

(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
2013 年 2 月 14 日(14.02.2013)



(10) 国際公開番号
WO 2013/021876 A1

- (51) 国際特許分類:
G06F 3/041 (2006.01) *H01L 29/82* (2006.01)
G01B 7/00 (2006.01) *H01L 37/00* (2006.01)
G01B 21/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/069521
- (22) 国際出願日: 2012 年 7 月 25 日(25.07.2012)
- (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 2011-173785 2011 年 8 月 9 日(09.08.2011) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 日本電気株式会社(NEC Corporation) [JP/JP]; 〒1088001 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 Tokyo (JP). 国立大学法人東北大学(TOHOKU UNIVERSITY) [JP/JP]; 〒9808577 宮城県仙台市青葉区片平二丁目 1 番 1 号 Miyagi (JP).
- (72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 桐原 明宏(KIRIHARA, Akihiro) [JP/JP]; 〒1088001 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号日本電気株式会社内 Tokyo (JP). 石田 真彦(ISHIDA, Masahiko) [JP/JP]; 〒1088001 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号日本電気株式会社内 Tokyo (JP). 中村 泰信(NAKAMURA, Yasunobu) [JP/JP]; 〒1088001 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号日本電気株式会社内 Tokyo (JP). 内田 健一(UCHIDA, Kenichi) [JP/JP]; 〒9808577 宮城県仙台市青葉区片平二丁目 1 番 1 号国立大学法人東北大学内 Miyagi (JP). 齊藤 英治(SAITOH, Eiji) [JP/JP]; 〒9808577 宮城県仙台市青葉区片平二丁目 1 番 1 号国立大学法人東北大学内 Miyagi (JP).
- (74) 代理人: 池田 憲保, 外(IKEDA, Noriyasu et al.); 〒1000011 東京都千代田区内幸町 1 丁目 2 番 2 号日比谷ダイビル Tokyo (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,

[続葉有]

(54) Title: POSITION DETECTION DEVICE

(54) 発明の名称: 位置検出装置

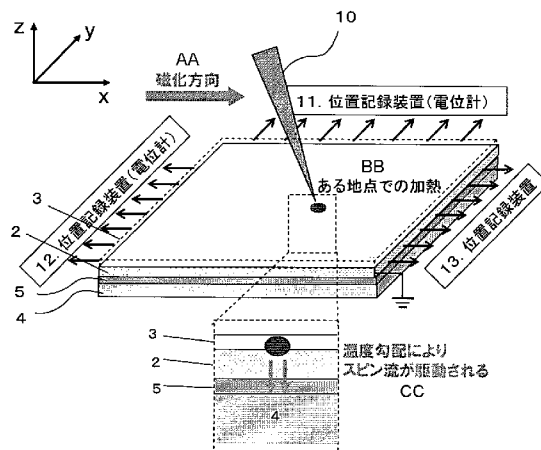


図 9

(57) Abstract: A position detection device includes: a magnetic body layer having magnetization; an electroconductive film containing a material having spin orbit interaction; and a position information input unit. With the information input unit, when the temperature in the magnetic body layer is modulated and a spin Seebeck effect is induced, an electrical field is generated locally in the electroconductive film, and the temperature modulation position is detected from the resulting change in potential.

(57) 要約: 位置検出装置は、磁化を有する磁性体層と、スピン軌道相互作用を有する材料を含む導電膜と、位置情報入力部と、を含む。位置情報入力部は、磁性体層中の温度を変調し、スピナーベック効果を誘起することで、前記導電膜中に局所的に電場を発生させ、それに伴う電位変化から温度変調の位置を検出する。

- 11, 12... POSITION RECORDING DEVICE (POTENTIOMETER)
13... POSITION RECORDING DEVICE
AA... DIRECTION OF MAGNETIZATION
BB... HEATING AT A GIVEN SITE
CC... SPIN CURRENT OPERATED BY MEANS OF TEMPERATURE GRADIENT



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, IS, JP, KE, KG, KM, 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, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, 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.

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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

(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,

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称

位置検出装置

5

技術分野

本発明は、熱の生成した位置を検出する装置に関する。

背景技術

10 2次元的な位置情報を検出可能な素子は、タッチパネルなどのユーザーインターフェースや、センサ、カメラなどの情報、画像取得装置など、様々なデバイスで活用されており、今後もクラウド社会におけるサイバー空間と実空間との間の接点として、ますます重要なものになると考えられる。

例えばタッチパネルに関しては、抵抗膜方式、静電容量方式、赤外線方式など、
15 多くの方式が提案、実証されている。

抵抗膜方式のタッチパネルでは、上部導電膜と下部導電膜を近接配置し、これらのいずれか一方にバイアス電圧を印加した状態で待機させておく。ここで、外部からタッチによる圧力が加わると、タッチしたポイントで上部導電膜と下部導電膜とが接触して、通電することから、その地点での電位を計測することで、座
20 標を決定することができる。

静電容量方式のタッチパネルでは、パネル上に配置された電極もしくは導電膜に、駆動電圧を適切に印加した状態で待機させておく。ここで、指などでパネルをタッチすると、これが静電容量の変化を生じさせることから、これに付随した電圧変化を多地点で読み取ることで、タッチされたポイントを検出することがで
25 きる。

赤外線方式のタッチパネルでは、パネル上の一端に赤外線発光素子（LED）、他端に赤外線受光素子（フォトランジスタ）を、それぞれアレイ状に配置し、赤外線を連続的に走査した状態で待機させておく。ここで、外部から指などが近づくと、これによって赤外線が遮断され、該当する位置のフォトランジスタが

OFF になることから、タッチされたポイントを検出することができる。

特許文献 1、2 は、後述するごとく、本発明においても利用するスピンゼーベック効果などを利用した熱／スピン流変換素子、スピントロニクスデバイスを開示している。

- 5 特許文献 3 には、抵抗膜式タッチパネルの一例が開示されている。また、非特許文献 1 は、スピンゼーベック理論について開示している。

先行技術文献

特許文献 1：特開 2009-130070 号公報

- 10 特許文献 2：特開 2009-295824 号公報

特許文献 3：特開 2010-055453 号公報

非特許文献 1：“Theory of magnon-driven spin Seebeck effect” Physical Review B 81, 214418

15 発明の概要

発明が解決しようとする課題

- しかし、抵抗膜方式、静電容量方式、赤外線方式等のタッチパネルでは、位置を検出するためにバイアス電圧印加や光学的走査等のプローブ駆動手段に外部電源を必要とすることから、待機電力が大きくなる。このため、電力供給が難しい
20 場面では利用が制限される。電池を用いた場合でも、その交換などの保守、管理負担が避けられない。将来的なセンサネットワークやユビキタス端末など、屋内、屋外問わず様々な場面での利用が期待される状況においては、電源が不要、もしくは実効的な発電機能が組み込まれた位置検出手段が求められる。

本発明の課題は、外部電源が不要な位置検出装置を提供することにある。

25 課題を解決するための手段

本発明の態様による位置検出装置は、磁化を有する磁性体層と、スピン軌道相互作用を有する材料を含む金属膜と、位置情報入力部と、を含む。位置情報入力部は、磁性体層中の有効温度を変調し、スピンゼーベック効果を誘起することで位置情報の入力を行う。

具体的には、位置情報入力部を用いて磁性体層の一部を局所的に加熱（冷却）することで、磁性体層中に局所的な温度勾配を生じさせ、これによって駆動されるスピン流（スピンゼーベック効果）を、金属膜中に誘起される熱起電力から読み取ることで、発熱（吸熱）が生じた場所の2次元座標を特定する。これによって、位置検出が可能となる。

位置情報入力部の具体例としては、加熱（または冷却）部、電磁波照射部、摩擦熱発生部、圧力印加部、局所冷却部、磁気特性変調部が挙げられる。

発明の効果

本発明によれば、外部からの熱等によって位置入力を行うことから、体温や環境熱などを用いれば、外部電源が不要な位置検出装置を提供できる。これにより、簡便な構成による低待機電力のタッチパネルやイメージセンサなどへの応用が可能となる。また、塗布プロセスや印刷プロセスなどを利用することが可能で、低コスト基板への大面積実装にも適している。

15 図面の簡単な説明

図1は、熱電変換素子におけるスピンゼーベック効果の原理を説明するための図である。

図2は、本発明による位置検出装置の原理を説明するための図で、待機状態について説明するための図である。

20 図3は、スピンゼーベック効果の動作を、位置検出装置の全面を加熱した場合（a）、位置検出装置の一部を加熱した場合（b）について説明するための図である。

図4は、本発明による位置検出装置の第1の実施形態を説明するための図である。

25 図5は、本発明による位置検出装置における、2次元位置決定手順を説明するための図である。

図6は、本発明による位置検出装置における、 $(x, y) = (3, 5)$ で規定される地点が加熱された場合の温度上昇分布を説明するための図である。

図7は、本発明の第1の実施形態である位置検出装置の動作例を説明するため

の図である。

図 8 は、本発明の第 1 の実施形態である位置検出装置の他の動作例を説明するための図である。

図 9 は、本発明の第 1 の実施形態の別の実装方法について説明するための図である。

図 10 は、本発明の第 1 の実施形態である位置検出装置の具体的な例である実施例 1 を示す図である。

図 11 は、本発明の第 1 の実施形態である位置検出装置の具体的な例である実施例 1b を示す図である。

10 図 12 は、本発明による位置検出装置の第 2 の実施形態を説明するための図である。

図 13 は、本発明の第 2 の実施形態の別の実装方法について説明するための図である。

15 図 14 は、本発明の第 2 の実施形態による位置検出装置の具体的な例である実施例 2 を示す図である。

図 15 は、本発明による位置検出装置の第 3 の実施形態を説明するための図である。

図 16 は、本発明の第 3 の実施形態による位置検出装置の具体的な例である実施例 3 を示す図である。

20 図 17 は、本発明による位置検出装置の第 4 の実施形態を説明するための図である。

図 18 は、本発明の第 4 の実施形態による位置検出装置の具体的な例である実施例 4 を示す図である。

25 図 19 は、本発明による位置検出装置の第 5 の実施形態を説明するための図である。

図 20 は、本発明の第 5 の実施形態による位置検出装置の具体的な例である実施例 5 を示す図である。

図 21 は、本発明による位置検出装置の第 6 の実施形態を説明するための図である。

図 2 2 は、本発明による位置検出装置の第 7 の実施形態を説明するための図である。

図 2 3 は、本発明の第 7 の実施形態による位置検出装置の具体的な例である実施例 7 を示す図である。

5 図 2 4 は、本発明による位置検出装置の第 8 の実施形態を説明するための図である。

図 2 5 は、本発明の第 8 の実施形態による位置検出装置の具体的な例である実施例 8 を示す図である。

10 図 2 6 は、本発明による位置検出装置の第 9 の実施形態を説明するための図である。

図 2 7 は、本発明の第 9 の実施形態による位置検出装置の具体的な例である実施例 9 を示す図である。

発明を実施するための形態

15 本発明の位置検出装置は、平面上の加熱された箇所または平面上の発熱した箇所を特定する装置であって、温度勾配から熱起電力を生成するスピンゼーベック効果を用いる。本発明の位置検出装置は、後述するいずれの実施形態においても、このスピンゼーベック効果による位置検出素子（熱電変換部）を有している。

さらに、本発明は、位置検出素子（熱電変換部）と、これとは別体に設けられ、
20 熱電変換部の平面上の任意の箇所を加熱する加熱手段を含む位置検出システム、もしくは、熱電変換部と一体に形成され、種々の形態のエネルギーを受けて平面上の任意の箇所が発熱するエネルギー態様のインターフェース手段とを有する位置検出装置を提案する。

[第 1 の実施形態：発熱位置検出装置]

25 (原理)

本発明の位置検出装置は、発熱部分の 2 次元座標を特定する装置であって、温度勾配から熱起電力を生成するスピンゼーベック効果を用いる。

まず、特許文献 1 などで示されているスピンゼーベック効果を利用した熱電変換素子の基本的な構成を図 1 に示す。この熱電変換素子は、基板 1 0 0 上に成膜

した、磁化 M を有する磁性体層 101 と、その上部に配置された金属膜（導電膜）102 を含む。このような熱電変換素子に対して面直方向（基板面に垂直な方向）の温度勾配を図中 z 方向に印加した場合、金属膜 102 と磁性体層 101 の間の界面にスピン流が誘起される。このスピン流を、金属膜 102 における逆
 5 スピンホール効果によって電氣的な起電力に変換することで、「温度勾配から熱起電力を生成する熱電変換」が可能となる。

非特許文献 1 で示されている微視的なスピンゼーベック理論によると、金属膜／磁性体界面（金属膜と磁性体との間の界面）において誘起されるスピン流 J_s は、この界面における「金属膜の電子温度 T_e 」と「マグノン温度 T_m 」の間の温度差 $\Delta T_{me} = (T_m - T_e)$ によって駆動されることが分かっている。ここで、マグ
 10 ノン温度 T_m はスピンの熱運動の激しさを表すパラメータに相当する。これにより、スピン流 J_s は以下のように温度差 ΔT_{me} に比例する。なお、 e_z は面直方向の単位ベクトルである。

$$J_s \propto \Delta T_{me} e_z = (T_m - T_e) e_z$$

15 図 1 (a) のように、熱電変換素子全体が一様な温度にある熱平衡状態においては、電子温度 T_e とマグノン温度 T_m は常に等しく（電子－マグノン温度差 $\Delta T_{me} = 0$ ）、スピン流は駆動されない。したがって、金属膜 102 において起電力は生じない。

これに対し、図 1 (b) のように、熱電変換素子の上部面（金属膜側）を一様に
 20 加熱し、熱電変換素子の上面と底面の間に温度差 ΔT を印加した場合を考える。このとき電子温度 T_e とマグノン温度 T_m は、周囲に生じる温度勾配分布との非局所的な相互作用を通して、それぞれ異なるメカニズムで温度変調を受ける結果、加熱部近傍の界面で有限の電子－マグノン温度差 $\Delta T_{me} = (T_m - T_e) \neq 0$ が生じることになる。

25 従って、この温度差 ΔT_{me} を駆動源として、磁性体層 101 から金属膜 102 へと界面スピン流 J_s がポンピングされる。

以上が、先に述べたスピンゼーベック効果の微視的な駆動メカニズムである。

この熱駆動されたスピン流 J_s が、金属膜 102 におけるスピンホール効果によって電場 E_{ISHE} に変換されることで、金属膜 102 の端部間には熱起電力 V が生

じる。ここで、電場 E_{ISHE} とスピン流 J_s 、磁化 M との関係は、以下の式で与えられる。

$$E_{\text{ISHE}} = (\theta_{\text{SH}} \rho) J_s \times M / |M|$$

ここで、 θ_{SH} はスピンホール角（電流－スピン流間の変換効率に相当）、 ρ は
5 金属膜のシート抵抗を表す。この式が示すように、熱誘起された電場 E_{ISHE} は、スピン流 J_s と磁化 M の両方に垂直な方向に生じる。従って、金属膜面において生じる熱起電力 V も、スピン流及び温度勾配の方向（ z 方向）と磁化方向（ x 方向）にそれぞれ垂直な方向（ y 方向）において、大きな値を有する。

図 1 (c) には、このような効果を実験的に示した一例として、合成石英ガラス
10 基板上に成膜した金属膜（Pt）／磁性体（Bi:YIG 薄膜）構造における熱起電力生成の様子を示している。この熱電変換素子の面直方向に温度勾配を印加することで、金属膜中に面内方向の熱起電力 V が観測されている。また、外部磁場 H （グラフの横軸）で磁性体の磁化 M を反転することで、熱起電力 V の符号が反転する様子も確認されている。

15 図 1 では、上部面（金属膜側）が一様に加熱された状況を仮定したが、この面の一部のみが局所的に加熱された場合でも、同様の熱起電力を観測することができる。この状況を図 2 に示した。図 2 は、本発明による位置検出装置の原理を説明するための図である。図 2 の場合、金属膜／磁性体界面においては、加熱された付近において電子温度 T_e が局所的に上昇するのに対し、空間平均であるマグ
20 ノン温度 T_m は大きく変わらないことから、局所的に有限な電子－マグノン温度差 ΔT_{me} が生じる。これにより、この部分で界面スピン流 J_s が駆動され、局所的に電場 E_{ISHE} が誘起される。

この 2 つの状況（図 1 と図 2）の違いを、図 3 では 1 次元的な等価回路で説明している。ここで、加熱によるスピンゼーベック効果に伴って金属膜に生じる熱
25 起電力は、金属膜の内部抵抗と並列の電流源として等価回路的に表現できる。位置検出装置に電氣的負荷をつないでいない場合や、高インピーダンスの電位計に接続した場合などは、端面は回路的にオープンと考えてよい。

図 3 (a) のように、位置検出装置全面で加熱（面直方向に温度勾配を付与）が生じた場合は、このような電流源が位置検出装置全体にわたって直列接続されて

いる状況を考えればよい。この結果、全ての内部抵抗の両端で電位差が生じ、電場 E_{ISHE} は位置検出装置全面にわたって観測される。

一方、図 3 (b) のように、位置検出装置の一部にのみ加熱が生じた場合、等価回路的にはこの加熱部分にのみ電流源が挿入されていると考えればよい。このとき、電流源に並列の内部抵抗にのみ電位差が生じることから、この部分でのみ電場 E_{ISHE} が局所的に発生することになる。

なお、この場合も、図 2 の金属膜 102 の周縁部間には起電力信号 V が観測されるが、図 1 (b) との違いとして、金属膜 102 において電場 E_{ISHE} の生成箇所が局所的であるがゆえに、電位差測定を行う地点によって熱起電力信号 V が異なる

(空間的な電位分布が生じる) 点が挙げられる。本発明では、この局所的に生じるスピントラッキング効果を利用して位置検出を行う。

(構成)

図 4 (a) に、本発明の第 1 の実施形態である位置検出装置の基本構造を示す。この位置検出装置は、基板 4 と、基板 4 上に形成された磁性体層 2 と、磁性体層 2 上に形成された金属膜 5 を含む。金属膜 5 上にはカバー層 3 が形成されても良い。

磁性体層 2 の材料としては、(1) 熱が逃げるのを防いで (温度差を保持して) 高感度な熱起電力を生成する、(2) 熱拡散を抑制して高い位置検出分解能を実現する、という 2 つの目的から、熱伝導率の小さい材料を用いることが望ましい。金属や半導体では伝導電子による熱伝導が大きくなることから、本実施形態ではより熱伝導率の小さい磁性絶縁体を用いる。特に、多結晶やナノ結晶の磁性絶縁体材料を用いれば、効果的なフォノン散乱によってフォノン熱伝導を抑制し、さらに高い感度、分解能を得ることが可能となる。

磁性体層 2 の具体的な材料としては、例えばガーネットフェライト、スピネルフェライトなどの酸化物磁性材料を適用することができる。このような磁性体層 2 は、例えば有機金属堆積法 (MOD 法)、ゾルゲル法、エアロゾルデポジション法 (AD 法) などの方法により、基板 4 上に成膜する。これらの塗布・印刷ベースの成膜法を用いれば、大面積基板にも一括成膜することが可能で、生産性の高い製造が可能となる。

また、YIG などのガーネット膜は広い波長範囲で透過性が高いことから、タッチパネルのような透明な位置入力デバイスとしての応用にも適している。さらに、磁性体層 2 として保磁力を有する磁性材料を用いれば、一旦外部磁場などで磁化方向を初期化しておくことで、ゼロ磁場の下でも動作可能な素子が得られる。

- 5 金属膜 5 は、逆スピンホール効果を用いて熱起電力を取り出すために、スピン軌道相互作用を有する材料を含んでいる。例えばスピン軌道相互作用の比較的大きな Au や Pt、Pd、Ir などの金属材料、またはそれらを含有する合金材料を用いる。また、Cu などの低コスト、低抵抗金属に、上記のようなスピン軌道相互作用を有する不純物を少量（1～10%程度）ドーピングした材料でも、熱起電力を取り
10 出すことができる。

このような金属膜 5 は、スパッタや蒸着などの方法で成膜する。また、インクジェット法やスクリーン印刷法などで作製することもできる。

- ここで、スピン流を高効率で無駄なく電気に変換するためには、金属膜 5 の厚さは、少なくとも金属材料のスピン拡散長以上に設定するのが好ましい。例えば
15 Au であれば 50 nm 以上、Pt であれば 10 nm 以上の厚さに設定するのが望ましい。ただし、本実施形態のように熱起電力を電圧信号として電位計で読み取る用途では、シート抵抗 ρ は大きいほうが望ましく、このため金属膜 5 が薄いほどより大きな電圧出力が得られる。これら双方を考慮すると、金属膜 5 の厚さは、金属材料のスピン拡散長程度が最も望ましい。例えば Au であれば 50～100 nm 程
20 度、Pt であれば 10～30 nm 程度の厚さに設定する。

- カバー層 3 としては、素子（熱起電力生成部）を保護できる材料、構造であれば、詳細は問わない。例えばアクリル系樹脂やポリイミドなどの有機樹脂材料を用いれば、印刷、塗布プロセスでカバー層 3 を作製することができる。ただし、感度が重要となる用途では、入力された熱を磁性体層 2 に効果的に伝えるために、
25 面直方向に熱伝導率の大きな材料か、膜厚が小さくても素子の保護が可能となるような材料を用いることが望ましく、膜厚は 200 μm 以下が望ましい。

基板 4 としては、磁性体層 2 や金属膜 5 を支えることができるものであれば、材料や構造は問わない。また、必ずしも板状の形状である必要はない。ただし、周囲環境から流入する熱や温度揺らぎが大きく、これによる雑音や誤動作といっ

た影響が大きい場合には、熱伝導率の小さな材料を用いるか、厚みの十分大きな構造を用いることが好ましい。より具体的には、基板 4 の面直方向の熱抵抗が、その他の層（磁性体層 2 + カバー層 3）の面直方向の熱抵抗よりも十分大きくなるように設計する。例えば基板 4 として、ガラス等のアモルファス絶縁体や、ポリイミド等の有機樹脂材料などを用いる。なお、磁性体層 2 を直接固定して安定して利用できるように用途、利用環境の下では、基板 4 は無くてもよい。

（動作）

次に、この位置検出装置の動作方法について説明する。ここでは図 4 (b) のように、金属膜 5 の一端 g1（ここでは図の左下）をグラウンド（基準電位）に接続し、このグラウンドに対する金属膜周縁部（x1~x7、y1~y7）の電位（Vx1~Vx7、Vy1~Vy7）を、位置記録装置 1 1、1 2 によってそれぞれ測定、記録できるように待機させておく。なお、金属膜周辺部（y1~y7）の反対側の周縁部（y1'~y7'）には電位（Vy1'~Vy7'）を測定、記録する位置記録装置 1 3 が接続されている。位置記録装置 1 1~1 3 はそれぞれ電位計を含む。

温度勾配が印加されない熱平衡状態下では、位置検出装置中でスピン流は駆動されないことから、熱起電力は生じない。すなわち、電位 $V_{x1}=V_{x2}=\dots=V_{y7}=0$ である。

ここで、図 4 (a) に示すように、外部から何らかの加熱（または冷却）部 1 0 によって磁性体層 2 の一部を加熱（または冷却）すると、この部分で温度が局所的に変調され、有限の電子-マグノン温度差 ΔT_{me} が生じる。この結果、スピントラニポート効果に起因するスピン流が誘起され、金属膜 5 中ではこれに伴う電場 E_{ISHE} が局所的に生成される。局所電場 E_{ISHE} は、前述した $E_{ISHE} = (\theta_{SH} \rho) J_s \times M / |M|$ の関係にあり、スピン流 J_s と磁化 M の両方に垂直な方向に生じる。

金属膜 5 の周縁部ではこれに伴う起電圧が生じるが、この周縁部電圧の空間分布は一様でなく、局所電場 E_{ISHE} が生じた 2 次元位置に依存する。従って、この起電力を外部の電位計（位置記録装置 1 1、1 2、1 3）で計測、記録することによって、発熱の生じた位置の 2 次元座標を特定することができる。

このように、加熱（または冷却）部 1 0 は、位置情報入力部（手段）として作用する。これは、以降の実施形態や実施例で挙げられる、電磁波照射部 3 5、摩

擦熱発生部 40、圧力印加部 60、局所冷却部 80、磁気特性変調部 90 も同様である。

また、グラウンドの場所を切り替えて同様の測定を行うことで、加熱された 2 次元位置をより精度よく決定することができる。金属膜 5 中の一箇所 (g1) のみを
5 基準として金属膜周縁部の電位を評価した場合、図 5 に示すように、加熱場所によつては、その 2 次元位置を正確に特定できないおそれがある。これに対し、例えば図 4 (c) に示すように、金属膜 5 の右下の一端 g2 の位置にグラウンドを切り替えて、金属膜周縁部の電位 ($V_{x1} \sim V_{x7}$, $V_{y1'} \sim V_{y7'}$) を、位置記録装置 11、13 によって再度測定、記録する。このように、位置の異なるグラウンド点 (g1,
10 g2) を基準に 2 回以上の電位測定を行うことで、より正確な位置情報の決定が可能となる。

なお、グラウンド (g1, g2) の位置は、2 次元平面上のどの場所であっても構わない。図 4 では、正形状の金属膜 5 の端部 (左下、右下) をグラウンドとする例を示したが、金属膜 5 の中心部をグラウンドとして利用してもよい。

15 (具体的な動作例)

次に、より具体的な動作例について説明する。熱源による具体的な温度上昇分布 $\Delta T(x, y)$ として、以下の式 (1) のようなガウス関数を仮定する。

$$\Delta T(x, y) = T_0 \exp \left[-\frac{(x-a)^2}{c^2} \right] \exp \left[-\frac{(y-b)^2}{c^2} \right] \quad [\text{数 1}]$$

すなわち、 $(x, y) = (a, b)$ の地点を中心に、広がり c 程度の範囲で温度上昇が
20 生じた状況を考える。

本発明の目的は、スピンゼーベック効果に伴う熱起電力の測定を通して、この加熱位置 (a, b) を検出、特定することにある。

このような加熱の下では、前述の電子-マグノン温度差 ΔT_{me} が加熱部で有限な値を生じる。局所的な加熱によってマグノン温度 T_m が大きく変化しないという近似の下では、温度差 ΔT_{me} は以下のように温度上昇分布 $\Delta T(x, y)$ に比例する。

$$\Delta T_{me} = T_m(x, y) - T_e(x, y) \propto \Delta T(x, y)$$

この温度差 ΔT_{me} によって、スピン流 J_s が駆動され、金属膜 5 中に局所電場 E_{ISHE} が誘起される。この結果、位置検出装置周縁部に設けられた起電圧測定端子 n ($n=x1\sim x7, y1\sim y7$) における起電圧 V_n は、グラウンド端子 $g1$ から起電圧測定端子 n までの電場 E_{ISHE} の線積分として、以下の式 (2) で表されるような値となる。

$$V_n = \int_{g1}^n \mathbf{E}_{ISHE} \cdot \mathbf{e}_{g1 \rightarrow n} dl \quad [\text{数 2}]$$

ベクトル $\mathbf{e}_{g1 \rightarrow n}$ は、グラウンド端子 $g1$ から起電圧測定端子 n へ向かう単位ベクトルを表す。

以上の考察から、起電圧測定端子 n ($n=x1\sim x7, y1\sim y7$) における起電圧 V_n は、グラウンド $g1$ と起電圧測定端子 n との間の温度上昇分布 $\Delta T(x, y)$ に大きく依存する。

以下では具体例として、図 6 (a) に示すように、グラウンドに接地した $g1$ 地点を原点 $(x, y) = (0, 0)$ とする 2 次元座標系 (範囲は $0 \leq x, y \leq 8$) において、 $(a, b) = (3, 5)$ を中心に発熱が生じた状況を考える。ここでは $T_0=10$, $c=1$ と仮定している。なお、以下では説明を簡単にするため、電荷蓄積による逆電場の影響を無視して議論している。

この時の、グラウンド $g1$ と起電圧測定端子 n とを結ぶ接続線上での温度上昇分布 ΔT を図 6 (b) に示す。これらのグラフから明らかなように、起電圧を測定する端子の場所 ($n=x1\sim x7, y1\sim y7$) によって、グラウンド $g1$ との間での温度上昇分布が大きく異なることが分かる。当然ながら、加熱点 (a, b) との間の距離が小さい場所ほど、大きな温度上昇が現れる。起電圧測定端子 n において測定される電位 (熱起電力) V_n は、この温度分布の積分値に依存する。

図 7 (a) には、位置記録装置 11、12 によって $V_{x1}\sim V_{x7}$, $V_{y1}\sim V_{y7}$ として測定される電圧値 (縦軸は最大電圧値で規格化) を示している。このように、熱誘起される電位 V_n は、測定する場所 ($n=x1\sim x7, y1\sim y7$) に大きく空間依存する。

より正確に 2 次元位置 (a, b) を測定するためには、グラウンドの位置を切り替えて再度測定を行う。図 7 (b) では、グラウンドの位置を $g1$ から $g2(x, y) = (8, 0)$

に切り替えて、起電圧測定端子 n ($n=x1\sim x7, y1'\sim y7'$) における電位 V_n の分布を再度測定している。これら 2 回の測定から、2 次元位置をより正確に推定できるようになる。

参考のため、別の例として、図 8 には、2 次元位置 $(a, b) = (6, 4)$ において加熱が生じた場合の電位 V_n の空間について示している。図 8 の V_n 分布は、図 7 の V_n 分布とは大きく異なっていることが分かる。 V_n 分布は、加熱が生じた地点 (a, b) によって決まる。

このようにして、位置記録装置 11、12、13 で測定された電位分布から、加熱が生じた 2 次元位置を特定することができる。

10 加熱部 10 (図 4) としては、熱を持つものであれば何でも利用できることから、体温を持つ指や、先端が加熱されたペンなどで位置情報の入力が可能となる。待機時に電圧等のバイアス印加が不要であることから、待機電力の極めて小さなユーザーインターフェースなどに利用できる。

15 なお、本実施形態での位置入力の動作原理は、磁性体層 2 の温度分布を局所的に変化させることであることから、加熱部 10 の代わりに冷却部を用いてもよい。例えば、位置検出装置を IT 機器などの高温熱源に貼り付けてあらかじめ加熱しておき、外部から室温の冷却部を近づけることでも、局所的に温度分布を変化させることが可能となる。

20 図 4 では、上から順に金属膜 5 / 磁性体層 2 / 基板 4 の順で積層した素子構造を示したが、金属膜 5 と磁性体層 2 の積層順を逆転しても良い。すなわち、図 9 に示すように、上から順に磁性体層 2 / 金属膜 5 / 基板 4 の積層構造を採用してもよい。図 9 に示すような積層構造では、磁性体層 2 として熱伝導率の小さな磁性絶縁体材料を用いることができることから、上部から加熱部 10 で加熱された場合に、水平 (x, y) 方向への熱の広がりが小さく抑えられ、空間分解能を向上させる効果を示す。

[実施例 1]

図 10 に、本発明の第 1 の実施形態の具体的な例として実施例 1 を示す。本実施例 1 では、磁性体層 2 としては Y サイトの一部を Bi で置換したイットリウム鉄ガーネット (以降、Bi:YIG と記述する。組成は $\text{BiY}_2\text{Fe}_5\text{O}_{12}$) 膜を用いる。

金属膜 5 には Pt 膜を用いる。ここで、Bi : YIG 膜の厚さ t_m は 100 nm、Pt 膜の厚さ t_e は 15 nm とする。

基板 4 としては膜厚 t_s 500 μ m の石英ガラス基板を用い、カバー層 3 としては膜厚 t_c 100 μ m の合成サファイア板を用いる。加熱部 10 としては、先端が 450 $^{\circ}$ C に加熱されたペンを用いる。

Bi : YIG からなる磁性体層 2 は、有機金属分解法 (MOD 法) によって成膜する。溶液は (株) 高純度化学研究所製の MOD 溶液を用いる。この溶液中では、適切なモル比率 (Bi : Y : Fe = 1 : 2 : 5) からなる金属原材料が酢酸エステルに 3 % の濃度で溶解されている。この溶液をスピコート (回転数 100 rpm、30 s 回転) で石英ガラス基板上に塗布し、150 $^{\circ}$ C のホットプレートで 5 分間乾燥させた後、電気炉中で 720 $^{\circ}$ C の高温で 14 時間焼結させる。これにより、石英ガラス基板上に膜厚約 100 nm の Bi : YIG ($\text{BiY}_2\text{Fe}_5\text{O}_{12}$) 膜が形成される。

その後、Pt からなる金属膜 5 を、スパッタにより成膜する。最後に、これらの上に、カバー層 3 として、厚さ 100 μ m の合成サファイア板をかぶせて金属膜 / 磁性体層を保護する。

(実施例 1 の別の作製方法 (実施例 1 b))

図 11 に、別の実施例 1 b を示す。本実施例 1 b では、実施例 1 と同じ膜厚 t_s 500 μ m の石英ガラス基板 (基板 4) 上に、厚さ t_m 10 μ m の Bi : YIG 膜 (磁性体層 2) を、エアロゾルデポジション (AD) 法により成膜する。金属膜 5 には、Cu に Ir を混合した合金材料 $\text{Cu}_{1-x}\text{Ir}_x$ を用いる。AD 法で成膜する Bi : YIG の原料としては、直径 300 nm の Bi : YIG 微粒子を用いる。この Bi : YIG 微粒子をエアロゾル発生容器に詰めておき、基板 4 は成膜チャンバ内のホルダーに固定する。この状態で成膜チャンバとエアロゾル発生容器との間に圧力差を生じさせることで、Bi : YIG 微粒子が成膜チャンバ内へと引き込まれ、ノズルを通して基板上に吹き付けられる。このときの基板での衝突エネルギーによって微粒子が粉碎、再結合し、基板 4 上に Bi : YIG 多結晶が形成される。基板ステージを 2 次元的にスキャンすることで、基板 4 上に均一な Bi : YIG による磁性体層 2 を膜厚 10 μ m で成膜する。

その後、必要に応じて磁性体層 2 の表面を研磨した後、金属膜 5 として、銅に

イリジウムを少量ドーピングした厚さ t_c 100nm の合金材料 $\text{Cu}_{1-x}\text{Ir}_x$ を、スクリーン印刷法により成膜する。ここでは、Ir を 1 % ドーピングした合金材料 $\text{Cu}_{0.99}\text{Ir}_{0.01}$ を用いる。スクリーン印刷用のインク（ペースト）としては、 $\text{Cu}_{0.99}\text{Ir}_{0.01}$ 合金を粒径約 50nm に微粒子化した粉末を、バインダと混合させたものを用いる。

- 5 最後に、これらの上に、アクリル材料としてポリメタクリル酸メチルを溶かした有機溶液を塗布し、100℃程度の高温で乾燥させ、厚さ t_c 100 μm のカバー層 3 を作成する。

[第 2 の実施形態：2 つの金属膜（導電膜）を有する位置検出装置]

- 10 第 1 の実施形態では、位置特定精度を高めるために、異なる位置 (g_1 , g_2) をグラウンドとして、2 回の電位測定を行っている。しかし、この方法では、グラウンドの切り替えが必要になることから、高速な位置測定を行うことが難しい。

- 15 第 2 の実施形態では、図 1 2 (a) に示すように、磁性体層 2 の上に上部金属膜 2 1、磁性体層 2 の下に下部金属膜 2 2 をそれぞれ形成、配置する。このうち、図 1 2 (b) に示すように、上部金属膜 2 1 は g_1 (0, 0) 点がグラウンドに接地されており、上部金属膜 2 1 の周縁部 ($x_1 \sim x_7$)、($y_1 \sim y_7$) の端子に接続された位置記録装置 1 1、1 2 で電位 ($V_{x1} \sim V_{x7}$)、($V_{y1} \sim V_{y7}$) の測定を行う。一方、図 1 2 (c) に示すように、下部金属膜 2 2 は g_2 (8, 0) 点がグラウンドに接地されており、下部金属膜 2 2 の周縁部 ($x_1 \sim x_7$)、($y_1' \sim y_7'$) の端子に接続された位置記録装置 1 4、1 3 で電位 ($V_{x1'} \sim V_{x7'}$)、($V_{y1'} \sim V_{y7'}$) の
20 測定を行う。

このように、2 枚の金属膜を用意して、これらに熱誘起される起電力を同時に測定することによって、グラウンドの切り替えを行うことなく、発熱が生じた 2 次元位置を一度に高い精度で測定できる。

- 25 なお、第 2 の実施形態では 1 つの磁性体層 2 の上下にそれぞれ金属膜を積層配置したが、図 1 3 に示すように、上から順に上部金属膜 2 1、上部磁性体層 2 3、スペーサー層 2 5、下部金属膜 2 2、下部磁性体層 2 4、基板 4 の積層構造とすることにより、磁性体層を 2 層用いて、それぞれの片側に金属膜を配置した構造であってもよい。カバー層 3 は必要に応じて形成される。図 1 3 (b)、(c) に示すように、上部金属膜 2 1 に対する位置記録装置 1 1、1 2 の接続、下部金

属膜 2 2 に対する位置記録装置 1 4、1 3 の接続は図 1 2 (b)、(c) と同じで良い。

(実施例 2)

本発明の第 2 の実施形態の具体的な例として実施例 2 を図 1 4 に示す。

- 5 図 1 4 において、磁性体層 2 としては、厚さ t_m 100nm の Bi:YIG を用いる。上部金属膜 2 1、下部金属膜 2 2 には、それぞれ厚さ t_e 15nm の Pt を用いる。基板 4 としては膜厚 t_s 500 μ m の石英ガラス基板を、カバー層 3 としては膜厚 t_c 100 μ m の合成サファイア板をそれぞれ用いる。これらの実装は実施例 1 と同様の方法で行う。上部金属膜 2 1 に対する位置記録装置 1 1、1 2 の接続、下部金属膜 10 2 2 に対する位置記録装置 1 4、1 3 の接続は図 1 2 (b)、(c) と同じで良い。

{第 3 ～ 第 6 の実施形態}

- 第 1 の実施形態では、位置情報の入力に加熱部 1 0 を利用したが、位置検出装置の中に、外部トリガーによって熱を発生させる仕組みを内蔵させれば、その他の手段でも位置情報の入力が可能となる。実際、熱は最も一般的なエネルギー形態であり、電磁波や振動などの様々なエネルギーも、最終的に熱になることが多い。さらには、物質間の化学反応や相変化などでも熱が生成される。そこで、第 1 の実施形態で示した検出装置を応用すれば、様々な形態のセンサを構成することができる。以下では、電磁波センサ、接触（摩擦熱）検知センサ、ガスセンサ、15 圧力センサなどへの応用について示す。

[第 3 の実施形態：電磁波検知による位置検出装置]

- 図 1 5 に、本発明の第 3 の実施形態として、位置検出装置の応用例である電磁波センサの斜視図を示す。第 1 の実施形態による位置検出装置との違いは、金属膜／磁性体層の上に、絶縁材料からなる絶縁層 3 2 を介して、新たに電磁波吸収膜 3 1 を配置、形成した点にある。25

このような構造の電磁波センサに対し、図 1 5 に示すように、電磁波照射部 3 5 により局所的に外部から電磁波 3 0 が照射されると、電磁波 3 0 が電磁波吸収膜 3 1 によって吸収され、その位置で発熱が生じる。この発熱による熱起電力を、位置記録装置（X 位置記録装置）1 1 および位置記録装置（Y 位置記録装置）1

2で測定、記録することで、電磁波が照射された2次元位置を特定することができる。位置記録装置11、12、13の接続構成、グラウンドの切り替え構成は第1の実施形態と同じで良い。

ここで、電磁波吸収膜31としては、電磁波30をよく吸収して発熱する材料を用いる。具体的な材料の選択は波長に依存するが、例えば赤外線であれば金黒膜（金の超微粒子膜）やニッケル・クロム合金膜などが利用でき、可視光であればCIGS（ $\text{Cu}(\text{In}, \text{Ga})\text{Se}_2$ ）膜やフラーレン膜などが利用できる。また、カーボンブラックやカーボンナノチューブなどからなるカーボン膜などは、塗布、印刷による成膜にも適しており、赤外～可視域の広い波長範囲で利用できる。

10 絶縁層32は、金属膜5での熱起電力生成動作を妨げないための絶縁層の役割を果たす。電磁波吸収膜31自体が絶縁体である場合は、絶縁層32は無くてもよい。

カバー層3には、電磁波30をできるだけ透過する材料を用いる。必要に応じて、カバー層3の上部に波長フィルタを設けることで、特定の波長のみを検出することもできる。また、カバー層3の上部に部分反射鏡を設けて、カバー層3の厚みを最適化することで、特定の波長に対して機能する共振器を構成し、電磁波検出感度を向上することもできる。

なお、感度が重要となる用途では、これら電磁波吸収膜31、絶縁層32、カバー層3としては、入力された熱を磁性体層2に効果的に伝えるために、面直方向に熱伝導率の大きな材料か、膜厚が小さくても検出素子の保護が可能となるような材料を用いることが望ましく、膜厚はそれぞれ100 μm 以下が望ましい。感度、分解能を両立するさらに望ましい形態としては、これらの層において、面直方向に高い熱伝導を呈し、面内方向（基板面に平行な方向）に低い熱伝導を呈する材料、構造を採用する。具体的には、面直方向に配向したカーボンファイバー等のフィラーを埋め込んだ材料を用いたり、面内でピクセルごとに材料を分割した（切り込みを入れた）構造を利用したりして、異方的な伝熱構造を実現する。

以上の原理により、非常に簡単な構成により、外部電源の不要なイメージセンサなどへの応用が可能となる。

（実施例3）

図16に、本発明の第3の実施形態の具体的な例として実施例3を示す。本実施例3では、磁性体層2としては厚さ t_m 100nm の Bi:YIG、金属膜5には厚さ t_e 15nm の Pt 膜を用いる。電磁波30としては、波長 $10\mu\text{m}$ 程度の赤外線を利用する。電磁波吸収膜31としては、この波長の電磁波を効率的に吸収できるカーボンブラック膜を利用する。膜厚 t_{ir} は 200nm とする。基板4としては膜厚 t_s 500 μm の石英ガラス基板を、絶縁層32としては膜厚 t_{sp} 200nm のポリイミド層を、カバー層3としては膜厚 t_c 100 μm のアクリル樹脂をそれぞれ用いる。

これらは以下のように作製する。まず、Pt/Bi:YIG 層を、前述の実施例1と同様の方法で成膜する。その後、これらの上に、ポリイミド層（絶縁層32）を原料溶液の塗布、乾燥により成膜する。さらにその上に、電磁波吸収膜31である膜厚 200nm のカーボンブラック膜を、原材料のスピンコートにより全体に塗布成膜する。最後に、これらの上に、アクリル材料としてポリメタクリル酸メチルを溶かした有機溶液を塗布し、100℃程度の高温で乾燥させ、厚さ 100 μm のカバー層3を作成する。位置記録装置11、12、13の接続構成、グラウンドの切り替え構成は第1の実施形態と同じで良い。

このような構成の赤外線センサを活用することにより、非常に簡単な構成で、監視用の赤外線カメラやサーモグラフィなどを構成することができる。

[第4の実施形態：摩擦熱検知による位置検出装置]

図17に、本発明の第4の実施形態として、位置検出装置の応用例である接触検知センサ（もしくは摩擦熱センサ）の斜視図を示す。このセンサは、第1の実施形態で示した位置検出装置において、カバー層3の代わりに、摩擦熱発生膜41を用いている。第3の実施形態同様、必要に応じて摩擦熱発生膜41と金属膜5との間に絶縁層を挿入しても良い。位置記録装置11、12、13の接続構成、グラウンドの切り替え構成は第1の実施形態と同じで良い。

このような構造の接触検知センサに対し、図17のように、摩擦熱発生部40で摩擦熱発生膜41の一部を局所的に擦るなどして接触させると、この摩擦熱発生膜41の接触部において発熱が生じる。この発熱を、第1の実施形態で説明した位置検出装置と同様の構成、動作原理によって検知することで、接触が生じた2次元位置を測定、記録することができる。

摩擦熱発生膜 4 1 の表面は、摩擦熱発生部 4 0 との接触によって発熱が生じるよう、表面を適切に加工する。また、表面で発生した熱を効率よく磁性体層 2 へ伝えるため、摩擦熱発生膜 4 1 は、保護膜として機能する範囲でできるだけ薄くするか、熱伝導率の高い材料で構成することが望ましい。

- 5 このような接触検知センサにより、外部電源が不要で待機電力ゼロのユーザーインターフェースが実現される。例えばペンで摩擦熱発生膜 3 1 を擦ることによる文字入力などが可能となる。

10 なお、摩擦熱の発生方法については、ここで示した方法に限られない。他の形態としては、例えば摩擦熱発生膜 4 1 として外部からの圧力や振動によって摩擦熱を発生する機械部品で構成することで、荷重や衝撃を摩擦熱発生部 4 0 として用いた接触検知センサ（位置検出装置）を構成することもできる。

（実施例 4）

15 図 1 8 に、本発明の第 4 の実施形態の具体的な例として実施例 4 を示す。本実施例 4 では、磁性体層 2 としては厚さ $t_m 1 \mu m$ の Bi:YIG、金属膜 5 には厚さ $t_e 100 nm$ の $Cu_{0.99}Ir_{0.01}$ 膜を用いる。摩擦熱発生膜 4 1 としては、表面に小さな凹凸を有して粗面となっている合成サファイアを用い、膜厚 t_{fr} は $100 nm$ とする。摩擦熱発生部 4 0 には先端がアルミナでコートされたペンを用いる。基板 4 としては膜厚 $t_s 500 \mu m$ の石英ガラス基板を用い、絶縁層を挿入する場合には材料としてポリイミド樹脂を用いる。位置記録装置 1 1、1 2、1 3 の接続構成、
20 グラウンドの切り替え構成は第 1 の実施形態と同じで良い。

$Cu_{0.99}Ir_{0.01}/Bi:YIG$ 膜は、前述の実施例 1 b と同様の方法により成膜する。その上に、摩擦熱発生膜 4 1 として数百 μm オーダーの適度な凹凸を有する合成サファイア板をかぶせる。

〔第 5 の実施形態：ガス検知による位置検出装置〕

25 図 1 9 に、本発明の第 5 の実施形態として、位置検出装置の応用例である浮遊体センサの斜視図を示す。第 1 の実施形態との違いは、金属膜／磁性体層の上に、絶縁材料である絶縁層 3 2 を介して、新たに浮遊体吸着用の浮遊体検知膜 5 1 を形成、配置した点にある。

 この浮遊体検知膜 5 1 としては、例えば特定の浮遊体 5 0 が吸着した場合に、

発熱を伴う化学反応を生じる触媒など、公知の化学材料を用いることができる。その他、浮遊体検知膜 5 1 としては、触媒を含有する多孔質体を含む膜を用いることもできる。絶縁層 3 2 は、金属膜 5 での熱起電力生成動作を妨げないための絶縁層の役割を果たすが、用いる浮遊体検知膜 5 1 によっては必ずしも必要ない。

- 5 また、ガスによっては、磁性体層 2 もしくは金属膜 5 を直接浮遊体検知膜として利用することもできる。

このような構造の浮遊体センサに対し、外部からガスなどの浮遊体 5 0 が飛来した場合、浮遊体検知膜 5 1 に吸着した地点で化学反応に伴う発熱が生じ、磁性体層 2 の一部が加熱される。この熱を、第 1 の実施形態で説明した位置検出装置
10 と同様の構成、動作原理によって検知することで、浮遊体が吸着した 2 次元位置を測定、記録することができる。それゆえ、位置記録装置 1 1、1 2、1 3 の接続構成、グラウンドの切り替え構成は第 1 の実施形態と同じで良い。

これにより、簡便な構成で、外部電源不要な大面積浮遊体センサなどが実現できる。なお、実際には、浮遊体 5 0 は気体に限らず、液体や固体（粉塵）などを
15 想定してもよい。また、浮遊体検知の原理についても、浮遊体吸着に伴って発熱が生じるものであれば、詳細は問わない。

（実施例 5）

図 2 0 に、本発明の第 5 の実施形態の具体的な例として実施例 5 を示す。本実施例 5 では、磁性体層 2 としては厚さ t_m 100nm の Bi:YIG、金属膜 5 には厚さ t_e
20 15nm の Pt を用いる。これらは、膜厚 t_s 500 μ m の石英ガラス基板 4 の上に、前述の実施例 1 と同様の方法で成膜する。本実施例 5 では、浮遊体 5 0 としては水素を想定し、金属膜 5 として用いる Pt が、水素ガス検知を行う触媒として、浮遊体検知膜 5 1 を兼ねている。

〔第 6 の実施形態：圧力検知による位置検出装置〕

25 図 2 1 に、本発明の第 6 の実施形態である位置検出装置（実施例 6）を示す。これまでの実施形態との違いは、上側から下側に向って金属層膜 5 / 磁性体層 2 の積層順序に代えて磁性体層 2 / 金属膜 5 の積層順序を採用し、基板 4 と金属膜 5 の間に、複数のドットスペーサ 5 3 を間にして形成、配置された上部発熱層 6 1 及び下部発熱層 6 2 を有する点にある。必要に応じて磁性体層 2 / 金属層 5 の

上にはカバー層 3 が形成される。

ここで、上部発熱層 6 1 と下部発熱層 6 2 としては、互いに接することで発熱を生じるような材料の組み合わせを用いる。また、ドットスペーサ 5 3 は、待機時に上部発熱層 6 1 と下部発熱層 6 2 を空間的に隔離する役割を果たす。ドット
5 スペーサ 5 3 の材料としては、有機樹脂などの熱伝導率が小さなものを用いる。

このような位置検出装置において、外部から圧力印加部 6 0 による圧力が加わると、上部発熱層 6 1 が下方に歪み、上部発熱層 6 1 と下部発熱層 6 2 が部分的に接触する。この結果、接触した部分のみ局所的な発熱が生じることから、この熱を第 1 の実施形態で説明した位置検出装置と同様の構成、動作原理によって検
10 知することで、圧力が加わった 2 次元位置を測定、記録することができる。位置記録装置 1 1、1 2、1 3 の接続構成、グラウンドの切り替え構成は第 1 の実施形態と同じで良い。

上部発熱層 6 1 と下部発熱層 6 2 が接触することによる発熱の原理としては、以下のように様々なものが利用できる。

15 例えば、化学反応する 2 つの材料を、上部発熱層 6 1 および下部発熱層 6 2 に利用することができる。これにより、これらが接触した場所で化学反応が生じ、局所的な反応熱が生じる。

また、上部発熱層 6 1 と下部発熱層 6 2 の間に外部からバイアス電圧を印加した状態で待機させ、上部発熱層 6 1 と下部発熱層 6 2 が接触した場所でのみ電流
20 が流れるような構成にしてもよい。この場合、この部分の電気抵抗によるオーミック発熱を位置入力に利用できる。

さらに、上部発熱層 6 1 を下部発熱層 6 2 に押し付けた際の圧力（もしくは歪み）をトリガーとして発熱を生じさせることもできる。例えば、圧力印加に起因する化学反応や相変化に伴って生じる反応熱、潜熱などを、同様の方法で測定す
25 ることで位置検出が可能となる。

この他、下記実施形態、実施例に示すように上部発熱層 6 1 と下部発熱層 6 2 が接触した際の摩擦熱を利用することもできる。

{第 7 ～ 第 9 の実施形態}

これまでの実施形態では、外部の熱あるいは熱勾配が存在しない平衡状態での

待機の下で、外部から熱が加わる位置を、金属膜に生じる熱起電力を通して検出していた。このような検出装置を用いれば、外部電源のない状況下でも、待機電力ゼロで利用できるインターフェースが利用できる。ただし、これらの方法では、外部から装置を加熱する手段を利用する必要があることから、それが難しい状況下では利用が制限される。

一方、身の回りには、体温やディスプレイ、IT機器など、様々な定常熱源や定常温度勾配が存在する。このような温度勾配を有効活用すれば、外部からの加熱を用いなくても、有用なインターフェースを構成することができる。

以下の第7～第9の実施形態では、このようにあらかじめ定常熱源あるいは定常温度勾配が利用できる状況での位置検出装置について説明する。

[第7の実施形態：圧力検知による位置検出装置]

図22に、本発明の第7の実施形態である位置検出装置の斜視図を示す。上記の第6の実施形態と同様に、第7の実施形態でも上側から下側に向って金属層5／磁性体層2の積層順序に代えて磁性体層2／金属層5の積層順序を採用し、圧力の印加によって位置検出を行う。第6の実施形態と異なる点として、第7の実施形態では、第1の実施形態における基板4の代わりに、室温より高い（もしくは低い）温度を有する熱源58を利用している。このような熱源としては、例えばディスプレイや、IT機器の側面、太陽光が当たる建築物の壁や窓など、様々なものが利用できる。必要に応じて磁性体層2／金属層5の上にはカバー層3が形成される。

次に、動作原理について説明する。第7の実施形態では、熱源58の上部に、複数のドットスペーサ53を介して、磁性体層2（上側）／金属層5（下側）が配置されている。待機時には、磁性体層2／金属層5と熱源58とは、ドットスペーサ53によって空間的に分離している。ドットスペーサ53の材料としては、有機樹脂などの熱伝導率が小さなものを用いる。これにより、磁性体層2／金属層5と熱源58との間では、待機時には熱の移動が小さく、互いに異なる温度分布を取り得るものとする。

この状況で、図22に示すように、外部からある一点に圧力印加部70による圧力が印加されると、この部分で熱源58と磁性体層2／金属層5とが接触し、

これらの間に大きな熱移動が生じる。これによって、磁性体層 2 / 金属層 5 が局所的に加熱され、これに伴う温度分布の変化を、第 1 の実施形態と同様の方法で、金属膜 5 における熱起電力変化から検出することができる。それゆえ、位置記録装置 1 1、1 2、1 3 の接続構成、グラウンドの切り替え構成は第 1 の実施形態と同じで良い。

(実施例 7)

図 2 3 に、本発明の第 7 の実施形態の具体的な例として実施例 7 を示す。図 2 3 において、熱源 5 8 としては、温度が室温以上（例えば 4 0℃）に設定されているディスプレイの表面を利用する。カバー層 3 には、厚さ t_c 100 μ m のアクリル層（あるいは合成サファイア板）を用いる。磁性体層 2 としては厚さ t_m 100 nm の Bi:YIG、金属膜 5 には厚さ t_e 15 nm の Pt を用いる。これらは、上記のアクリル層の上（図面では下側）に、前述の実施例 1 と同様の方法で成膜する。その後、これを熱源 5 8 の上部に、アクリルウレタン樹脂からなる直径 10 μ m のドットスペーサ 5 3 を介して配置する。

待機時には、Pt/Bi:YIG/アクリル層と、熱源 5 8 とは、アクリルウレタン樹脂のドットスペーサ 5 3 によって、空間的に分離して配置されている。このとき、これらの間の熱の移動は小さい。これらは、外部から圧力印加部 7 0 である圧力印加用のペンによって押し付けられることによって互いに接触し、大きな熱移動を生じる。位置記録装置 1 1 である X 位置記録装置、位置記録装置 1 2、1 3 である Y 位置記録装置の接続構成、グラウンドの切り替え構成は第 1 の実施形態と同じで良い。

[第 8 の実施形態：接触検知による位置検出装置]

図 2 4 に、本発明の第 8 の実施形態である位置検出装置の斜視図を示す。装置形態としては第 1 の実施形態とほぼ同じだが、ここでも上側から順に磁性体層 2 / 金属層 5 の積層順序を採用し、基板 4 の代わりに、室温より高い（もしくは低い）温度を有する熱源 5 8 を利用している。この結果、待機時には、位置検出装置には熱源 5 8 の影響で、定常的な面直方向の温度勾配が生じている。必要に応じて磁性体層 2 / 金属層 5 の上にはカバー層 3 が形成される。

この状態で、室温の局所冷却部 8 0 が押し当てられると、この部分で局所的に

放熱（冷却）が促進されることから、磁性体層／金属層に印加される温度勾配が局所的に大きくなり、スピン流に伴う電場が増大する。これに伴う電位分布の変化を、第１の実施形態と同様の方法で検出することにより、位置情報の推定が可能となる。それゆえ、位置記録装置１１、１２、１３の接続構成、グラウンドの切り替え構成は第１の実施形態と同じで良い。

（実施例８）

図２５に、本発明の第８の実施形態の具体的な例として実施例８を示す。本実施例８では、磁性体層２としては厚さ $t_m 1 \mu m$ の Bi:YIG、金属膜５には厚さ $t_e 100 nm$ の $Cu_{0.99}Ir_{0.01}$ 膜を用いる。熱源５８としては、温度が室温以上（例えば $40^\circ C$ ）に設定されているディスプレイの表面を利用する。カバー層３には、厚さ $t_c 100 \mu m$ のアクリル層（あるいは合成サファイア板）を用いる。さらに、局所冷却部８０として、室温のペン（冷却ペン）を用いる。

〔第９の実施形態：磁場などの検知による位置検出装置〕

これまでの実施形態では、外部からの磁性体層の局所的な加熱、すなわち温度の変調を利用した位置検出手法について説明してきたが、定常温度勾配を利用できる状況では、外部からの加熱で温度を変調する代わりに、他の様々な自由度によってマグノン温度 T_m （マグノンの熱運動の激しさを表す有効温度パラメータ）を変調することでも、位置検出応用が可能となる。

図２６では、そのような位置検出装置を第９の実施形態として示した。第９の実施形態による位置検出装置の基本的な構成は第８の実施形態とほぼ同じで、温度勾配が存在する状況下での定常スピン流を利用する。ここでも上側から順に磁性体層２／金属層５の積層順序を採用し、基板４の代わりに、室温より高い（もしくは低い）温度を有する熱源５８を利用している。必要に応じて磁性体層２／金属層５の上にはカバー層３が形成される。第８の実施形態との構成上の唯一の違いは、局所冷却部８０の代わりに磁気特性変調部９０を用いる点にある。

磁気特性変調部８０としては、局所的な電場・磁場や、局所的な圧力、電磁波を利用することができる。これにより、マグノンが感じる有効ポテンシャルが実効的に変調される結果、前述したマグノン温度 T_m が変調される。これにより、電子温度 T_e とマグノン温度 T_m の差が局所的に変化することから、これに伴う熱

起電力の変化を金属膜 5 中で観測することにより、位置情報の取得が可能となる。位置記録装置 1 1、1 2、1 3 の接続構成、グラウンドの切り替え構成は第 1 の実施形態と同じで良い。

(実施例 9)

- 5 図 2 7 に、局所磁場によるマグノン変調を利用した第 8 の実施形態の具体的な例として実施例 9 を示す。

本実施例 9 では、磁性体層 2 としては Bi:YIG、金属膜 5 には Pt を用いる。これらは、前述の実施例 1 と同様の方法で、カバー層 3 となるアクリル層上（図面では下側）に作製する。熱源 5 8 としては、温度が室温以上（例えば 4 0℃）に
10 設定されているディスプレイの表面を利用する。カバー層 3 には、厚さ t_c 100 μ m のアクリル層を用いる。磁気特性変調部 9 0 としては、先端にフェライト磁石を有するペンを用いる。これによって、マグノン温度 T_m を変調して、位置入力を行うことができる。

[実施例の効果]

- 15 上記の実施形態、実施例で示した構造により、外部電源の不要な位置検出装置が可能となり、簡便な構成による低待機電力のタッチパネルやイメージセンサなどを実現することができる。また、塗布プロセスや印刷プロセスなどを利用することが可能で、低コスト基板への大面積実装にも適している。

この出願は、2 0 1 1 年 8 月 9 日に出願された日本出願特願第 2 0 1 1 - 1 7
20 3 7 8 5 号を基礎とする優先権を主張し、その開示のすべてをここに取り込む。

[符号の説明]

- 2 磁性体層
3 カバー層
25 4 基板
5 金属膜
1 0 加熱部
1 1 ~ 1 4 位置記録装置
2 1 上部金属膜

	2 2	下部金属膜
	2 3	上部磁性体層
	2 4	下部磁性体層
	2 5	スペーサー層
5	3 0	電磁波
	3 1	電磁波吸収膜
	3 2	絶縁層
	4 0	摩擦熱発生部
	4 1	摩擦熱発生膜
10	5 0	浮遊体
	5 1	浮遊体検知膜
	5 3	ドットスペーサ
	6 0	圧力印加部
	6 1	上部発熱層
15	6 2	下部発熱層
	7 0	圧力印加部
	8 0	局所冷却部
	9 0	磁気特性変調部

請 求 の 範 囲

[請求項 1]

- 磁化を有する磁性体層と、スピン軌道相互作用を有する材料を含む導電膜と、
- 5 位置情報入力手段と、を含む位置検出装置であって、

前記位置情報入力手段は、前記磁性体層中の有効温度を変調してスピンゼーベック効果を誘起することで前記導電膜中に局所的に電場を発生させ、それに伴う電位変化から温度変調の位置を検出することを特徴とする、位置検出装置。

[請求項 2]

- 10 前記位置情報入力手段として加熱または冷却手段を備え、該加熱または冷却手段で前記磁性体層を局所的に加熱または冷却することで位置情報を入力することを特徴とする、請求項 1 に記載の位置検出装置。

[請求項 3]

- 前記導電膜の周縁部に、電圧を取り出すための複数の端子を有することを特徴
- 15 とする、請求項 1 または請求項 2 に記載の位置検出装置。

[請求項 4]

前記導電膜は、グラウンドに接地した接地点を有しており、前記接地点と、前記複数の端子との間で誘起された起電圧を測定することを特徴とする、請求項 3 に記載の位置検出装置。

- 20 [請求項 5]

前記導電膜を、少なくとも 2 枚互いに平行に重ねて配置し、それぞれが異なる 2 次元位置にグラウンド端子を有することを特徴とする、請求項 4 に記載の位置検出装置。

[請求項 6]

- 25 前記導電膜と前記磁性体層の積層構造に加えて、さらに電磁波吸収膜を含む請求項 1 から請求項 5 のいずれか 1 項に記載の位置検出装置であって、前記位置情報入力手段として電磁波を局所的に照射する電磁波照射手段を備えることを特徴とする、位置検出装置。

[請求項 7]

前記導電膜と前記磁性体層の積層構造に加えて、さらに摩擦熱発生膜を含む請求項 1 から請求項 4 のいずれか 1 項に記載の位置検出装置であって、前記位置情報入力手段として摩擦熱を局所的に発生させる摩擦熱発生手段を備えることを特徴とする、位置検出装置。

5 [請求項 8]

前記導電膜と前記磁性体層の積層構造に加えて、さらに浮遊体検知層を含む請求項 1 から請求項 4 のいずれか 1 項に記載の位置検出装置であって、前記位置情報入力手段として気体を含む浮遊体を用いることを特徴とする、位置検出装置。

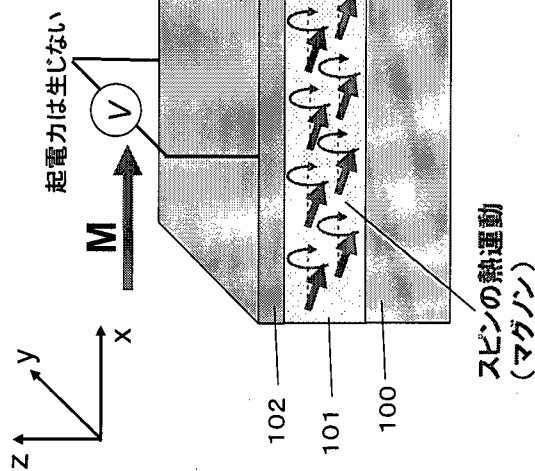
 [請求項 9]

- 10 前記磁性体層に対して温度勾配が印加された状態で、前記位置情報入力手段によって有効温度分布を変調することを特徴とする、請求項 1 から請求項 4 のいずれか 1 項に記載の位置検出装置。

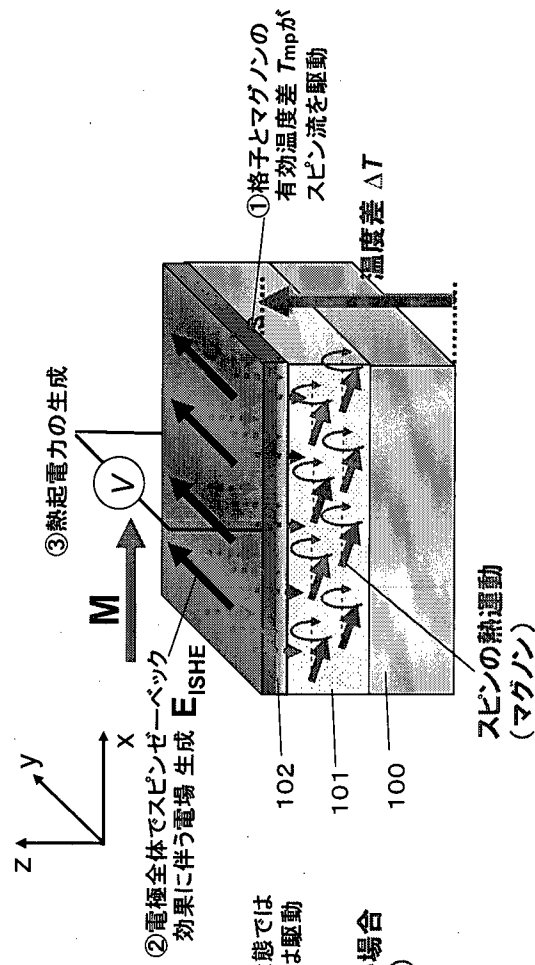
 [請求項 10]

- 15 前記位置情報入力手段は、マグノン運動を変調することで前記磁性体層中のマグノン有効温度を変え、位置情報を入力することを特徴とする、請求項 1 から請求項 5 のいずれか 1 項に記載の位置検出装置。

(a) 全体が一様温度の場合



(b) 上部が一様に加熱された場合



(c) 合成石英ガラス基板上のPbBi:YIGにおける熱起電力の測定例

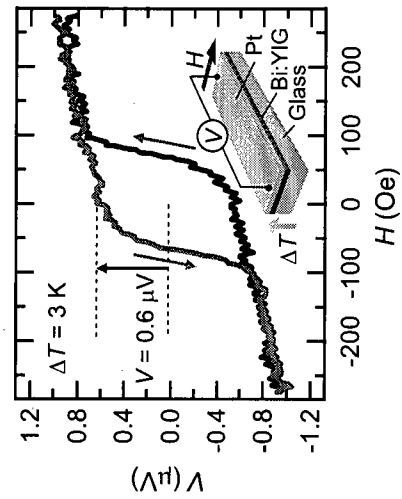


図 1

上部電極の一部が加熱された場合

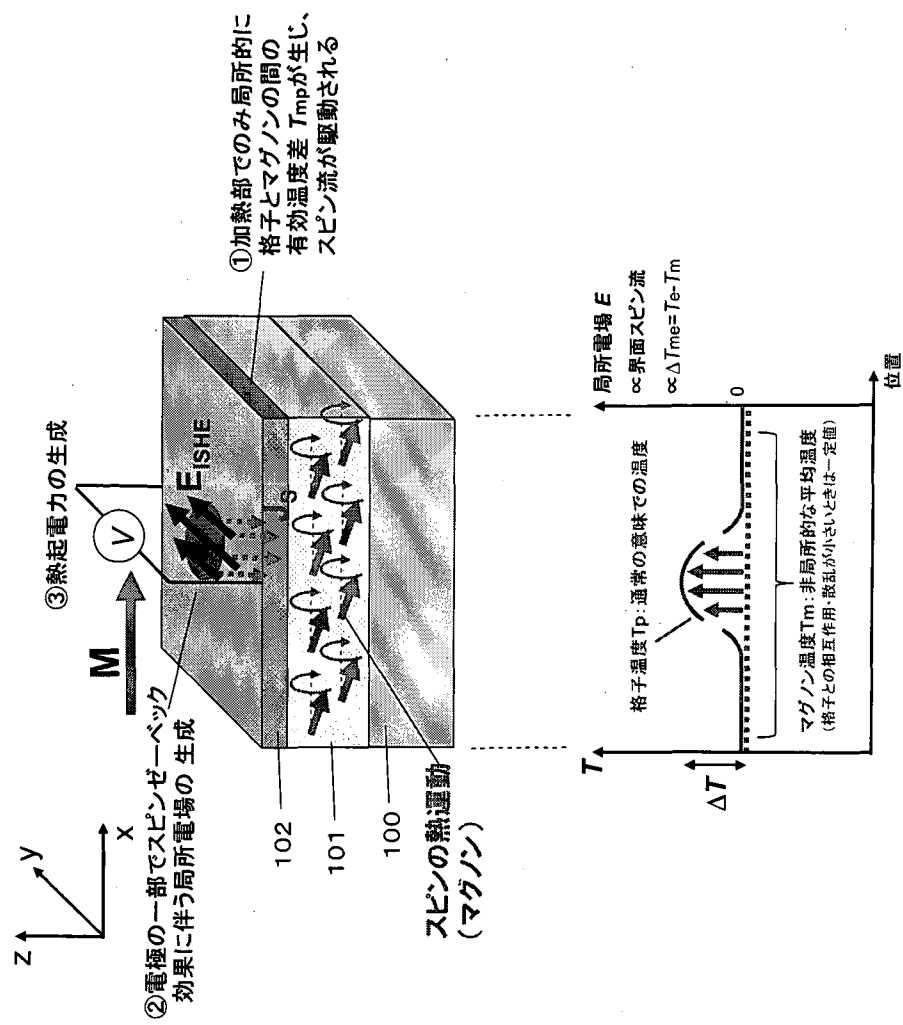


図 2

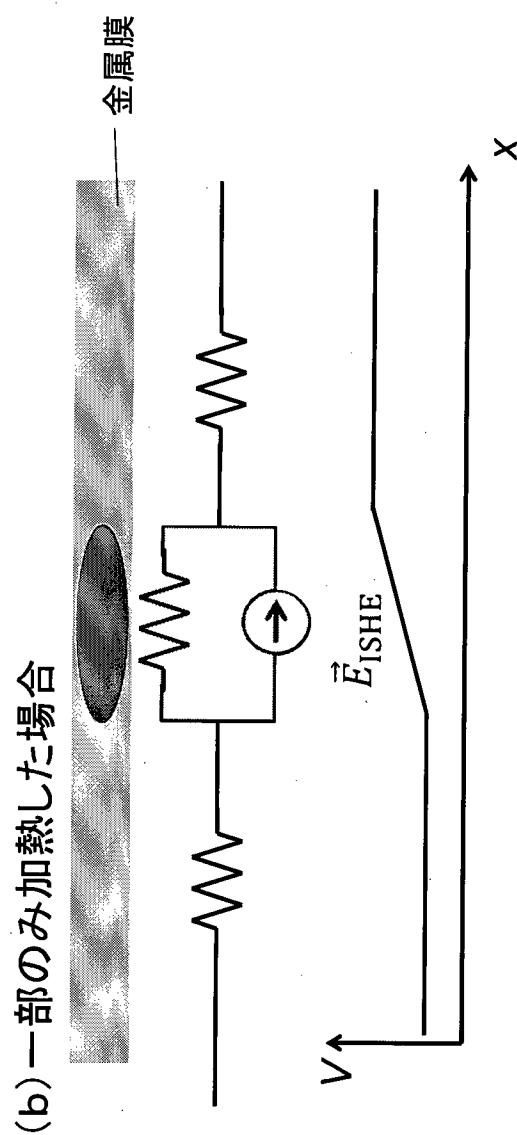
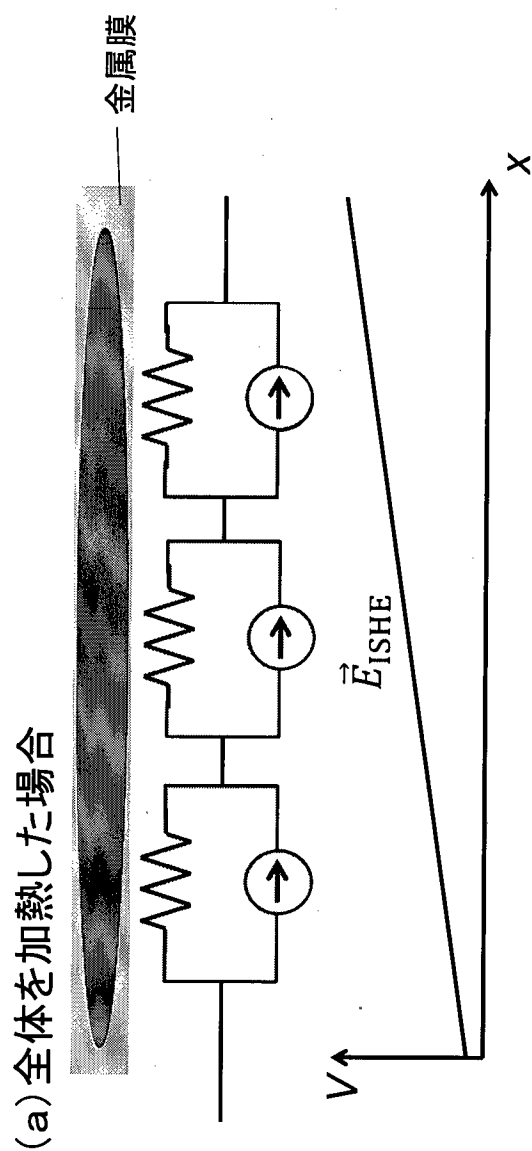
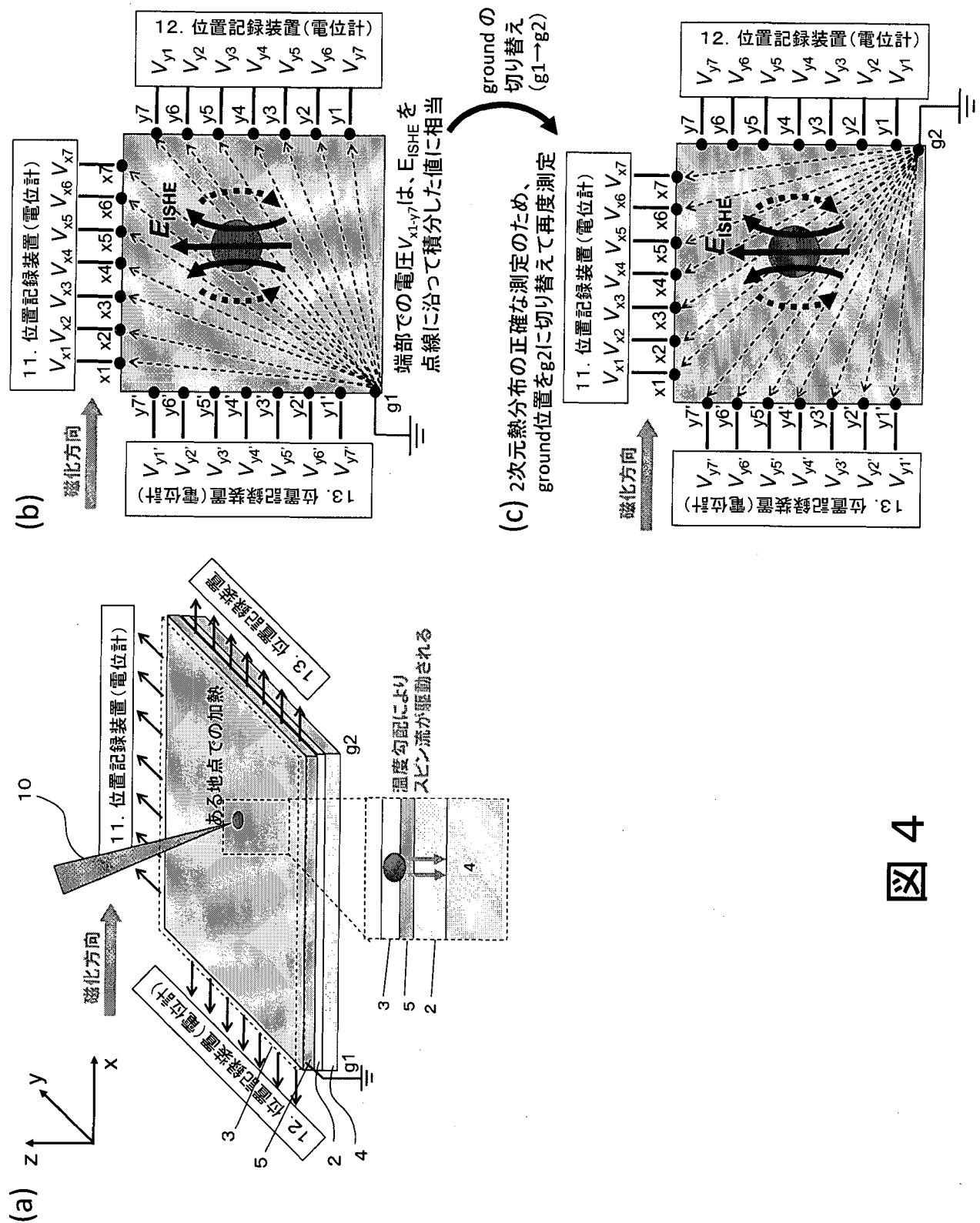


図 3



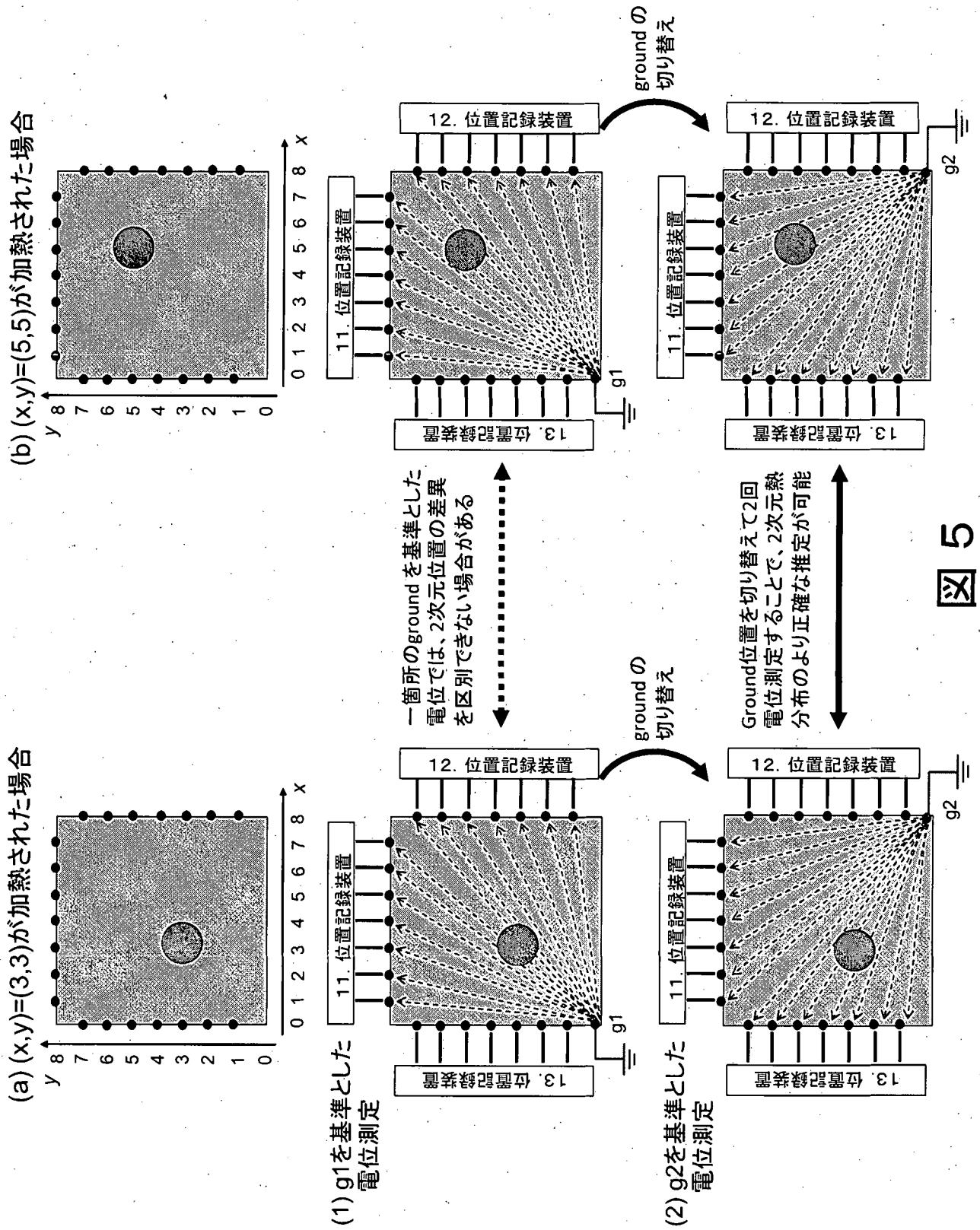
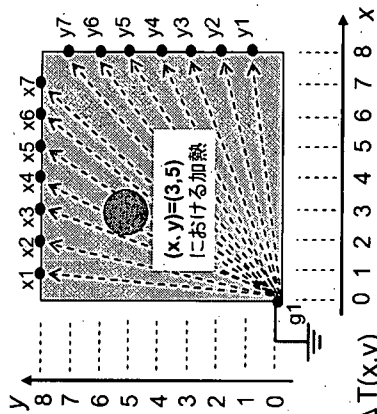


図 5

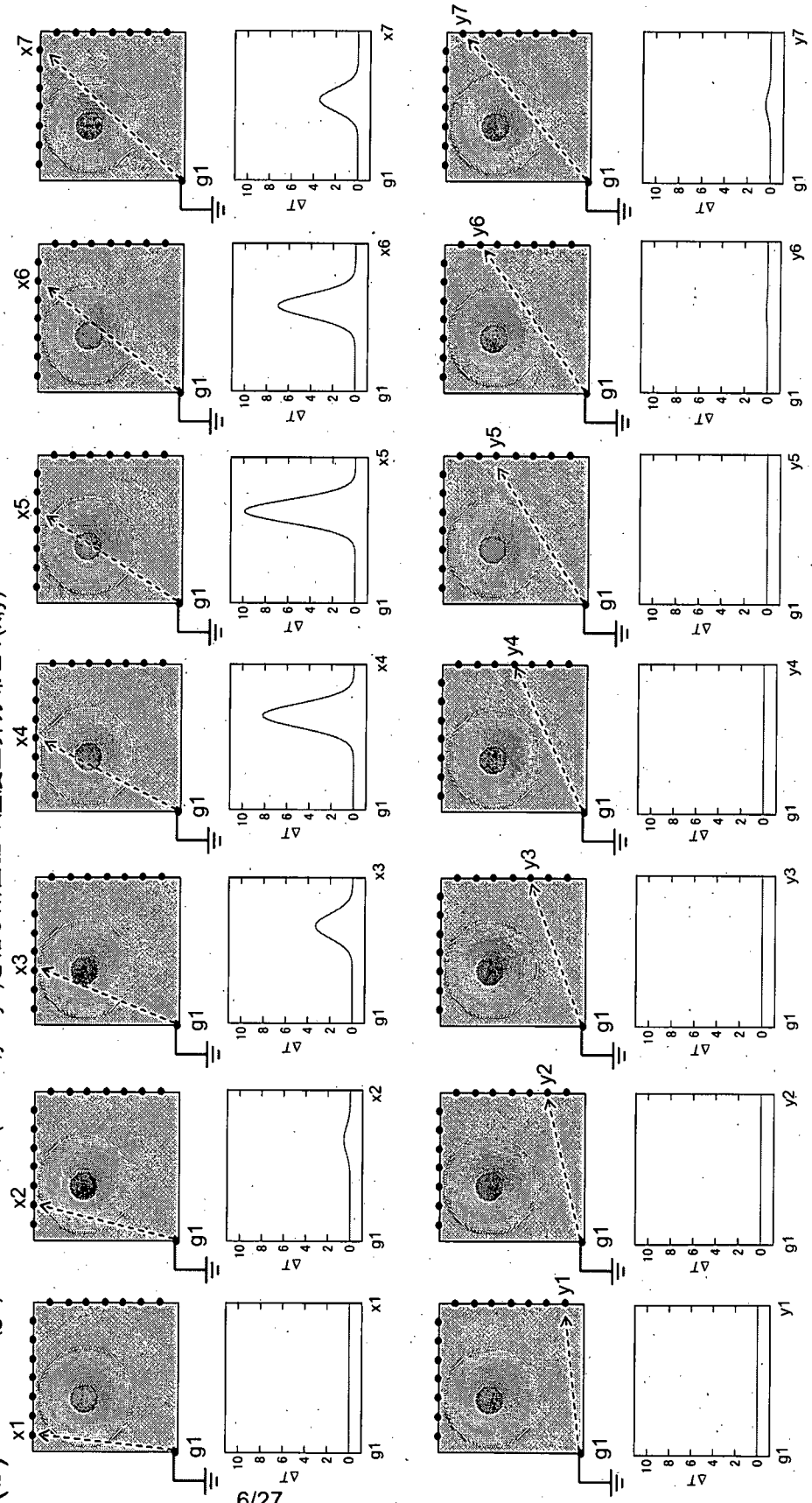
図 6



加熱に伴う
起電圧評価

(a) 装置の局所的加熱

(b) グラウンド(g1)と電位測定端子(x1~x7, y1~y7)を結ぶ断面上の温度上昇分布 $\Delta T(x,y)$



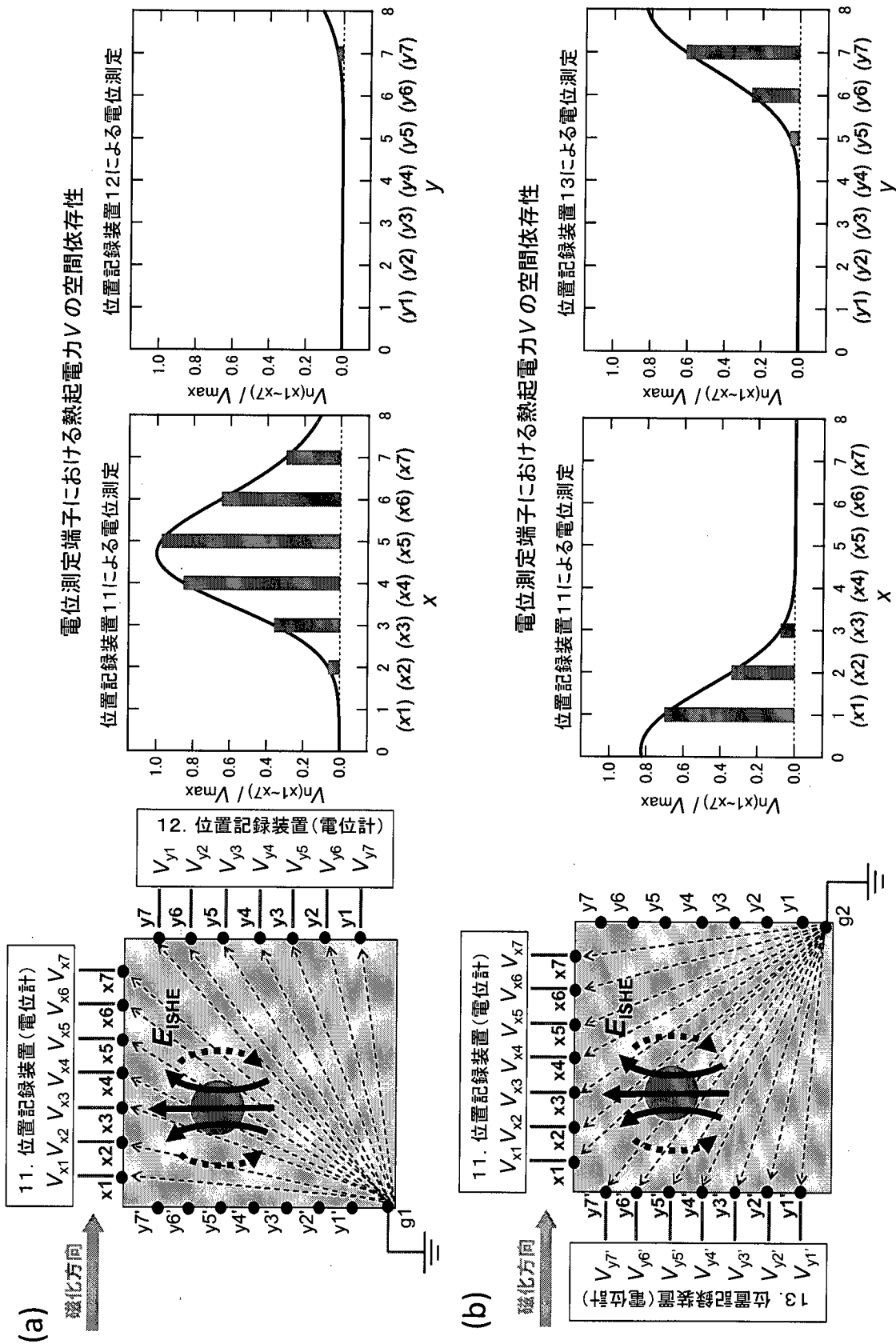


図 7

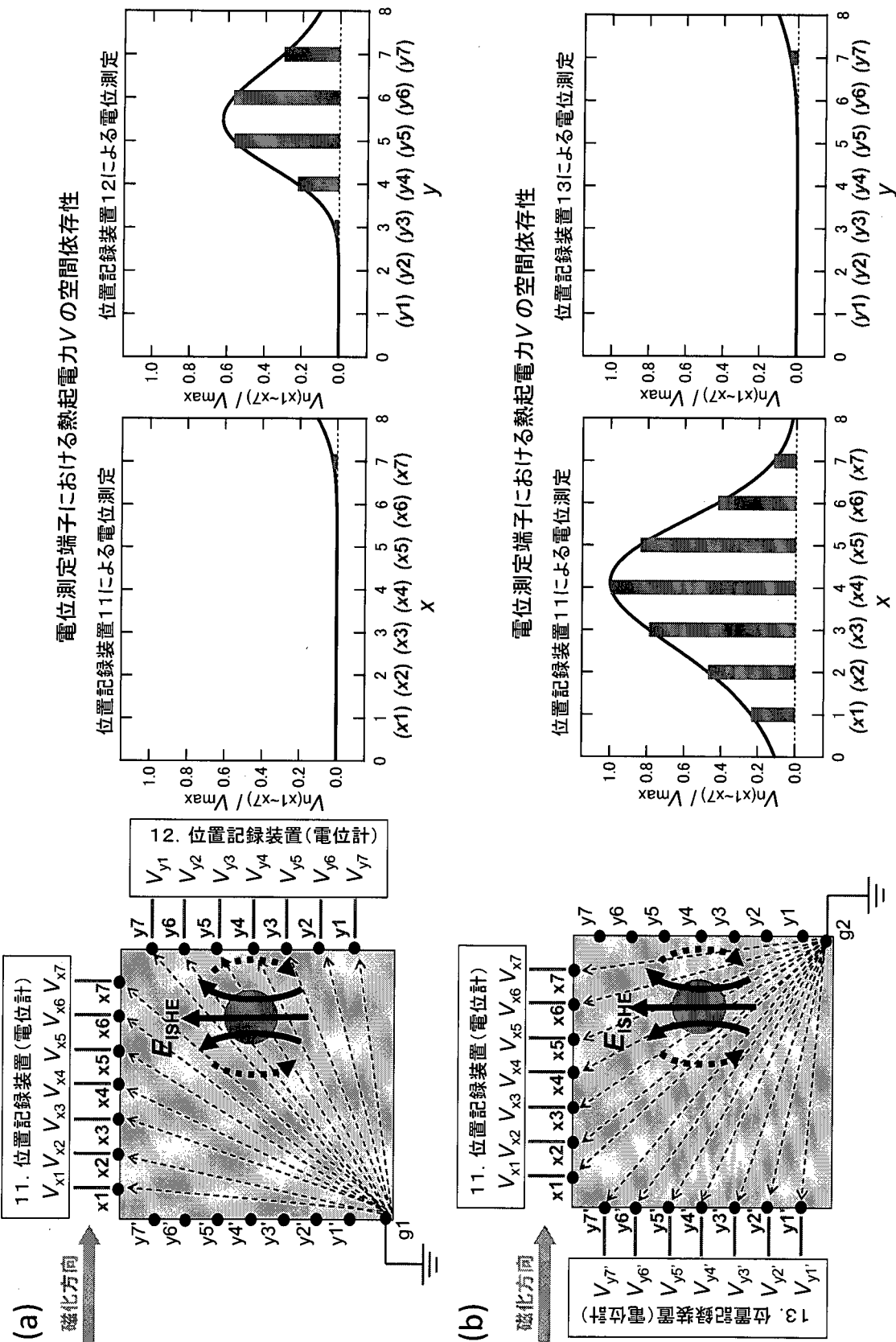


図 8

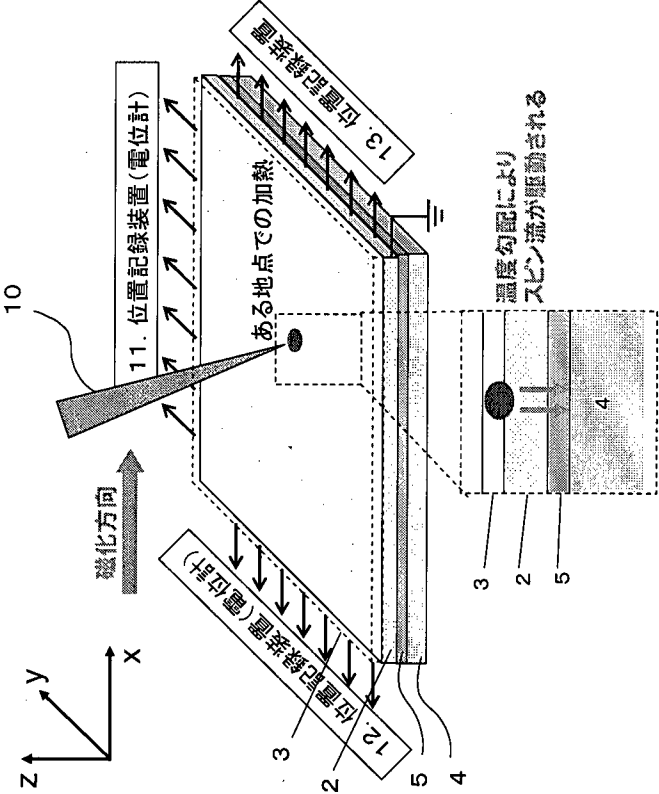


図 9

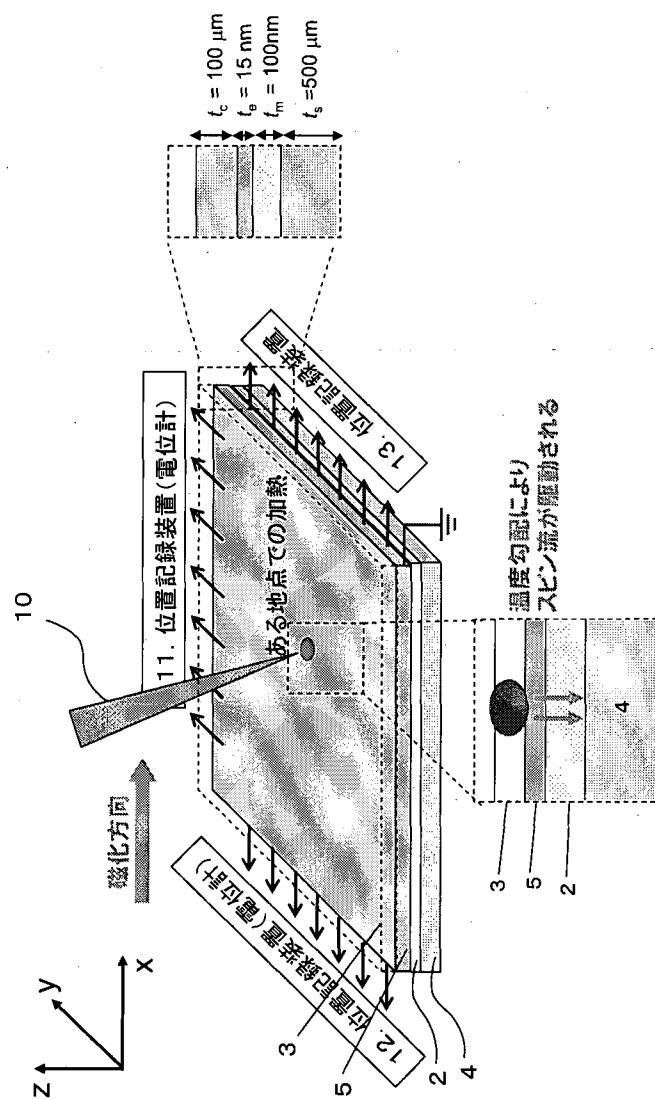


図 10

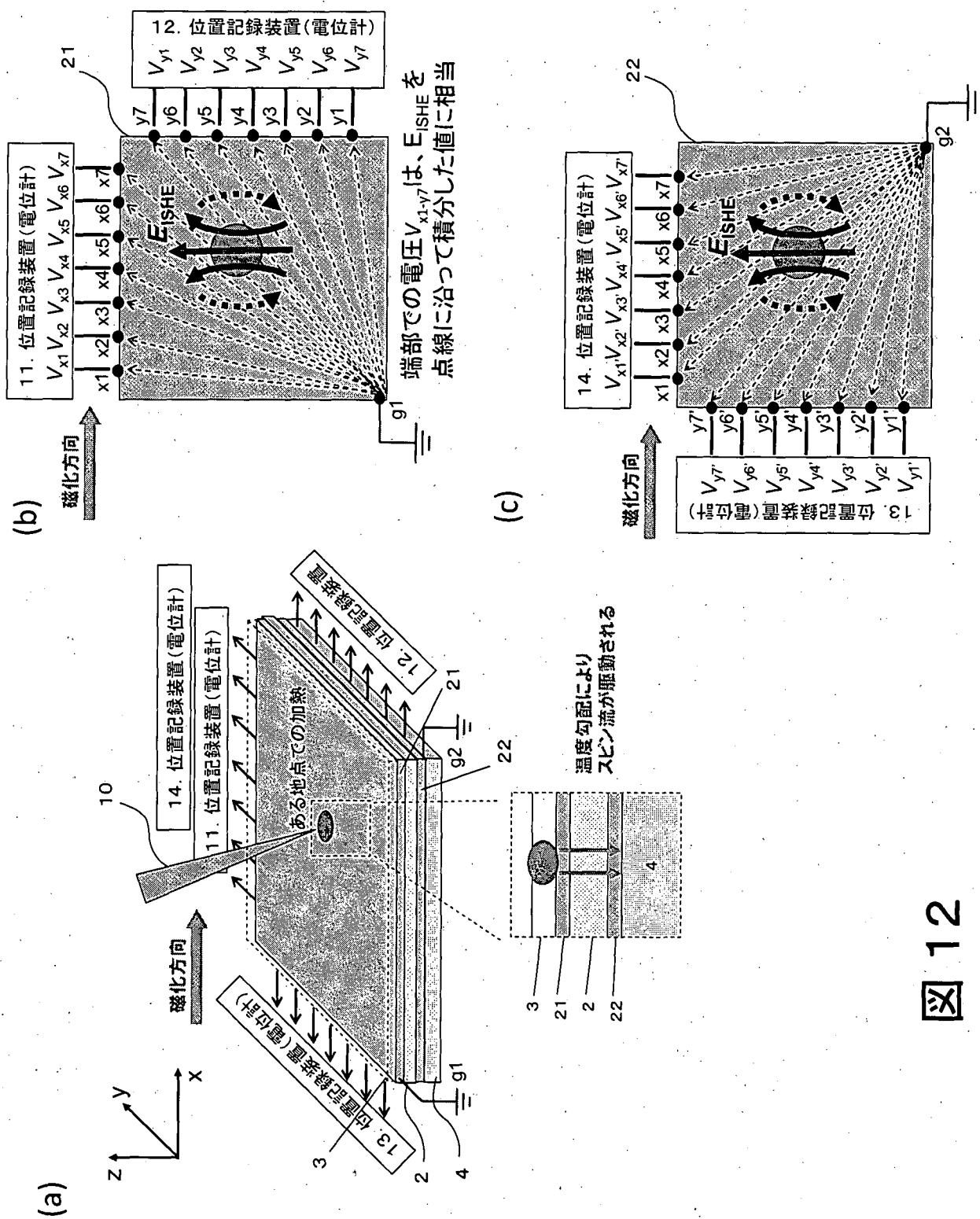


図 12

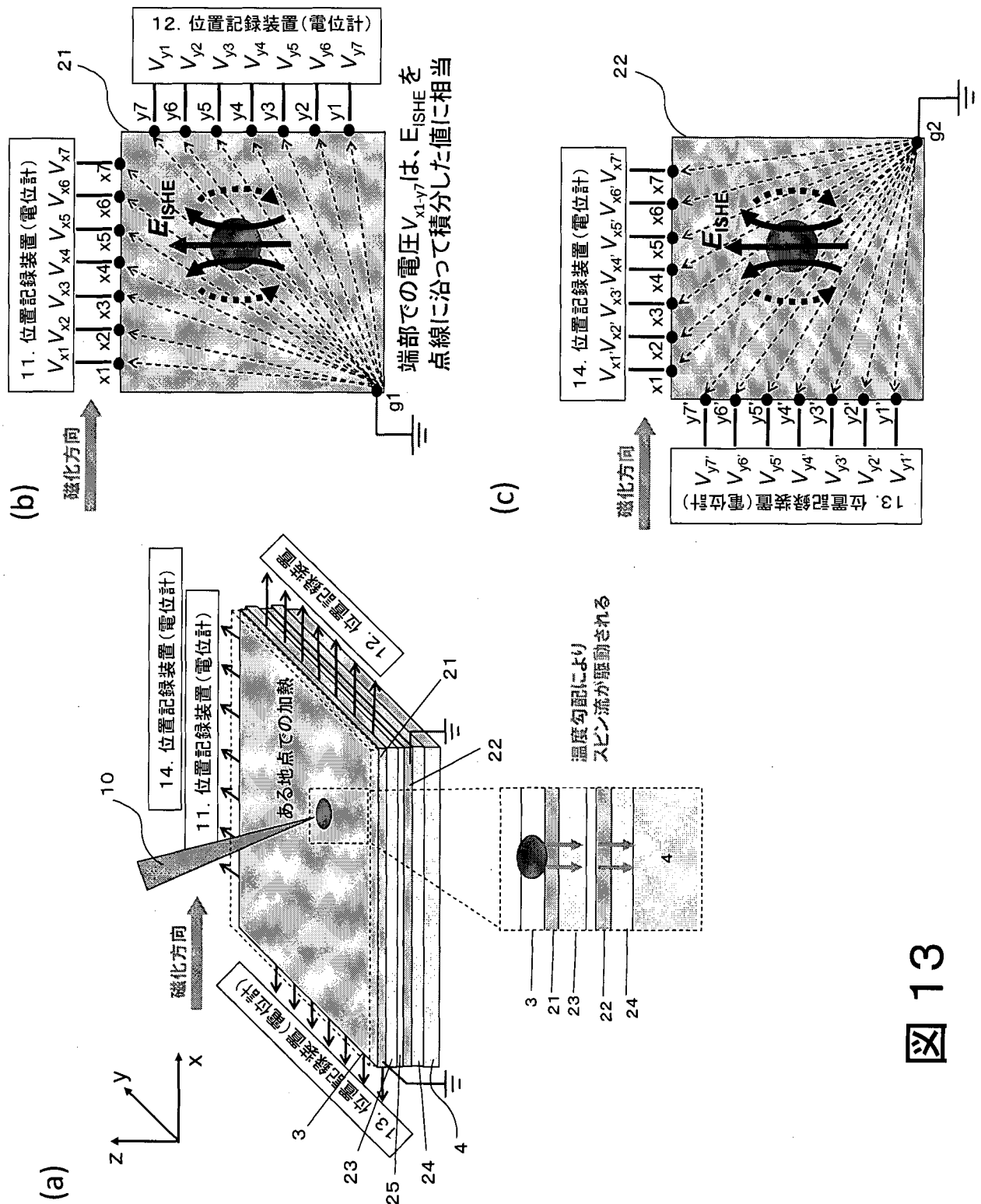


図 13

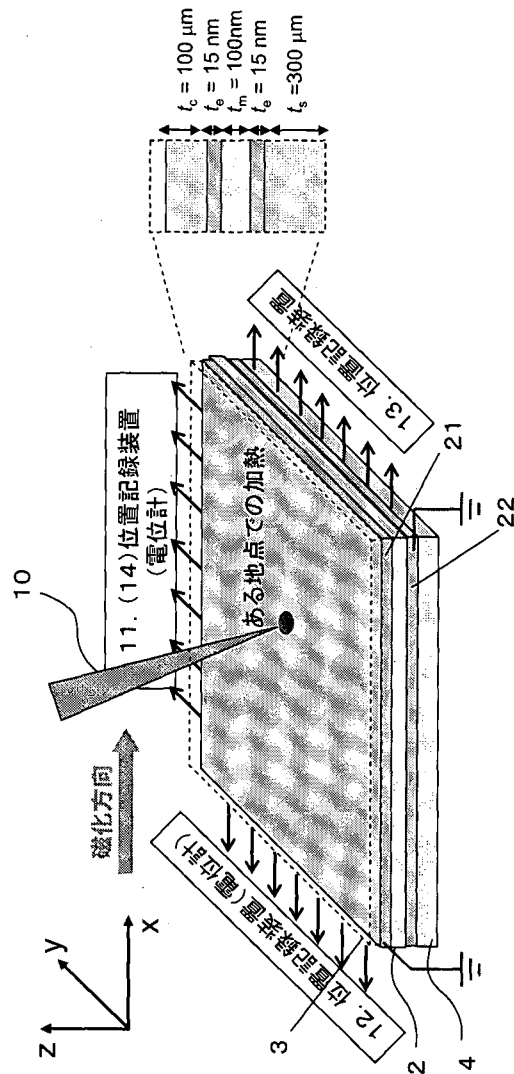
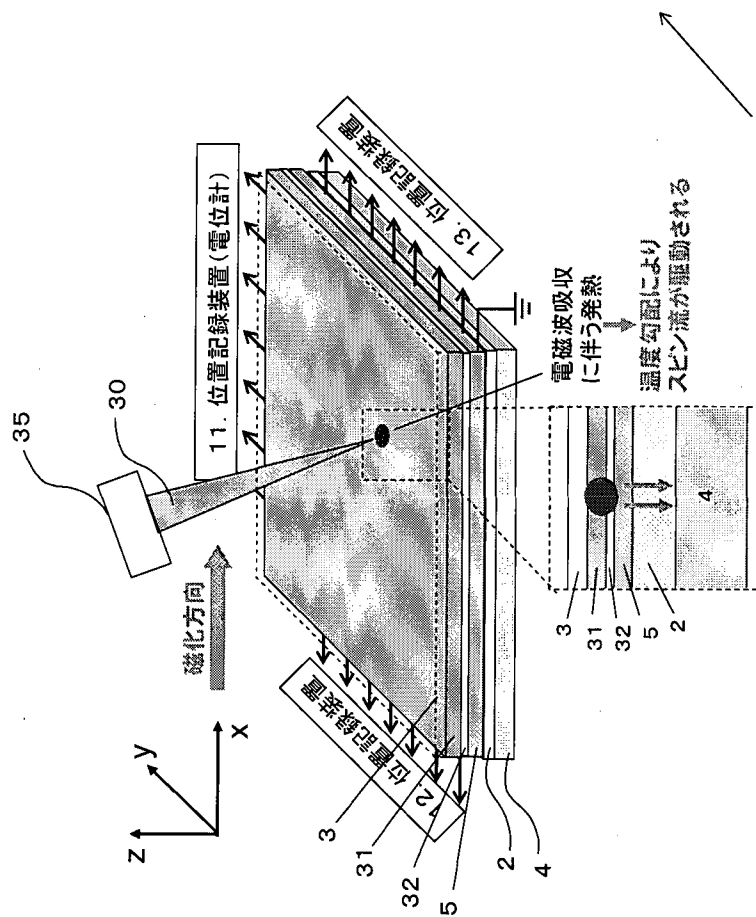


図 14



五十一

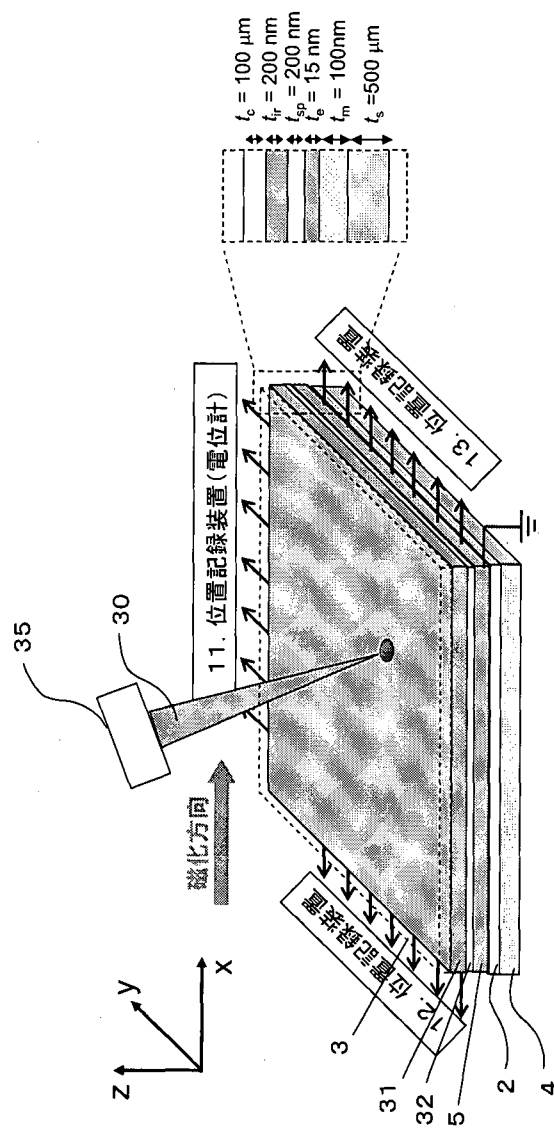


図 16

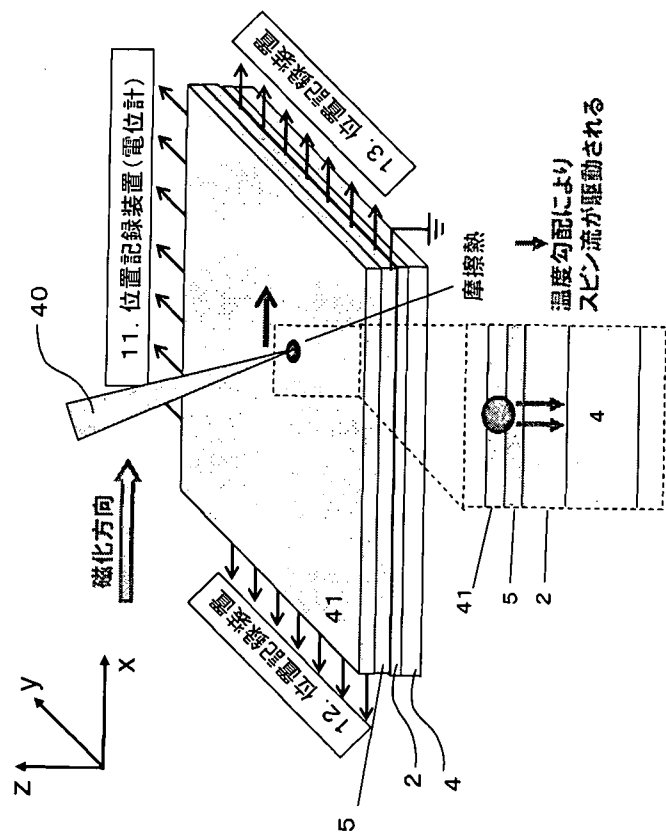


図 17

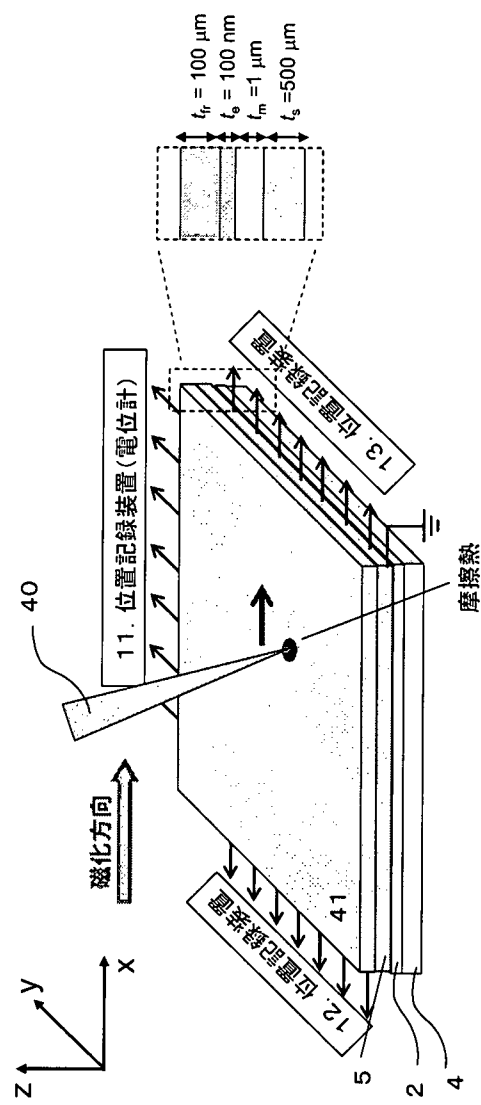
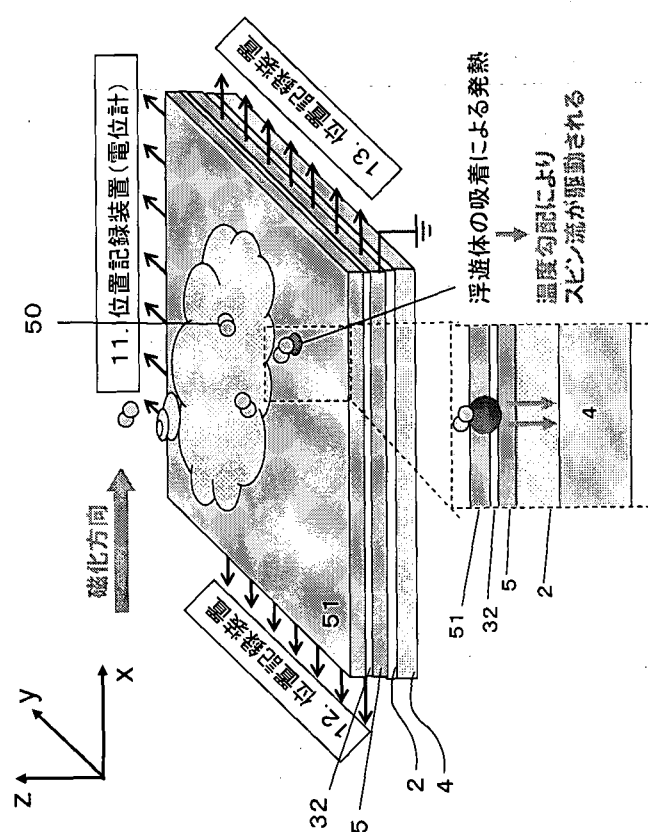


図 18



91

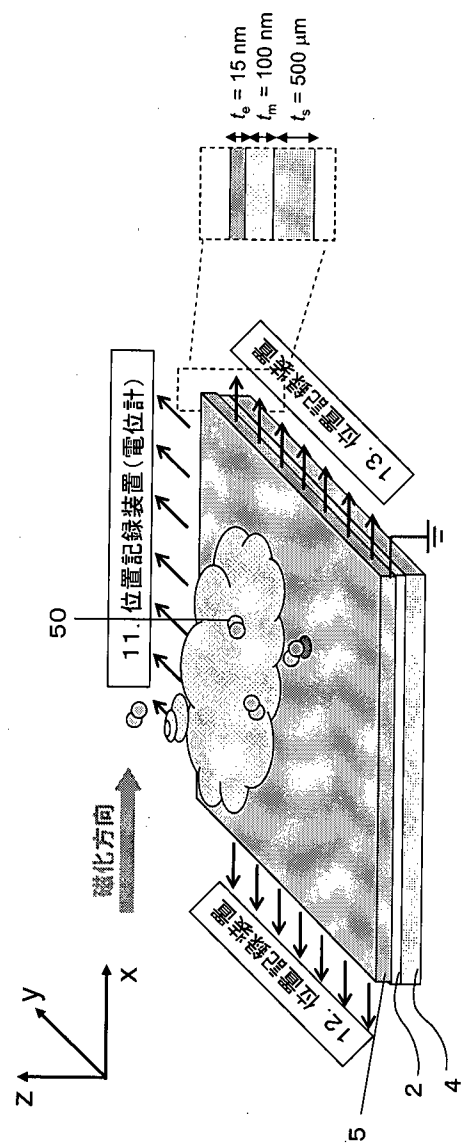
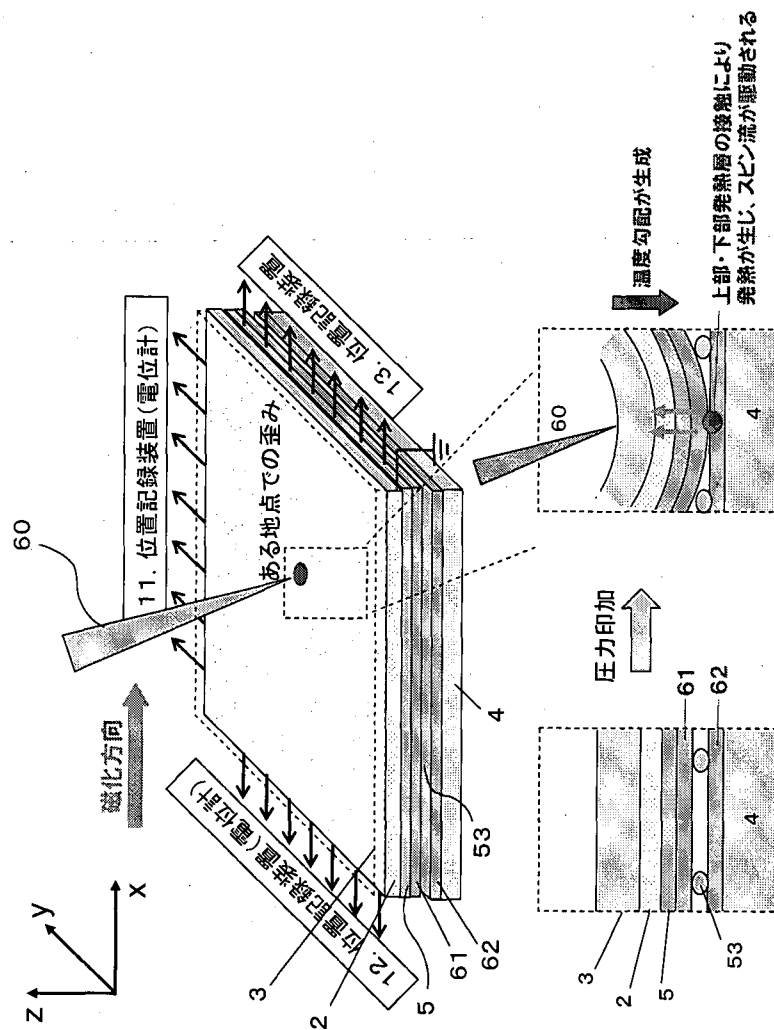


図 20



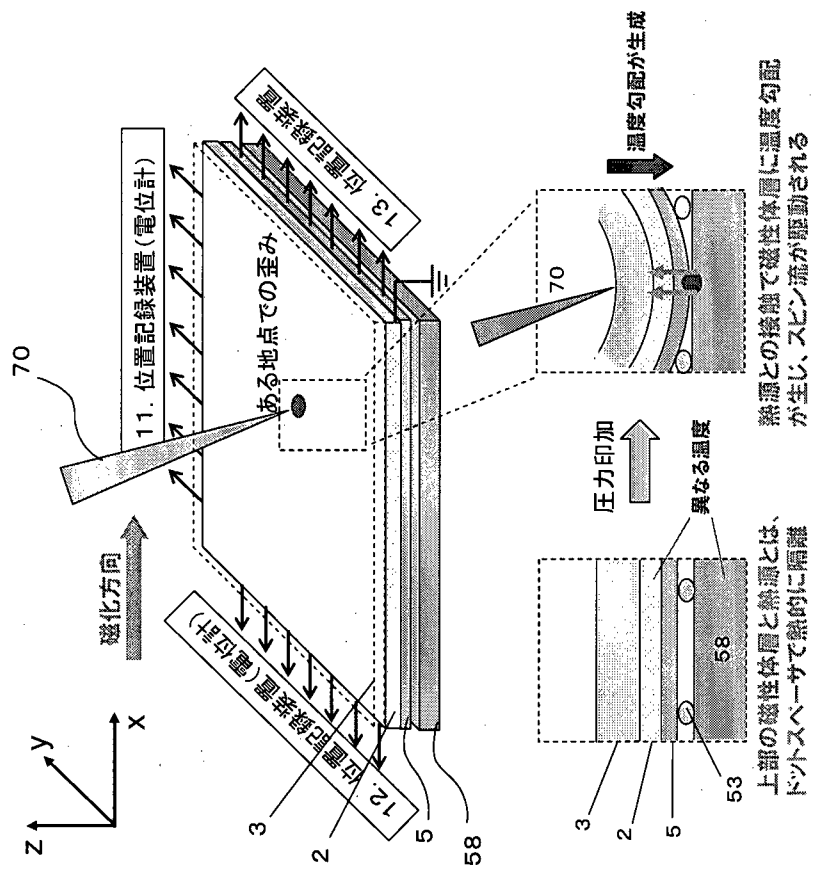


図 22

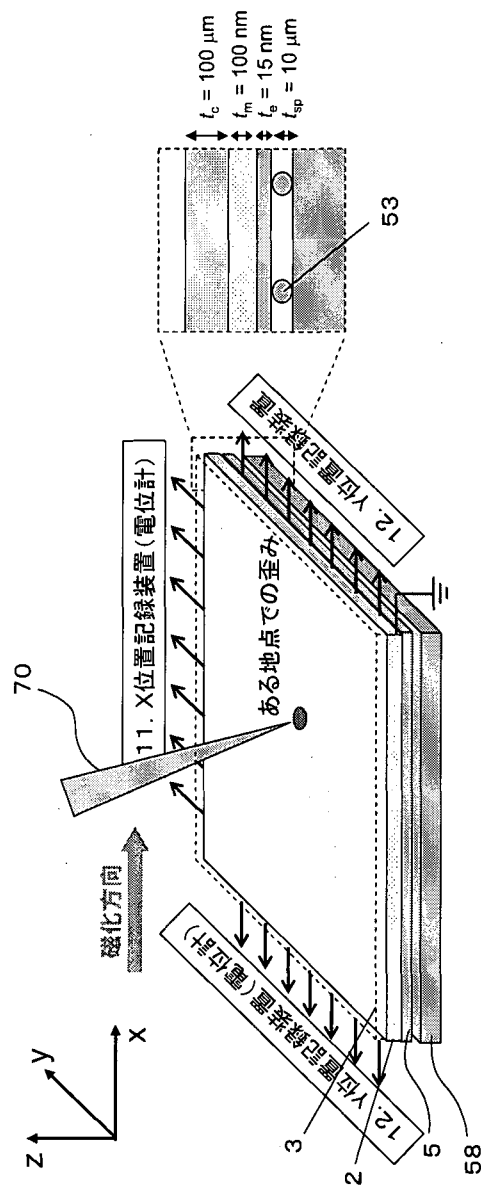


図 23

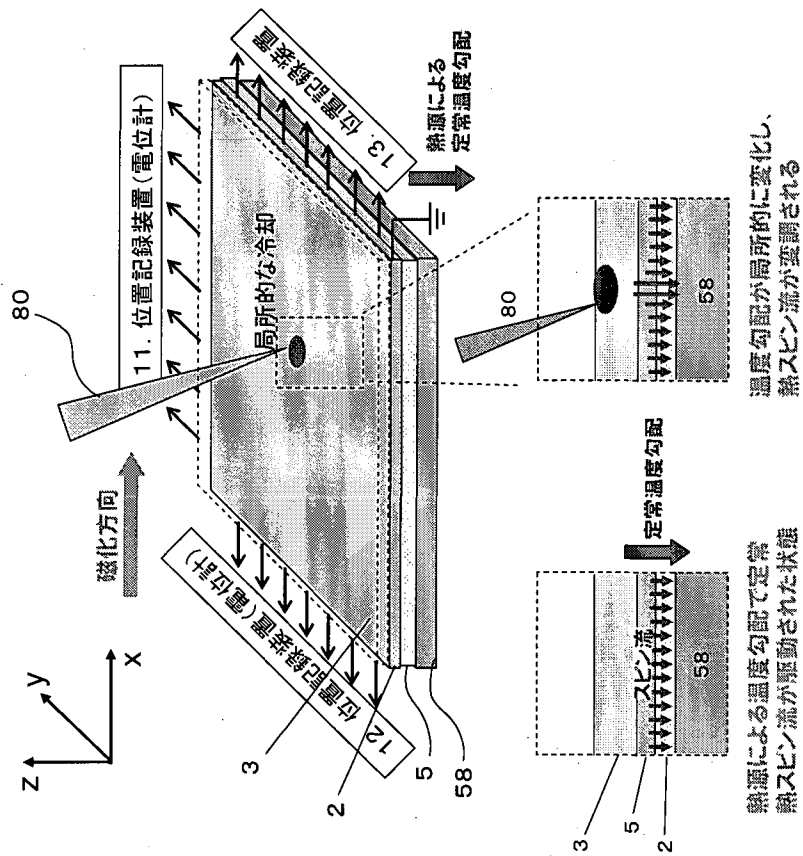
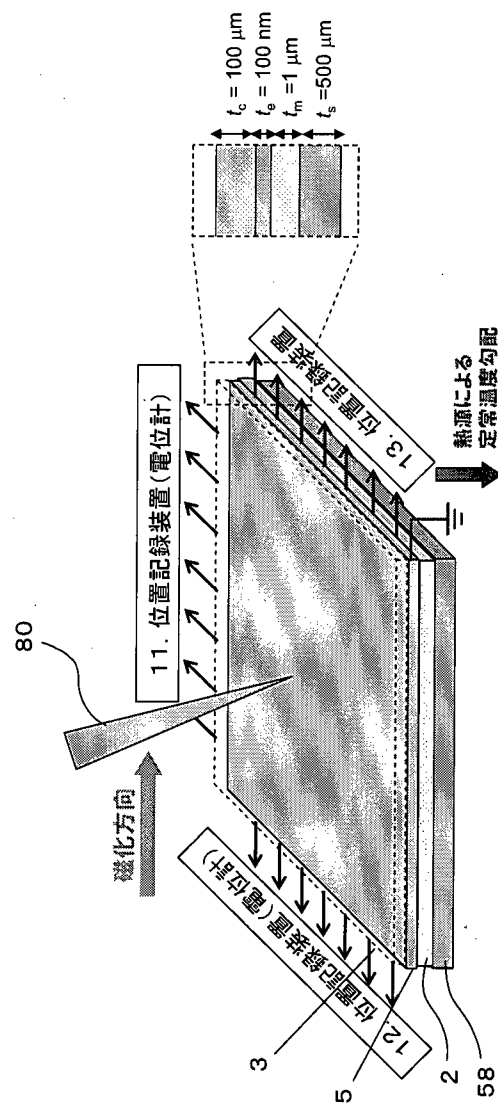


図 24



25

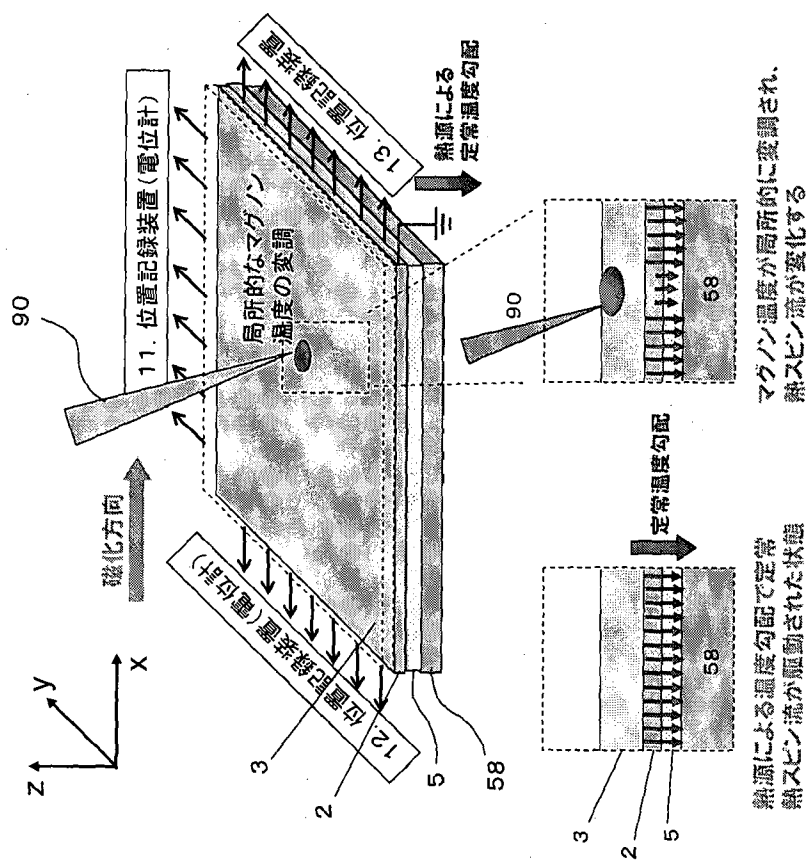


図 26

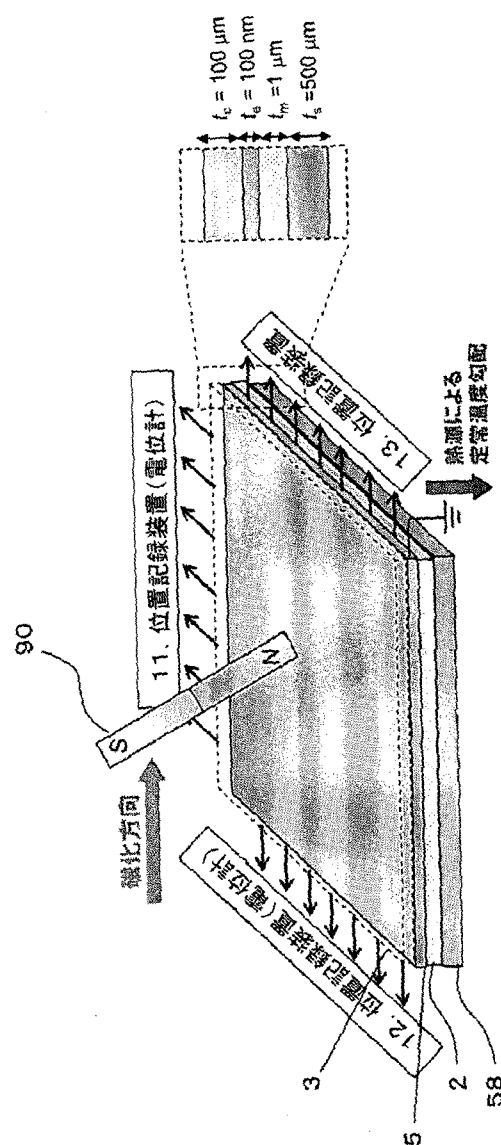


図 27

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/069521

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06F3/041(2006.01)i, G01B7/00(2006.01)i, G01B21/00(2006.01)i, H01L29/82(2006.01)i, H01L37/00(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G06F3/03-3/047

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 4-133123 A (NEC Niigata, Ltd.), 07 May 1992 (07.05.1992), page 2, left column, lines 4 to 16; fig. 1 (Family: none)	1-10
A	JP 2008-10358 A (Tokai Rika Co., Ltd.), 17 January 2008 (17.01.2008), paragraphs [0018] to [0019]; fig. 1 to 4 (Family: none)	1-10
A	JP 2009-130070 A (Keio University), 11 June 2009 (11.06.2009), paragraphs [0009] to [0020]; fig. 1 & US 2010/0276770 A1 & WO 2009/066631 A1	1-10



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"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)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"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

"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

"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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
16 August, 2012 (16.08.12)

Date of mailing of the international search report
28 August, 2012 (28.08.12)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. G06F3/041(2006.01)i, G01B7/00(2006.01)i, G01B21/00(2006.01)i, H01L29/82(2006.01)i, H01L37/00(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 (I P C))

Int.Cl. G06F3/03-3/047

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 2 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 2 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 2 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)

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
A	JP 4-133123 A (新潟日本電気株式会社) 1992.05.07, 第2頁左欄第4行-第16行, 第1図 (ファミリーなし)	1-10
A	JP 2008-10358 A (株式会社東海理化電機製作所) 2008.01.17, 段落【0018】-【0019】, 図1-4 (ファミリーなし)	1-10
A	JP 2009-130070 A (学校法人慶應義塾) 2009.06.11, 段落【0009】-【0020】, 図1 & US 2010/0276770 A1 & WO 2009/066631 A1	1-10

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ 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

の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

1 6 . 0 8 . 2 0 1 2

国際調査報告の発送日

2 8 . 0 8 . 2 0 1 2

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

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)

篠塚 隆

5 E

9 5 6 6

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 5 2 1