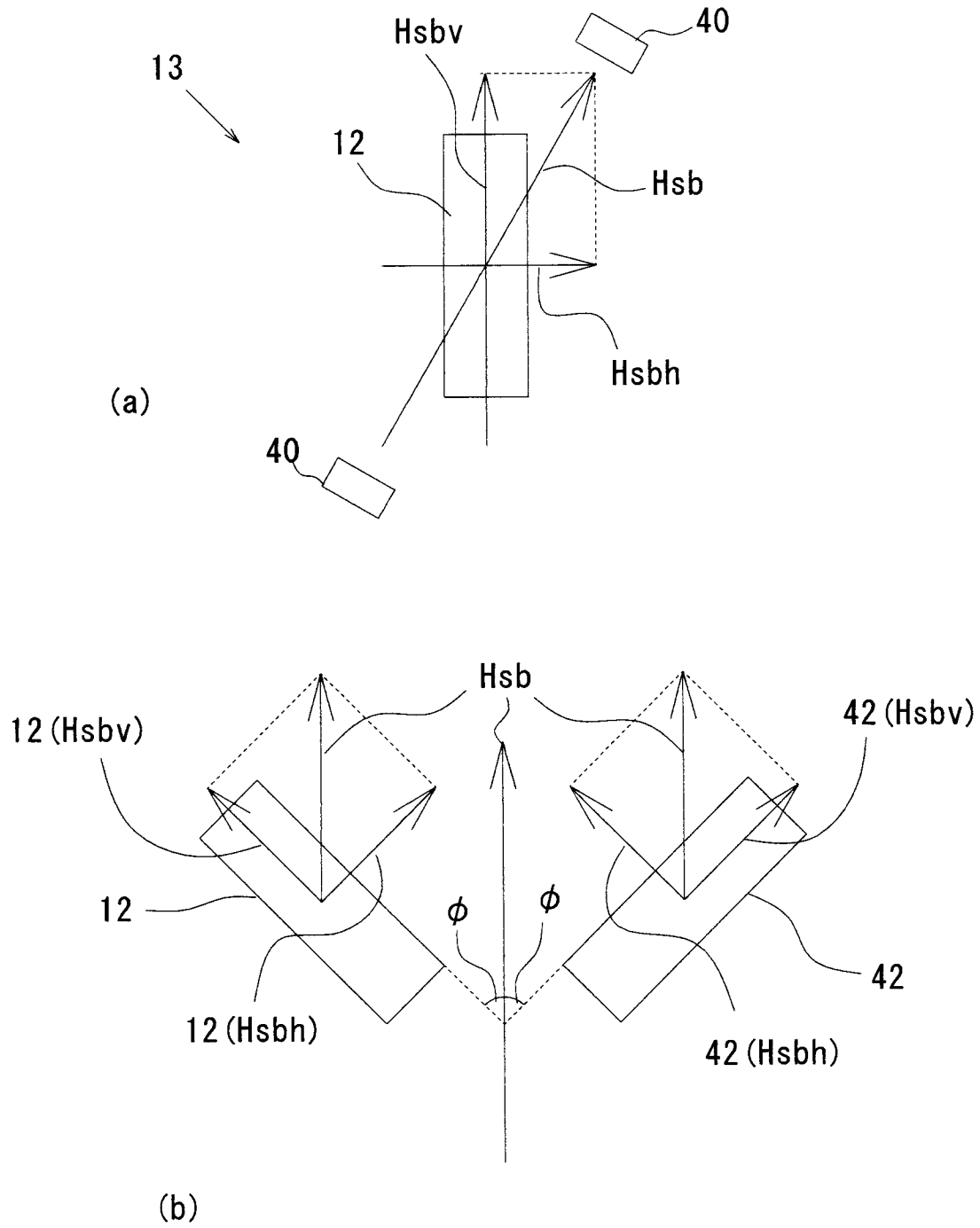
[図6]



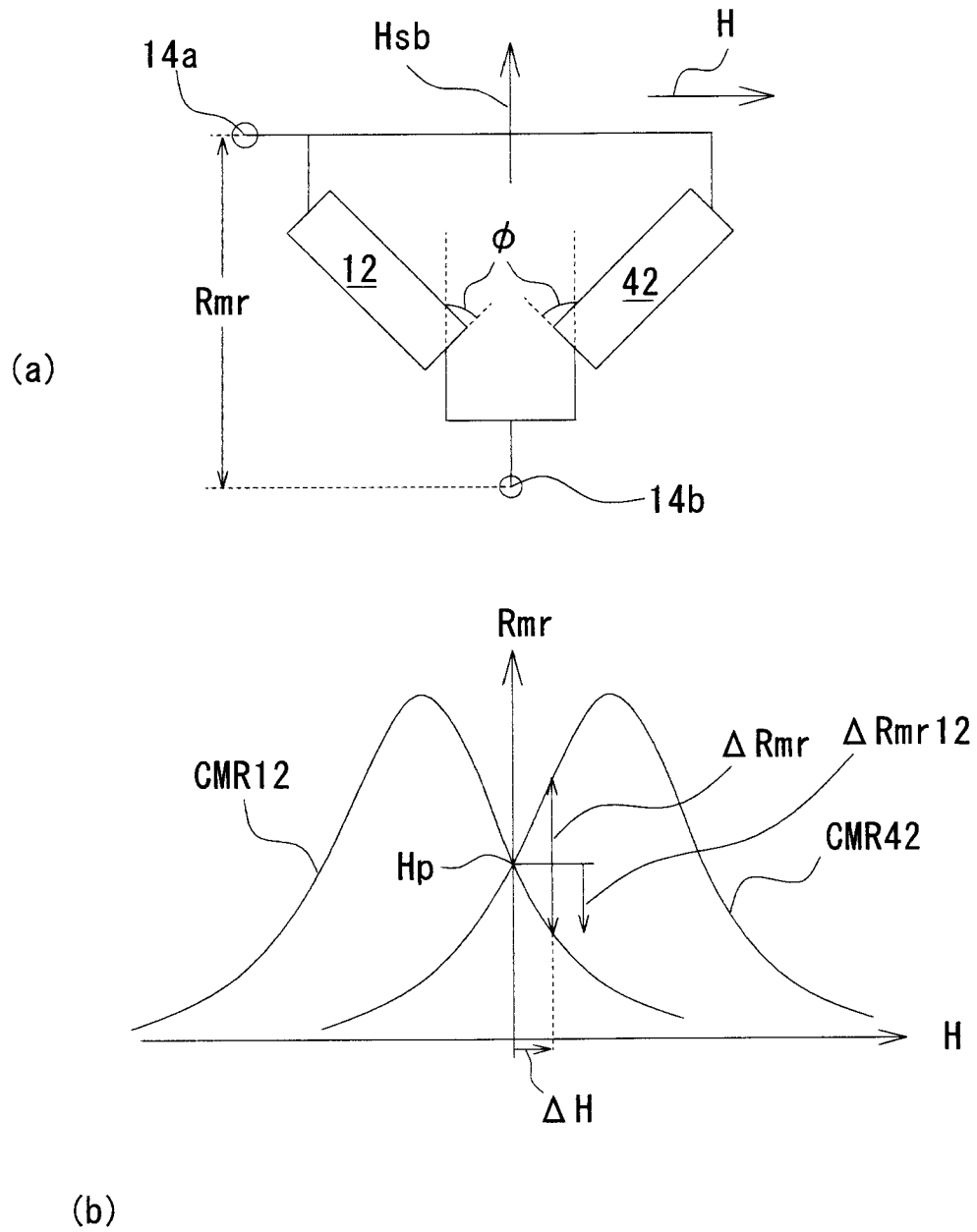
[図7]



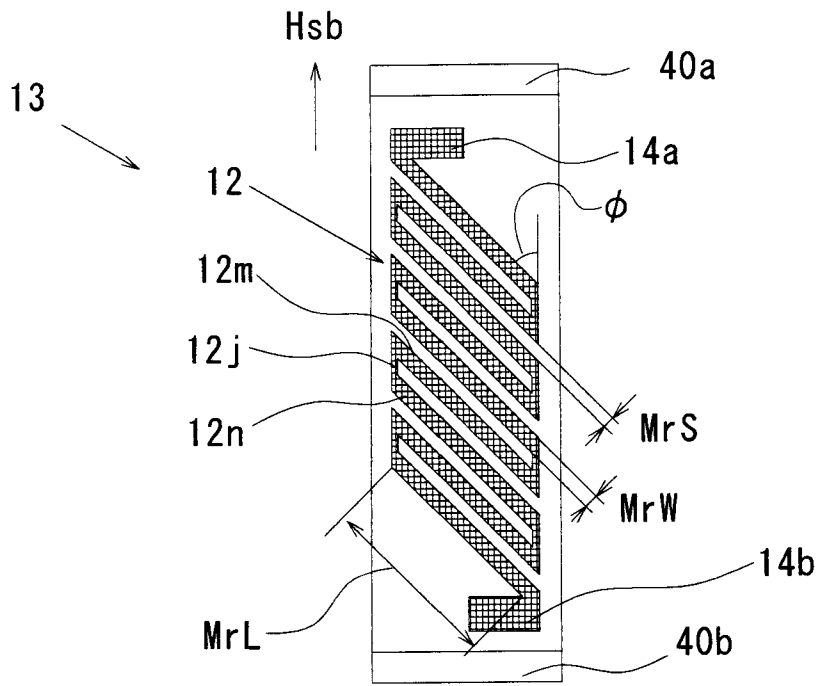
[図8]



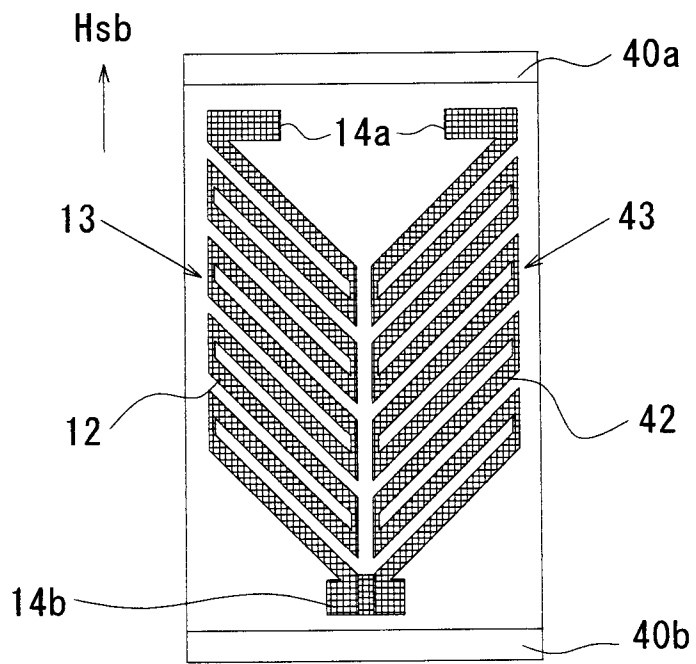
[図9]



[図10]

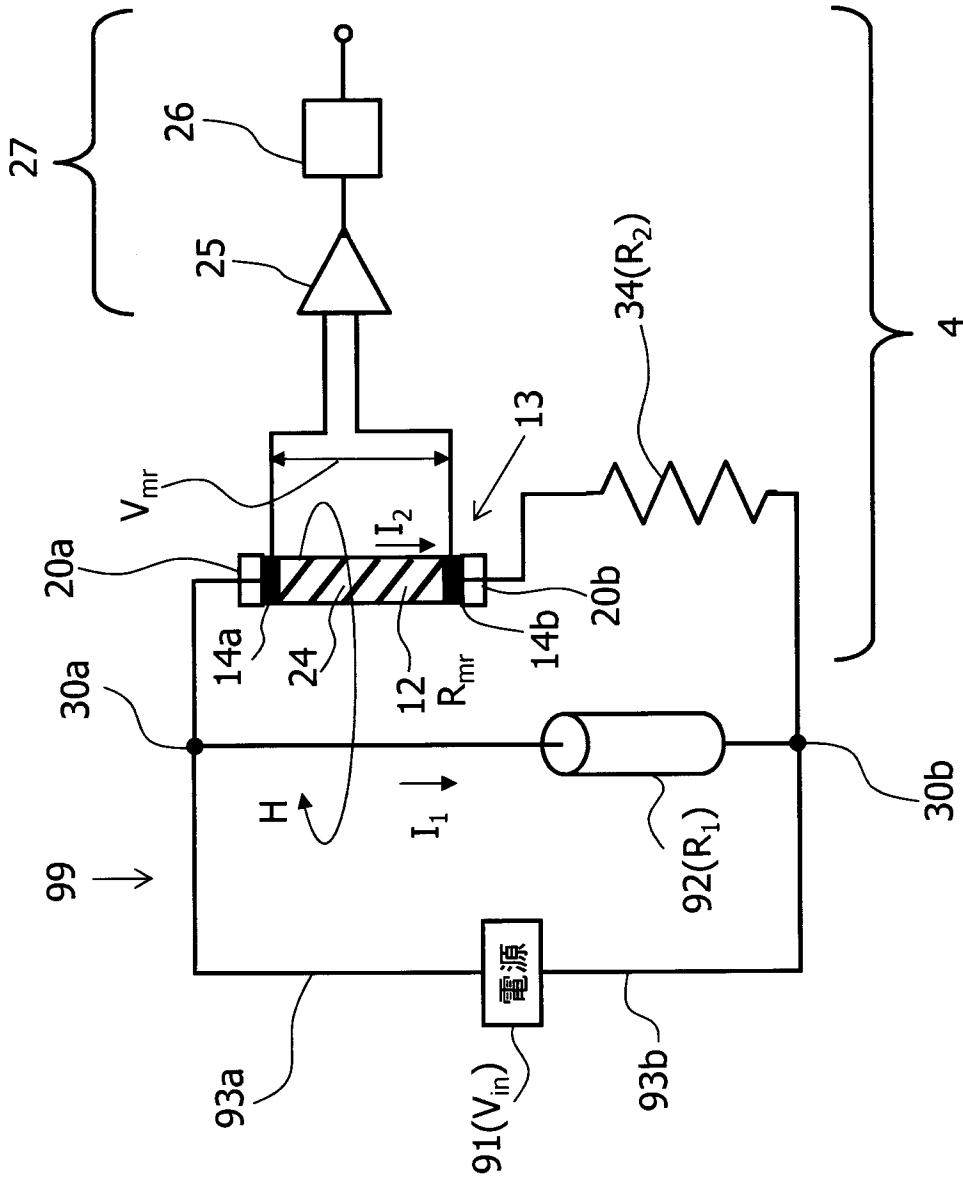


(a)



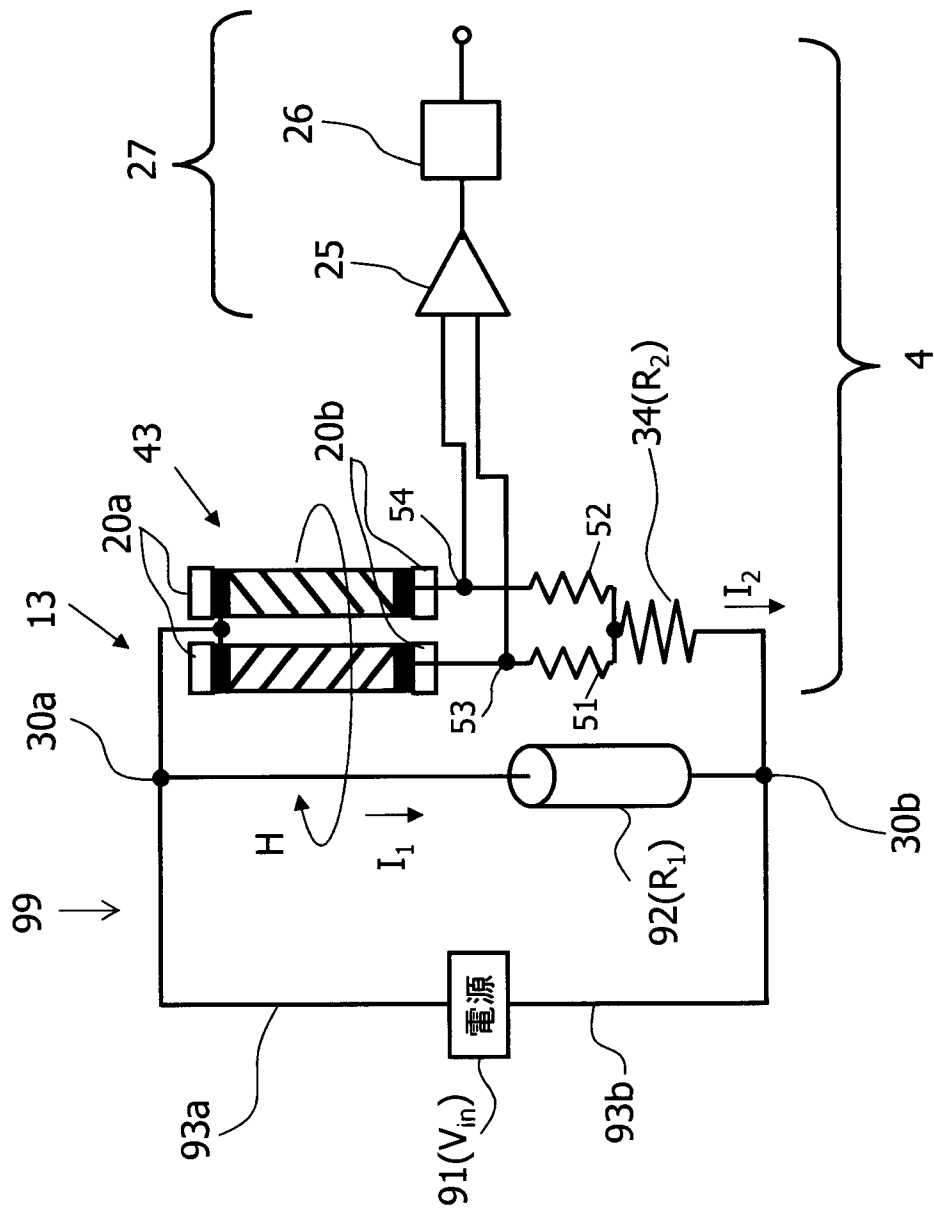
(b)

[図11]

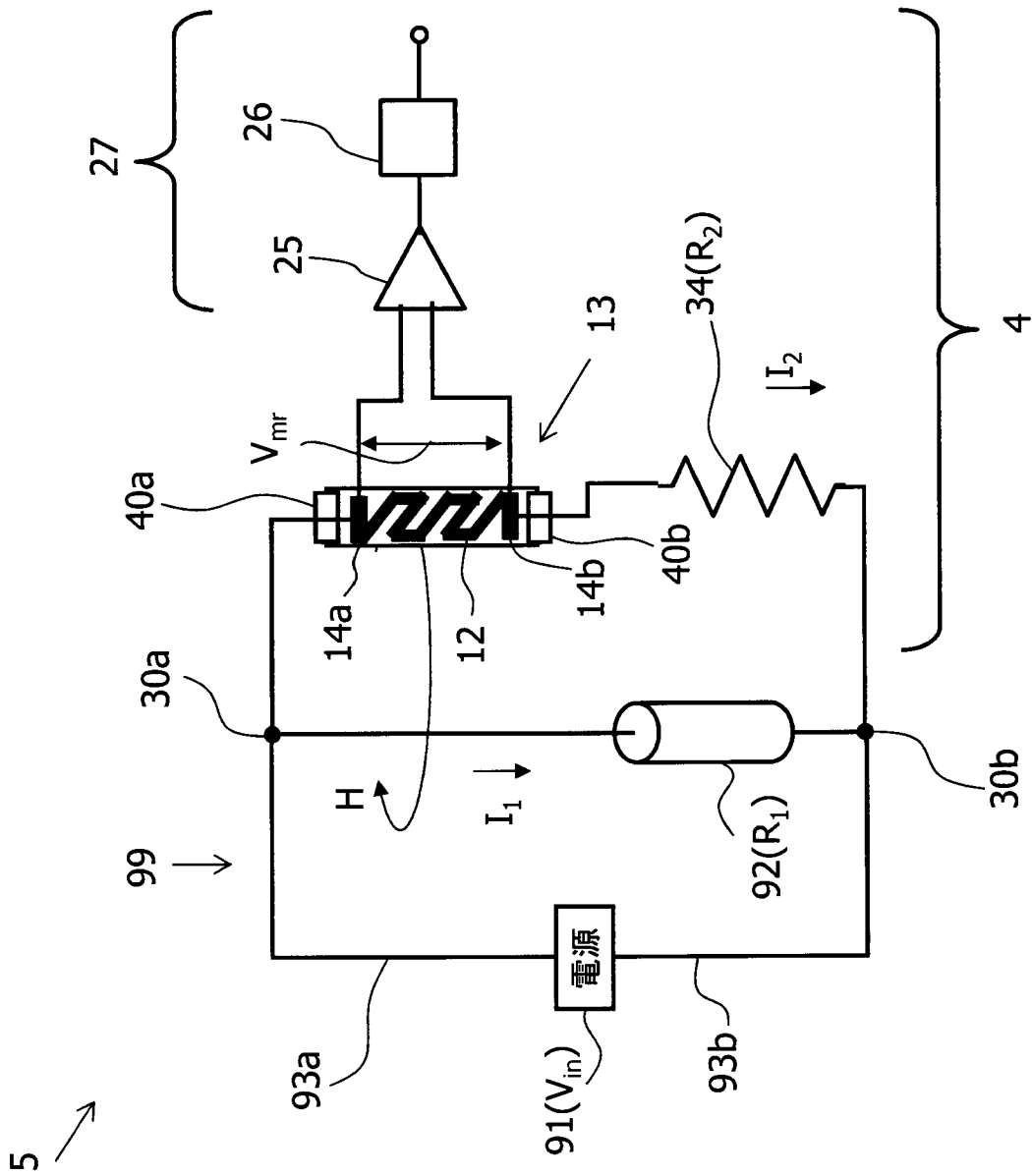




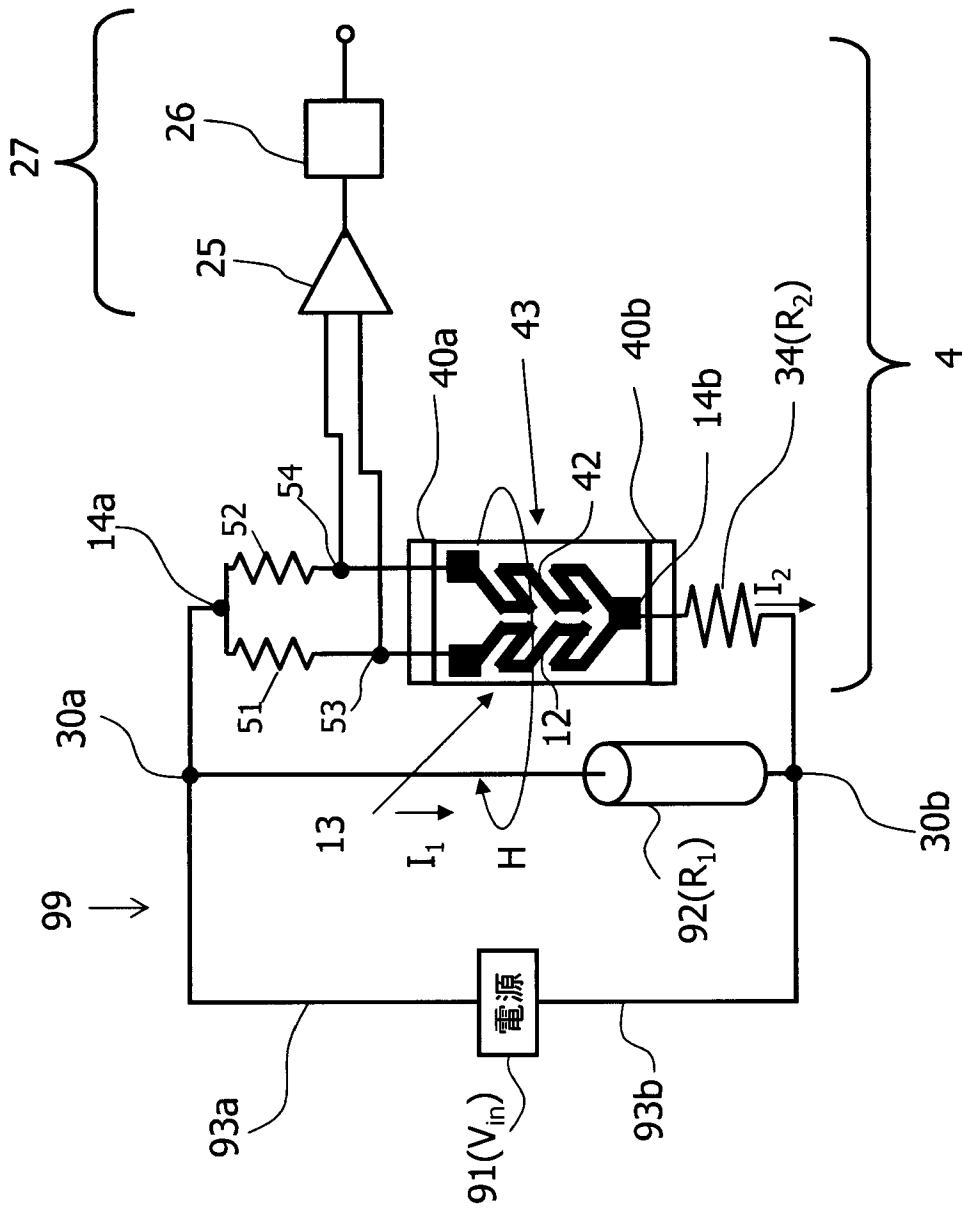
[図12]



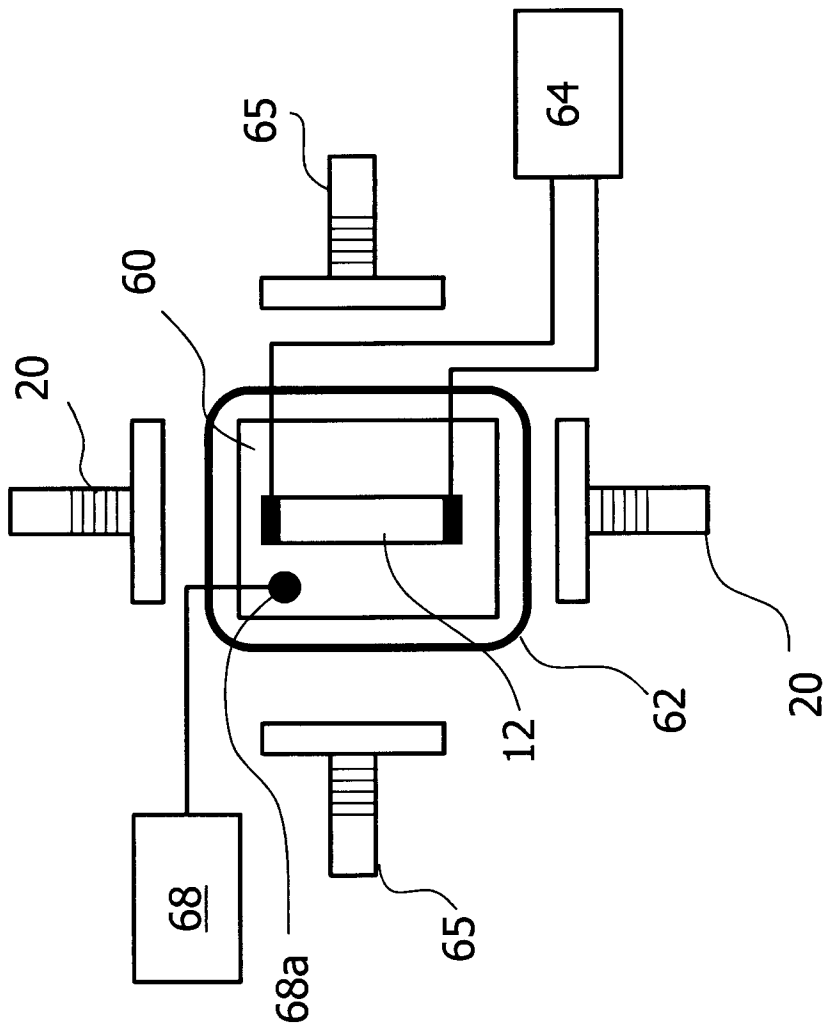
[図13]



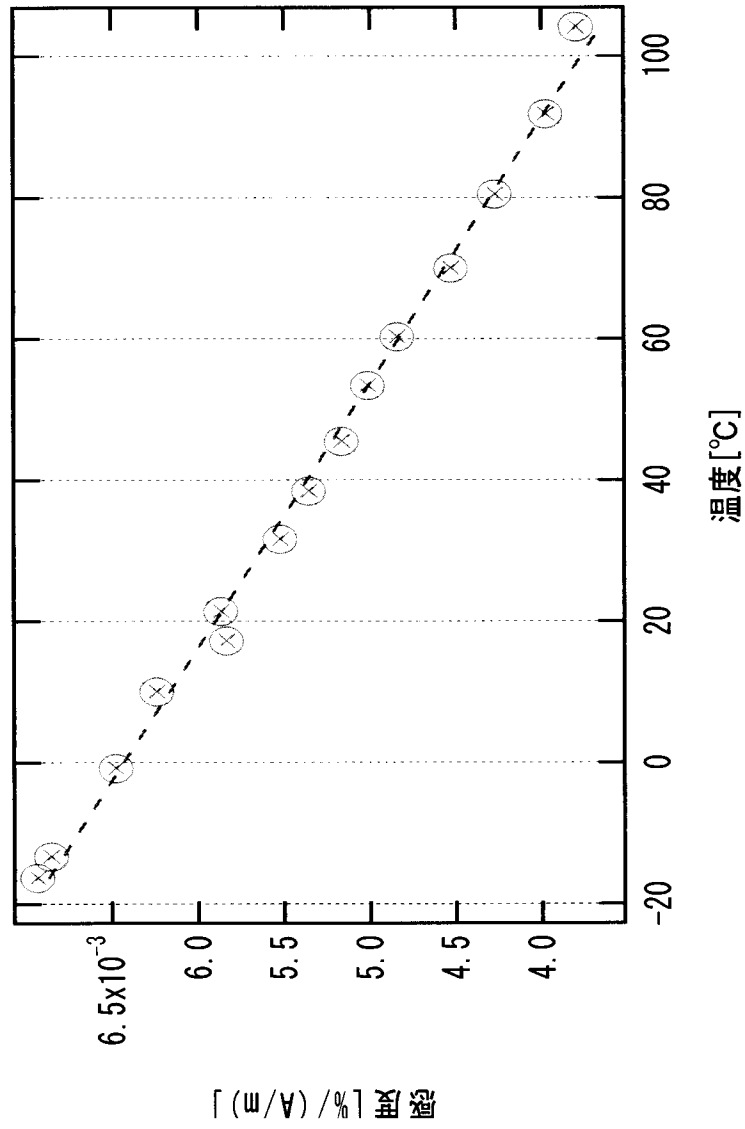
[図14]



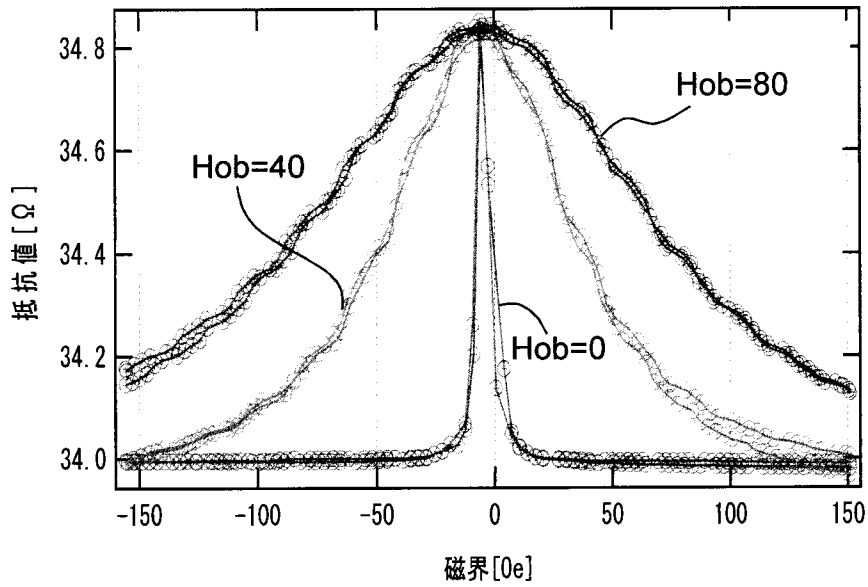
[図15]



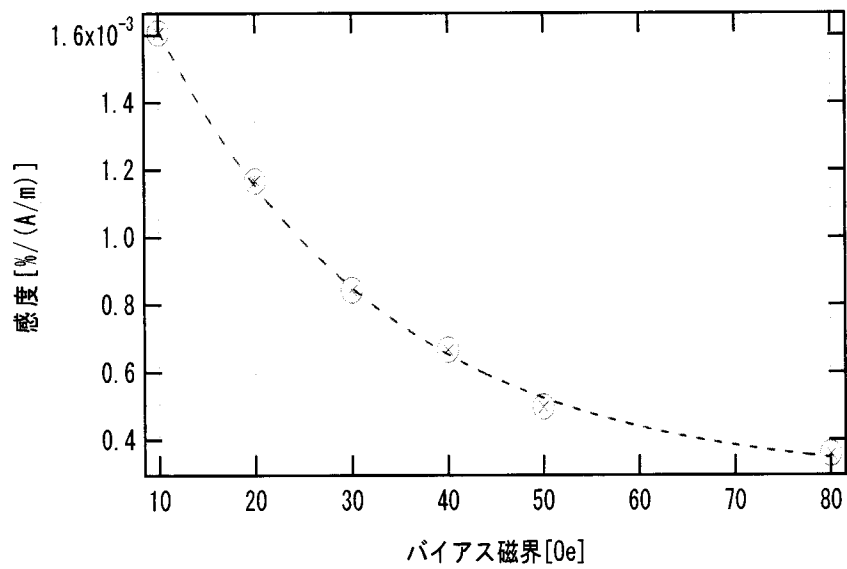
[図16]



[図17]

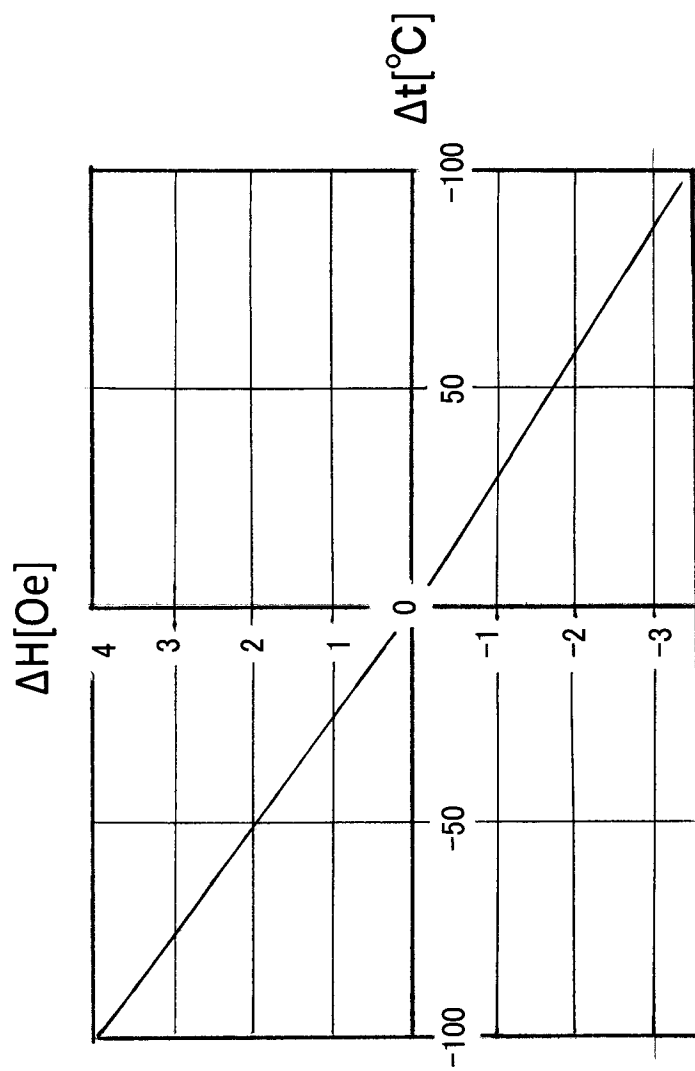


(a)

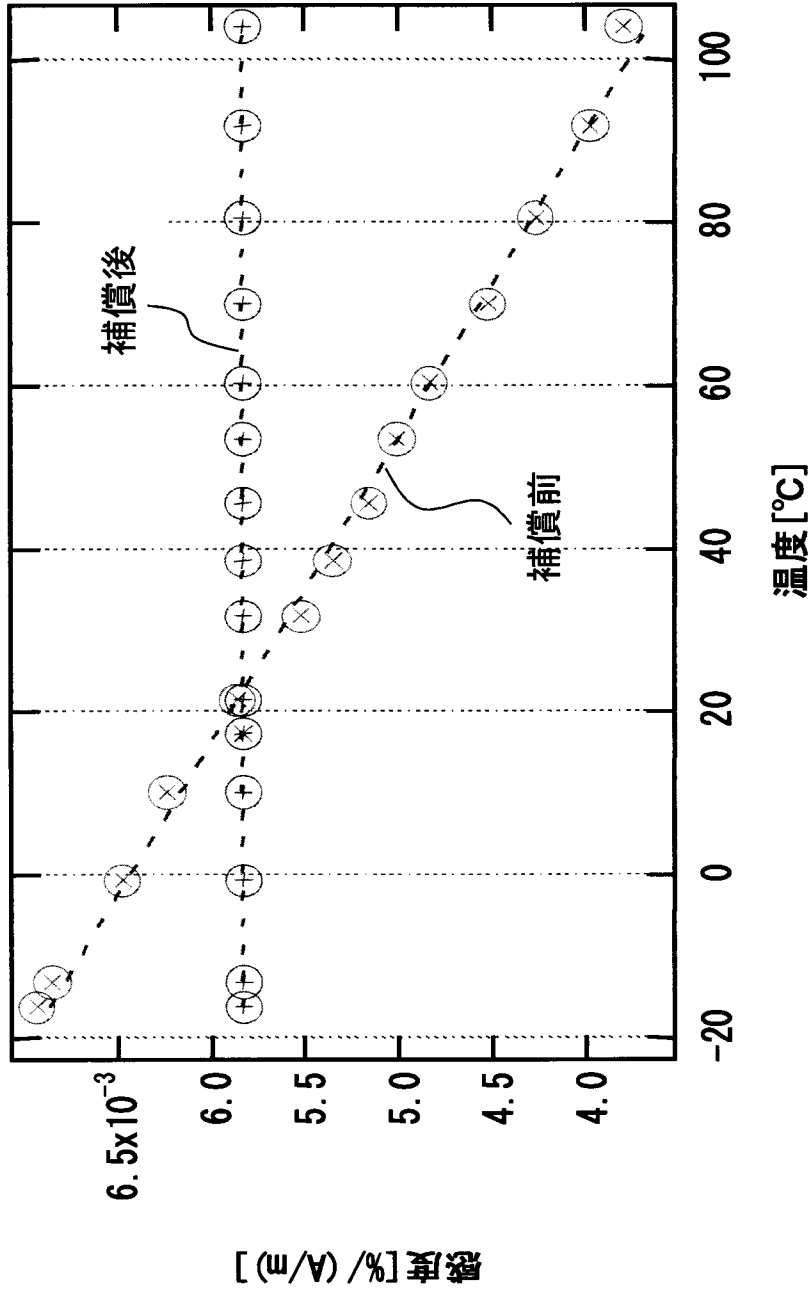


(b)

[図18]

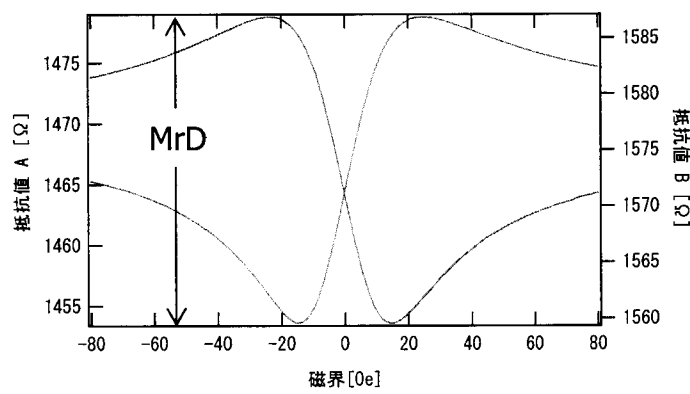
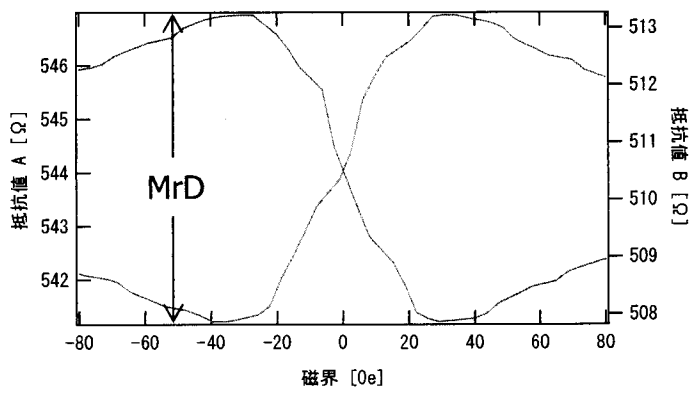
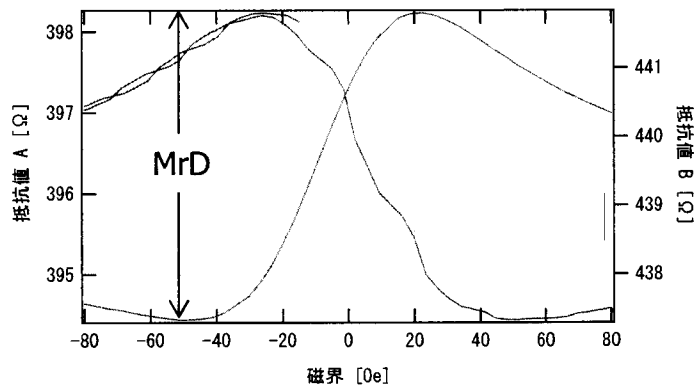


[図19]





[図20]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/001905

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> <i>G01R33/09(2006.01) i, G01R21/08(2006.01) i, H01L43/08(2006.01) i</i>												
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC												
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) <i>G01R33/09, G01R21/08, H01L43/08, G01D5/245</i>												
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched <table border="0"> <tr> <td>Jitsuyo Shinan Koho</td> <td>1922-1996</td> <td>Jitsuyo Shinan Toroku Koho</td> <td>1996-2014</td> </tr> <tr> <td>Kokai Jitsuyo Shinan Koho</td> <td>1971-2014</td> <td>Toroku Jitsuyo Shinan Koho</td> <td>1994-2014</td> </tr> </table>			Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2014	Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014		
Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2014									
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014									
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) JSTPlus (JDreamIII)												
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>												
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.										
X A	WO 2012/105459 A1 (Osaka City University), 09 August 2012 (09.08.2012), paragraphs [0039] to [0040], [0046] to [0052], [0106] to [0114], [0143]; fig. 3, 6, 26 to 28, 44 (Family: none)	6, 8-10 1-5, 7										
A	Hiroaki TSUJIMOTO, Yohei OKUNO, "Thin film power meter using magnetic thin film", The Institute of Electrical Engineers of Japan Magnetics Kenkyukai Shiryo, 2005, vol.MAG-05, no.174 to 196 (No.182), pages 45 to 48	1-10										
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.												
* Special categories of cited documents: <table border="0"> <tr> <td>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</td> <td>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</td> </tr> <tr> <td>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date</td> <td>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</td> </tr> <tr> <td>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</td> <td>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</td> </tr> <tr> <td>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</td> <td>"&amp;" document member of the same patent family</td> </tr> <tr> <td>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</td> <td></td> </tr> </table>			"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention	"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone	"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art	"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&" document member of the same patent family	"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention											
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone											
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art											
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&" document member of the same patent family											
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed												
Date of the actual completion of the international search 25 June, 2014 (25.06.14)		Date of mailing of the international search report 08 July, 2014 (08.07.14)										
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer										
Facsimile No.		Telephone No.										

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2014/001905

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	Hiroaki TSUJIMOTO, Yosuke TSUZAKI, "Magnetic thin film power sensor using a magneto resistance effect", The Institute of Electrical Engineers of Japan Magnetics Kenkyukai Shiryo, 24 November 2011 (24.11.2011), vol.MAG-11, no. 91 to 104, 106 to 112, 114 (No.96), pages 27 to 32	1-10

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2014/001905

**Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)**

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1.  Claims Nos.:  
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
  
2.  Claims Nos.:  
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
  
3.  Claims Nos.:  
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

**Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)**

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:  
(See extra sheet)

1.  As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2.  As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3.  As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
  
4.  No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

**Remark on Protest**

- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- No protest accompanied the payment of additional search fees.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2014/001905

Continuation of Box No.III of continuation of first sheet(2)

The technical feature common to the invention in claim 1 and the invention in claim 6 is "a sensor element comprising: a magnetic film having a magnetoresistance effect; and a pair of electrodes facing each other with the magnetic film therebetween in order to pass a current through the magnetic film", and the technical features of both the former and the latter are different in that the former has a technical feature of "comprising a lateral bias magnetic field application magnet for generating a second bias magnet in a direction perpendicular to a longitudinal bias magnetic field application magnet for generating a first bias magnetic field in the direction of the electrodes, the temperature characteristic of the longitudinal bias magnetic field application magnet being larger than the temperature characteristic of the lateral bias magnetic field application magnet", while the latter has a technical feature of "comprising an oblique bias magnetic field application magnet having a temperature characteristic of generating a bias magnetic field in a direction oblique to the longitudinal direction of the magnetic film". However, since the common technical feature is publicly known by document 1 (WO 2012/105459 A1 (Osaka City University), 09 August 2012 (09.08.2012), paragraphs [0039] to [0040], [0046] to [0052], [0106] to [0114], [0143]; fig. 3, 6, 26 to 28, 44), the invention in claim 1 and the invention in claim 6 have no special technical feature.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） Int.Cl. G01R33/09(2006.01)i, G01R21/08(2006.01)i, H01L43/08(2006.01)i		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） Int.Cl. G01R33/09, G01R21/08, H01L43/08, G01D5/245		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2014年 日本国実用新案登録公報 1996-2014年 日本国登録実用新案公報 1994-2014年		
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語） JSTPlus(JDreamIII)		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X A	WO 2012/105459 A1 (公立大学法人大阪市立大学)2012.08.09, 段落 [0039]-[0040], 段落[0046]-[0052], 段落[0106]-[0114], 段落 [0143], [図3], [図6], [図26]-[図28], [図44](ファミリーなし)	6,8-10 1-5,7
A	辻本浩章, 奥野洋平, 磁性膜を用いた薄膜電力計, 電気学会マグネ ティックス研究会資料, 2005, Vol. MAG-05, No. 174-196 (No. 182), P. 45-48	1-10
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 25.06.2014	国際調査報告の発送日 08.07.2014	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 藤原 伸二 電話番号 03-3581-1101 内線 3258	2S 9013

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリ*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	辻本浩章, 津寄陽亮, 磁気抵抗効果型薄膜電力センサ, 電気学会マグネティックス研究会資料, 2011. 11. 24, Vol. MAG-11, No. 91-104, 106-112, 114 (No. 96), P. 27-32	1-10

## 第II欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見 (第1ページの2の続き)

法第8条第3項 (PCT17条(2)(a)) の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1.  請求項 \_\_\_\_\_ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。つまり、
2.  請求項 \_\_\_\_\_ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3.  請求項 \_\_\_\_\_ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

## 第III欄 発明の単一性が欠如しているときの意見 (第1ページの3の続き)

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるときの国際調査機関は認めた。

請求項1に係る発明と、請求項6に係る発明とは「磁気抵抗効果を有する磁性膜と、前記磁性膜に電流を流すための前記磁性膜を介して対向した一対の電極を有するセンサ素子」である点で共通した技術的特徴を有しており、前者が「電極の方向に第1のバイアス磁界を発生させる縦バイアス磁界付加磁石に直角方向に第2のバイアス磁石を発生させる横バイアス磁界付加磁石を有し、前記縦バイアス磁界付加磁石の温度特性が前記横バイアス磁界付加磁石の温度特性よりも大きい」という技術的特徴を有しているのに対して、後者が「磁性膜の縦方向に対して斜め方向のバイアス磁界を発生させる温度特性を有する斜めバイアス磁界付加磁石を有する」という技術的特徴を有している点で、両者の技術的特徴は異なるものとなっているが、文献1(WO 2012/105459 A1 (公立大学法人大阪市立大学)2012.08.09, 段落[0039]-[0040], 段落[0046]-[0052], 段落[0106]-[0114], 段落[0143], [図3], [図6], [図26]-[図28], [図44])

1.  出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。
2.  追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3.  出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。
4.  出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

## 追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。



(第Ⅲ欄の続き)

により共通する技術的特徴は公知であるから、請求項1に係る発明と、請求項6に係る発明は特別な技術的特徴を有していない。