

(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
2010年12月16日(16.12.2010)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2010/143370 A1

- (51) 国際特許分類:
G11B 5/39 (2006.01) H01F 41/30 (2006.01)
H01F 10/16 (2006.01) H01L 43/08 (2006.01)
H01F 10/32 (2006.01) H01L 43/12 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2010/003585
- (22) 国際出願日: 2010年5月28日(28.05.2010)
- (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 2009-137965 2009年6月9日(09.06.2009) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): キヤノンアネルバ株式会社(CANON ANELVA CORPORATION) [JP/JP]; 〒2158550 神奈川県川崎市麻生区栗木2丁目5番1号 Kanagawa (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): アバラインシタインノエル(ABARRA, Einstein Noel) [PH/JP]; 〒2158550 神奈川県川崎市麻生区栗木2丁目5番1号 キヤノンアネルバ株式会社内 Kanagawa (JP). 遠藤徹哉(ENDO, Tetsuya) [JP/JP]; 〒2158550 神奈川県川崎市麻生区栗木2丁目5番

1号 キヤノンアネルバ株式会社内 Kanagawa (JP).

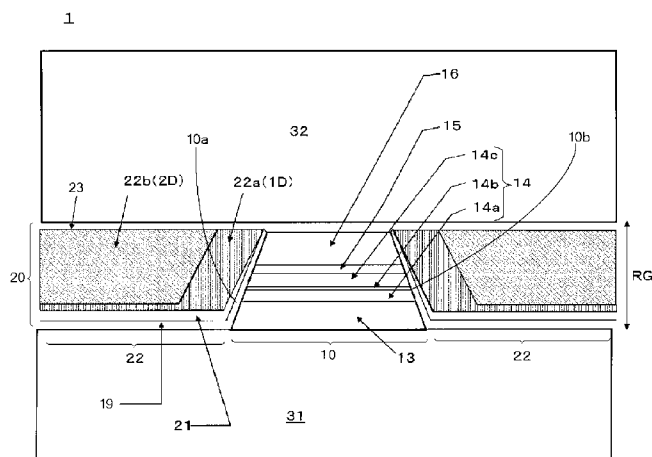
- (74) 代理人: 渡辺敬介, 外(WATANABE, Keisuke et al.); 〒1100016 東京都台東区台東四丁目1番4号三井住友銀行御徒町ビル6階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, 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, RO, RS, RU, 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, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーロパ (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF,

[続葉有]

(54) Title: MAGNETIC SENSOR LAMINATED BODY, FILM FORMING METHOD FOR SAME, FILM FORMATION CONTROL PROGRAM, AND RECORDING MEDIUM

(54) 発明の名称: 磁気センサ積層体、その成膜方法、成膜制御プログラムおよび記録媒体

[図1]



(57) Abstract: The crystal c-axis orientations of a magnetic layer in the vicinity of the two opposing junction wall surfaces of a magnetoresistive element are aligned in the directions substantially perpendicular to the junction wall surfaces. A magnetic sensor laminated body (1) has a field region (22) to the left and right of the opposing two junction wall surfaces (10a, 10b) of a magnetoresistive element (10), the field region applying a bias magnetic field to the element. Further, the field region includes first and second magnetic layers (22a, 22b) having magnetic grains with the crystal c-axis. The first magnetic layer is disposed in the field region and adjacent to the junction wall surfaces, and the crystal c-axis of the first magnetic layer is aligned and oriented along the ABS surface of the element within the film surface. The second magnetic layer is disposed in the field region and adjacent to the first magnetic layer, and the crystal c-axis directions of the second magnetic layer are randomly distributed within the surface.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2010/143370 A1



BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE,
SN, TD, TG).

— 発明者である旨の申立て (規則 4.17(iv))

規則 4.17 に規定する申立て:

添付公開書類:

— 出願し及び特許を与えられる出願人の資格に
関する申立て (規則 4.17(ii))

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

磁気抵抗素子の対向する 2 つの接合壁面近傍の磁性層の結晶 c 軸配向を接合壁面に対して略垂直方向に揃える。磁気センサ積層体 1 が、磁気抵抗素子 10 の対向する 2 つの接合壁面 10 a、10 b の側方に、素子にバイアス磁界を付与するフィールド領域 22 を有し、フィールド領域はさらに結晶 c 軸をもった磁性粒を有する第 1 と第 2 の磁性層 22 a、22 b を含み、第 1 の磁性層は、フィールド領域に接合壁面に隣接して配置され、第 1 の磁性層の結晶 c 軸は整列されて膜面内で素子の A B S 面に沿って配向されていて、第 2 の磁性層は、フィールド領域に第 1 の磁性層に隣接して配置され、第 2 の磁性層の結晶 c 軸方向は面内ランダムに分布されている。

明 細 書

発明の名称：

磁気センサ積層体、その成膜方法、成膜制御プログラムおよび記録媒体 技術分野

[0001] 本発明は、磁気抵抗素子（リーダースタック）の両側に、バイアス磁界を与える磁性層を備えた磁気センサ積層体、成膜方法、成膜制御プログラムおよび記録媒体に関する。

背景技術

[0002] 近年のハードディスク駆動装置（HDD）の大容量化に伴い、外部磁界の変動に応じて電気抵抗が変化する素子を用いたMRヘッドが注目されている。特に巨大磁気抵抗（GMR）ヘッドやトンネル磁気抵抗（TMR）ヘッドは感度が非常に高く、磁気ディスクの記録密度を高めることができる。さらに高密度記録化に伴って、MR素子の縮小化が進められている。

[0003] MRヘッドは、バイアス磁界を与える磁性層によって二側面が囲まれた磁気抵抗素子（MR素子）を備えている。MR素子サイズを縮小すると、当然にバイアス磁性層が利用できる空間も制限される。磁性層の体積、およびMR素子二側面の面積を縮小すると、バイアス磁界が減少する。

[0004] MR素子の二側面の面積は、リードギャップ〔磁気トンネル接合（MTJ）またはGMR積層体を囲む2つのシールド間の距離〕およびストライプ高さ〔記録媒体表面と直角を成すMR素子の横方向（奥行き）寸法〕により決定される。リードギャップ幅の縮小は、線形（オントラック）分解能の増加に必要である。一方、ストライプ高さの縮小は、結果としてトラックエッジに対する感度を低下させるために必要な読み取りヘッドの幅を縮小させることになる。

[0005] 典型的なセンサ構造は、反強磁性（AFM）ピニング層、シンセティックアンチフェロ層（SAF）、非磁性スペーサまたはトンネル絶縁体、および強磁性フリー層からなる。また、シード層およびキャッピング層も種々の目

的に使用される。S A Fは、薄いスペーサ層を介して反方向に結合した2つの強磁性体からなる。S A Fの強磁性体は、A F Mと接触しているピンド層と、非磁性スペーサ層またはトンネル絶縁体と接触しているリファレンス層とを含む。リーダースタックを通じた抵抗変化は、リファレンス層とフリー層との間の磁化の相対的方向によって決定される。フリー層は、磁界にバイアスがかけられ、リファレンス層と直角を成すように配向されている。この構成により読み込み感度は非常に高くなり、記憶媒体からの外部磁場に対して線形応答を得ることができる。バイアス磁界は、「ハードバイアス」とも称され、ディスクドライブの寿命を通して一定に維持されることが期待される。またハードバイアスは、フリー層に磁区が発生することを防ぐ役割を持つ。センサおよびハードバイアスは共に、2つの厚い軟磁性シールド間に挟まれている。

[0006] 単純なハードバイアス積層体は、C rまたはWなどの下地層と、C o P tまたはC o C r P tから構成される磁性層と、C r、R uもしくはT aから作成されるキャッピング層とからなる。磁性層の保磁力(H_c)は、特に高い動作温度での外部磁場によるスイッチングを防止するために、 159.5 kA/m (2000 エルステッド (Oe)) 以上の値が望ましい。

[0007] 磁性層結晶粒の一部に磁化反転が生じると、バイアス磁界の著しい減少を招く可能性があり、またセンサにおけるノイズを誘発する。リードギャップサイズの縮小は、シールド間に適用できるハードバイアス積層体の厚さの減少につながる。バイアス磁界は、磁性層の残留磁化と厚さとの積($M_r t$)に比例するため、厚さ t が減少すると、フリー層のバイアス印加が不十分となりうる。さらに、磁性層とシールド層とが近接することにより、シールド層への漏れ磁束が増加し、接合壁面(リーダースタックとハードバイアス積層体の境目)におけるバイアス磁界がさらに減少することになる。

[0008] 磁界を増加させる方法の一つは、接合壁面において磁性層をフリー層から隔てている絶縁層の厚さを減少させることである。しかしながら、低リーク電流および高降伏電圧が要求されることから、絶縁体の厚みを薄くするには

制限がある。磁性層をフェライトなどの絶縁材料で作成することが可能であり、それにより絶縁層を省略したり、あるいはその厚さを 3 nm 以下まで減少させることができる。しかしながら、ほとんどの絶縁性磁性フェライトの飽和磁化および保磁力は、C o o P t 合金のものに劣る傾向がある。組成および結晶成長も制御がはるかに困難である。

[0009] 現在の C o o P t ベースのハードバイアス積層体は、2次元等方性である。面内において、いかなる方向に沿った保持力 H_c も等しく、すなわち磁気異方性の大きさを表す OR（オリエンテーションレシオ；ストライプ高さ方向に対して面内垂直方向の保磁力／ストライプ高さ方向の保磁力の比）で表すと $OR = 1$ である。C o o P t の六方晶 c 軸は、面内でランダムである。しかしながら、多数の結晶粒間の交換結合により、比較的高い角形比（0.85 以上）が実現できる。接合壁面では、平均磁界がフリー層に向けられる。ストライプ高さが減少すると、接合壁面にある結晶粒は減少し、それにより磁束をフリー層に向けるのがより難しくなる。これは、前述の結晶粒の c 軸がフリー層に向けられていないときに顕著である。もしも c 軸を接合壁面に向けて配向できれば、ストライプ高さ（奥行き）の結晶粒径に対する比率はもはや問題ではなくなる。さらに、同じ厚み t に対する M_r が増加し、より高いバイアス磁界を得ることができる。より多くの磁束が接合壁面上に集束され、ハードバイアス積層体側端部で損失する磁束はより少なくなる。

[0010] C r シード層は、(110) 格子面で成長し、また長手媒体における OR の研究から、 $OR > 1$ が達成されるのは C r (002) 格子面の場合のみであり、その上に C o o P t (1120) が形成される。[110] 方向と $[1-10]$ 方向のエピタキシャル関係は、C o o P t ((1120) 格子面のうち、c 軸方向の格子定数が 0.41 nm で、c 軸に垂直な格子軸の格子定数が 0.43 nm である) に対して、エネルギー的に等価となる。異方性応力により C r 格子が面内で変形する場合のみ、特定の方向が好ましい。S i m i o n ら（特許文献 1 参照）は、M g O および N i A l などの異なるシード層を提案している。記録媒体の研究において、双方の下地層は 2次元 c 軸配

列を提供することが実証されている。

[0011] しかしながら、斜めスパッタを利用したC o P t合金の成膜によって、面内異方性を実現できることが、L a r s o nら（特許文献2参照）およびS a n H oら（特許文献3参照）により開示されている。

[0012] F e C oなどの軟性層の面内異方性は、斜めスパッタにより容易に実現できる。特に成膜面の法線に対して高い入射角度をもつスパッタリングプロセスでは、セルフシャドウ効果により比較的薄い膜（約10 nm）であっても、面内異方性が発生する。セルフシャドウ効果は、斜め入射成膜において、表面に発生した核によって影が発生し、この影の部分にはスパッタ粒子が飛来しないことから、斜め柱状に膜が成長することを言う。我々の経験では、現在の最適な厚さ（約20 nm）のC o P t層では、入射角度に対する面内異方性の依存性が低く、シード層または下地層を厚くしなければならない。しかし、シード層は薄いものでなければならず（6 nm以下）、このことはL a r s o nらおよびS a n H oら研究成果に従ったハードバイアス積層膜の作成を非常に困難にしている。S a n H oらは、ある程度のO Rを示すために、磁性層が（11-20）格子面を有することを示唆しているが、X R D（X線回折装置）による評価では（10-10）面が示されている。斜めに成膜された下地層も、長手記録媒体においてO Rが生じるのに必要だと考えられる（002）面を示さない（M i r z a m a a n i）。ハードバイアスO Rの発現は、L a r s o nらにおける概念が示唆しているように、おそらく交換結合による異方性である。M r tは、交換結合が最大である方向に沿って最も大きい。波状の表面パターン（C a r e yら（特許文献4参照）による異方性粗さ）がO Rを誘導していると考えられる。

[0013] 現在のハードバイアス成膜は、殆どがイオンビーム蒸着（I B D）などのロングスロー・スパッタリングによって行われている。I B Dシステムは、入射するスパッタ粒子の入射角度を調節するために回転可能なステージを有する。例えば、H e g d eら（特許文献5参照）は、ハードバイアス成膜方法を開示しているが、磁性層は略垂直角度で成膜されている（垂直線から2

5度以下)。

先行技術文献

特許文献

- [0014] 特許文献1：米国特許第6, 185, 081号明細書
特許文献2：米国特許第7, 061, 731号明細書
特許文献3：米国特許第7, 161, 763号明細書
特許文献4：米国特許第7, 360, 300号明細書
特許文献5：米国特許第6, 139, 906号明細書

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0015] ところで、磁性層の入射角度成膜に依存するORの低下、および十分なORを得るために厚い下地層とシード層が必要になる問題を軽減するために、磁束を接合壁面に集中させるためのより最適な方法が必要とされている。
- [0016] また図13および図14は、従来の磁気センサ積層体の積層方向に対して垂直なプロフィールを示す概略図である。矢印72は、ハードバイアス積層体が磁化された後の磁性粒の磁化方向を示すものであり、この磁化によりリーダースタック70のフリー層に（図13において）右方向にバイアス磁界を生み出している。磁性層の結晶c軸方向は、膜面内に2次元ランダムに分布されている。
- [0017] 交換結合を利用すれば、隣どおしの磁化がより平行に配向される。結晶粒の微細化またはストライプ高さ（奥行き）Sを延ばすことで（図13参照）、接合壁面における磁化方向の平均値は十分に大きくなり、フリー層全体に対して比較的均一な磁界を発生させることが可能である。他方、結晶粒が少なくフリー層面積が狭くなると（図14）、結晶粒の異方性の方向による影響により、リーダースタック70の磁化の均一性が悪化する。この磁界の不均一性は、読み取りヘッドのノイズを引き起こす。
- [0018] すなわち、MR素子の縮小化を促進するためには、磁束を接合壁面に集中

させるべく、ハードバイアス積層体の磁性層の結晶 c 軸をリーダースタックとハードバイアス積層体との接合壁面に対して略垂直に配向させればよい。言い換えれば、磁気記録媒体に対向する面である ABS (Air Bearing Surface) 面に沿った方向に配向させればよい (図 2)。

[0019] 本発明は、リーダースタックとハードバイアス積層体との接合壁面における磁性層の c 軸を接合壁面に対して略垂直に配向させて、磁束を接合壁面に集中できる磁気センサ積層体、その成膜方法、成膜制御プログラムおよび記録媒体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

[0020] 上記の目的を達成すべく成された本発明の構成は以下の通りである。

[0021] 即ち、本発明に係る磁気センサ積層体は、磁気抵抗素子の対向する 2 つの接合壁面の側方に、前記素子にバイアス磁界を付与するフィールド領域を有し、前記フィールド領域はさらに結晶 c 軸をもった磁性粒を有する第 1 と第 2 の磁性層を含み、

前記第 1 の磁性層は、前記フィールド領域に前記接合壁面に隣接して配置され、前記第 1 の磁性層の結晶 c 軸は整列されて膜面内で ABS 面に沿って配向されていて、

前記第 2 の磁性層は、前記フィールド領域に前記第 1 の磁性層に隣接して配置され、前記第 2 の磁性層の結晶 c 軸方向は面内ランダムに分布されていることを特徴とする磁気センサ積層体である。

[0022] また、本発明に係る磁気センサ積層体の成膜方法は、基板上に配置した磁気抵抗素子の対向する 2 つの接合壁面の側方のフィールド領域に、前記素子にバイアス磁界を与えるためのハードバイアス積層体を成膜する磁気センサ積層体の成膜方法であって、

前記ハードバイアス積層体を成膜する工程は、

前記基板の法線から成膜角度 θ_1 ($\theta_1 = 0 \sim 25$ 度) で、下地層を成膜する手順と、

前記基板の法線から成膜角度 θ_2 ($\theta_2 = 50 \sim 90$ 度) で、第 1 の磁性層を

成膜する手順と、

前記基板の法線から成膜角度 θ_3 ($\theta_3 = 0 \sim 25$ 度) で、第 2 の磁性層を成膜する手順と、

前記基板の法線から成膜角度 θ_4 ($\theta_4 = 0 \sim 45$ 度) で、キャッピング層を成膜する手順と、

を有することを特徴とする磁気センサ積層体の成膜方法である。

発明の効果

- [0023] 本発明によれば、磁気抵抗素子の接合壁面に隣接して配置された第 1 の磁性層の結晶 c 軸は膜面内で上記素子の A B S 面に沿っている。したがって、第 1 の磁性層の結晶 c 軸は接合壁面にて、接合壁面に略垂直方向に配向しているので、磁束を磁気抵抗素子に集中させることができるという優れた効果を奏する。

図面の簡単な説明

- [0024] [図1] 本発明に係る磁気センサ積層体を模式的に示す概略図である。
- [図2] 本発明に係る磁気センサ積層体の積層方向に対して垂直な方向の断面を示す概略図である。
- [図3] 磁気抵抗素子上にフォトリソマスクを配置した概略図である。
- [図4] イオンビーム成膜システムを示す概略図である。
- [図5] 本発明に係る磁気センサ積層体の成膜方法のうちハードバイアス積層体の成膜工程における手順を示す工程図である。
- [図6] 急勾配および傾斜した接合壁面上への第 1 の磁性層の異なる成膜角度について、計算された厚さプロファイルを示す説明図である。
- [図7] 本実施形態の成膜方法に用いる成膜装置を模式的に示す概略図である。
- [図8] 中央領域をマスクしたフォトリソパターンを示す概略図である。
- [図9] (1 1 0) 格子面を有する C r T i 下地層、および下地層上の C o P t の X R D スペクトルを示す説明図である。
- [図10] C r T i B 下地層、および下地層上の C o P t の X R D スペクトルを示す説明図である。

[図11] イオン化PVDシステム内で2種類の異なる圧力で成膜されたCrTi下地層上のCo-18Pt層の面内保磁力 H_c を示す説明図である。

[図12] 二重下地層上の20nmのCoPt層の保磁力を示している。

[図13] 従来の磁気センサ積層体の積層方向に対して垂直な方向の断面を示す概略図である。

[図14] 従来の磁気センサ積層体の積層方向に対して垂直な方向の断面を示す概略図である。

発明を実施するための形態

[0025] 以下、図面を参照して、本発明の実施の形態を説明するが、本発明は本実施形態に限定されるものではない。

[0026] [磁気センサ積層体の構造]

まず、図1および図2を参照して、磁気抵抗素子を備える磁気センサ積層体の構造について説明する。図1は、本発明に係る磁気センサ積層体を模式的に示す概略図である。図2は、本発明に係る磁気センサ積層体の積層方向に対して垂直なプロファイルを示す概略図である。

[0027] 図1に示すように、本発明に係る磁気センサ積層体1は、基板31の略中央部に、組成が異なる複数の積層膜からなり、磁界が印加されることで電気抵抗値が変化する磁気抵抗効果を有する磁気抵抗素子（リーダースタック）10を備える。また、磁気センサ積層体1は、上記リーダースタック10の対向する2つの接合壁面10a、10bの側方のフィールド領域22に、バイアス磁界を上記リーダースタック10に付与することができるハードバイアス積層体20を備えている。この磁気センサ積層体は、ハードディスクドライブ等の磁気読み取りヘッド用のセンサを切り分ける前の中間製品である。

[0028] 図1に例示するリーダースタック10は、フリー層16の真下に酸化物バリア層(MgO)を備える磁気トンネル接合体(MTJ)である。これに限定されず、リーダースタック10は、非常に低い抵抗を有する大部分が金属製の巨大磁気抵抗接合体(GMR)であってもよい。

- [0029] 具体的には、リーダースタック 10 は、例えば、NiFe 等の軟磁性体からなるボトムシールド層 31 上に積層され、主に反強磁性ピニング層（AFM 層）13、シンセティックアンチフェロ層（SAF 層）14、スペーサ層 15、および強磁性フリー層 16 を備えている。
- [0030] AFM 層 13 は、例えば、IrMn 等の反強磁性体によって形成されている。AFM 層 13 は、例えば、上記ボトムシールド層 31 上に、必要に応じて不図示の Ta 等からなるプレシード層（図 3 の 11）および Ru 等からなるシード層（図 3 の 12）を介して積層される。
- [0031] SAF 層 14 は、薄いカップリング層（非磁性層またはトンネル絶縁体層）14b を介して、逆向きに結合した 2 つの強磁性体層 14a、14c からなる。SAF 層 14 の強磁性体層は、AFM 層 13 と接触しているピンド層 14a と、カップリング層 14b と接触しているリファレンス層 14c とから構成される。
- [0032] スペーサ層 15 は、非磁性層またはトンネル絶縁体層からなり、例えば、MgO 等の酸化物層により形成されている。
- [0033] フリー層 16 は、例えば、CoFeB 等の強磁性体によって形成されており、CoFeB 等の強磁性体層上に Ta 層、NiFe 層を積層した層でもよい。フリー層 16 は、バイアス磁界がかけられ、リファレンス層 14c と直角を成すように配向される。この配置により、センサ感度を高くでき、記憶媒体からの外部磁場に対する線形応答を提供する。バイアス磁界は、「ハードバイアス」とも称され、ディスクドライブの寿命を通して一定に維持されることが期待される。またハードバイアスは、フリー層 16 に磁区が形成されることを防ぐ。リーダースタック 10 を通じた磁気抵抗変化は、リファレンス層 14c とフリー層 16 との間の磁化の相対的方向によって決まる。
- [0034] フリー層 16 は、必要に応じて、例えば、Cr、Ru、Ta、Ti およびこれらの合金群ならびに C から選択される不図示のキャッピング層（図 3 の 17a、17b）で覆われている。
- [0035] 上述したように、基板 31 上のフィールド領域 22 にはハードバイアス積

層体 20 が成膜され、このハードバイアス積層体 20 は、結晶 c 軸を有する磁性粒を備えた第 1 および第 2 の磁性層 22 a、22 b を含んでいる。

[0036] 図 2 に示すように、本実施形態の磁気センサ積層体 1 では、リーダースタック 10 から離れたフィールド領域 22 において、第 2 の磁性層 22 b における c 軸方向が膜面内で 2 次元 (2D) ランダムに分布される。他方、フィールド領域 22 のうち第 1 の磁性層 22 a は、リーダースタック 10 の接合壁面 10 a、10 b に隣接した領域にあり、c 軸 (すなわち、結晶粒磁化軸) は 1 次元配向 (1D) となる。この方向は、膜面内で ABS 面に沿っており、接合壁面 10 a、10 b に対して略垂直となる。フィールド領域 22 のうち第 1 の磁性層 22 a は、リーダースタック 10 から離れた第 2 の磁性層 22 b からの磁束を集束させる機能を有する。これは、フィールド領域 22 のうち第 1 の磁性層 22 a の c 軸がリーダースタック 10 近傍で配向されているため、バイアス効率が結晶粒径にあまり依存しないようになる。さらに、フリー層 16 の端部の接合壁面にある局所磁界は、ストライプ高さ (奥行き) を減少した場合でも、より均一になる傾向がある。

[0037] 再び図 1 を参照して、第 1 の磁性層 22 a ならびに第 2 の磁性層 22 b は、例えば、Co-Pt、Co-Cr-Pt およびこれらの合金群から選択される六方晶構造 (hcp) を有する合金 (永久磁石) によって形成されている。これに限定されず、第 1 の磁性層 22 a は、Fe-Pt、Co-Pt およびこれらの合金群から選択される面心正方晶構造 (fcc) の合金によって形成してもよい。

[0038] 第 1 の磁性層 22 a および第 2 の磁性層 22 b は、上記基板 31 としてのボトムシールド層上に、必要に応じて下地層 21 を介して積層されている。この下地層 21 は、例えば、Cr、Cr-Mo、Cr-Ti、Nb、Ta、W およびこれらの合金群から選択される体心立方晶構造 (bcc) の合金によって形成されている。この下地層 21 は、例えば、フィールド領域において 3~8 nm、接合壁面において 3 nm 未満の厚さを有する。

[0039] 上記下地層 21 に加え、この下地層 21 上にさらに不図示のシード層を備

えて、下地層を二重に構成してもよい（後述する図 12 の説明参照）。即ち、フィールド領域 22 およびリーダースタック 10 の接合壁面 10a、10b は、例えば、CrB、CrTiB、MgO、Ru、Ta、Ti、およびこれらの合金群から選択されるシード層をさらに備えていてもよい。このシード層は、例えば、フィールド領域において厚さ 1 nm 未満、接合壁面において厚さ 0.5 ~ 2 nm を有する。なお、図 12 において後述するように、CrTiB は結晶成長の関係でプレ下地層（プレシード層）として適さず、上記 Cr-Ti の下地層 21 上に形成することが好ましい。

[0040] また、フィールド領域 22 および接合壁面 10a、10b は、必要に応じて、例えば、Cr、Ru、Ta、Ti およびこれらの合金群ならびに C から選択されるキャッピング層 23 で覆われている。

[0041] さらに、フィールド領域 22 の下部およびリーダースタック 10 の接合壁面 10a、10b の上には、例えば、 Al_2O_3 等からなる絶縁層 19 が配置されている。この絶縁層 19 は、例えば、フィールド領域において厚さ 2 ~ 10 nm の厚さ、接合壁面において厚さ 2 ~ 5 nm を有する。

[0042] そして、磁気センサ積層体 1 は、上記絶縁層 19 の下にボトムシールド層 31 を備え、上記キャッピング層 23 の上にトップシールド層 32 を備えている。これらシールド層 31、32 は、例えば、NiFe 等の軟磁性体によって形成されている。すなわち、リーダースタック 10 およびフィールド領域 22 は、2 つの厚い軟磁性シールド層 31、32 の間に挟まれている。

[0043] [磁気センサ積層体の成膜方法]

次に、図 3 から図 12 を参照して、上記磁気センサ積層体 1 の作用を説明すると共に、本発明に係る磁気センサ積層体 1 の成膜方法について説明する。

[0044] 図 3 は、磁気抵抗素子上にフォトリジストマスクを配置した磁気センサ積層体を示す概略図である。図 3 に示すように、磁気センサ積層体 1 の作成は、まず基板 31 上に、リーダースタック 10 が成膜され、次にフォトリジスト（PR）マスク 41 の塗布、パターニング、及び現像を行なう。基板 31

としては、例えば、NiFe等の軟磁性体からなるボトムシールド層を採用する。

[0045] フォトレジストマスク41は、エッチング処理に際して、リーダースタック10の一部をマスクするためにある。エッチング処理には、例えば、イオンビームエッチング（IBE）または反応性イオンエッチング（RIE）が採用される。RIEを用いる場合には、リーダースタック10上にハードマスクを形成してもよい。この場合、フォトレジストマスク41は最初にハードマスクを形成するために使用され、上記リーダースタック10をエッチングする前に、酸素アッシングプロセスによって除去される。

[0046] エッチング処理の後、磁気センサ積層体（フォトレジストマスク41を含むリーダースタック10およびその接合壁面10a、10bの側方）の上に、絶縁層19を被覆する。絶縁層19の被覆には、 Al_2O_3 または SiO_2 などの酸化物絶縁体（3～5nm）が好ましく、例えば、物理気相成長法（PVD）、イオンビーム蒸着法（IBD）、原子層蒸着法（ALD）および化学気相成長法（CVD）のいずれかの成膜法が用いられる。ALD法やCVD法ではコンフォーマルな成膜が可能である利点を有する。

[0047] 次に、上記絶縁層19の上に、ハードバイアス積層体20を成膜する。基本的なハードバイアス積層体20の場合、まず上記絶縁層19上に下地層21を成膜し、次いで磁性層22a、22bおよびキャッピング層23を成膜する。リーダースタック10の形状により、下地層21を第2の磁性層22bよりも傾斜させた角度で成膜して、上記接合壁面10a、10bの上をある程度被覆できるようにしてもよい。図4に例示するイオンビーム蒸着（IBD）システムであれば高い制御性によりこのようなことが可能になる。

[0048] 図4は、IBDシステムを示す概略図である。図4に示すIBDシステム51は、現行の蒸着方法を行なう装置であるが、本実施形態でも適用可能である。このIBDシステム51は、ターゲットTへ向けてイオンビームを照射するビーム照射装置52と、複数のターゲットTを搭載する回転カールセル53と、基板（ウェハ）31を保持する基板ホルダ54と、を備える。

- [0049] ビーム照射装置 52 のイオンビーム I B は、電氣的にバイアスされたグリッド G によってプラズマ源から引き出され、照射ターゲット T に向けられる。ビーム I B を特定の角度に向けることにより、殆どのスパッタ粒子を基板ホルダ 54 上の基板 31 に蒸着させることができる。
- [0050] 回転カルーセル 53 は、多角形状（例えば、六角形状）を呈し、ターゲット搭載面 53 a を有しており、これら搭載面 53 a に複数のターゲット T が搭載される。ターゲット材料としては、例えば、 Al_2O_3 、Cr、CoPt、Ta 等が採用される。回転カルーセル 53 は、イオンビーム I B によってスパッタされるターゲット材料が基板 31 へ向けて対向するように回転する。ターゲット搭載面 53 a の大きさは、通常、40 cm × 30 cm である。
- [0051] 基板ホルダ 54 は、回転カルーセル 53 上の照射ターゲット T に対向するステージ 54 a に基板 31 を保持する。この基板ホルダ 54 は、不図示の回転駆動手段により回転可能に構成され、成膜の均一性を向上させるために、蒸着中に基板 31 を回転させる。また、基板ホルダ 54 はステージ 54 a を傾斜させて、照射ターゲット T からの入射粒子に対する基板 31 の角度を変更することが可能である。
- [0052] なお、基板 31 から照射ターゲットまでの距離は、例えば、40 cm よりも大きくすることができる。この距離が大きくなるほど、入射粒子が平行照射に改善されるが、ターゲットを良好に使用できなくなり、真空チャンバが大きくなる。
- [0053] 従来の成膜方法では、接合壁面 10 a、10 b 上の成膜を減少させ、下地層から上層へのエピタキシャル成長を促進するために、CoPt は成膜面に対して略垂直（成膜面法線方向から $10^\circ \sim 25^\circ$ ）成膜を必要とする（Hegde ら）。接合壁面上へ下地層 21 が多く付着することは、結晶 c 軸がトップシールド層へ向けて上向きに（接合壁面と平行に）向いた CoPt 結晶粒を生じうる。これは、フリー層 16 への磁性層の磁束方向を変えてしまうことになる。したがって、フィールド領域 22 における成膜よりも、接合壁面には入射角（成膜面法線方向からの角度）を高くした成膜が必要である。

。

[0054] そこで我々は、接合壁面 10 a、10 bにおける膜厚が最小限となるように基板 31 面に対して略垂直角度で最初に成膜される下地層 21 の成膜方法を提案する。これに続き、第 1 の磁性層 22 a を、主として接合壁面 10 a、10 b 上に露出された絶縁層 19 上に入射角度（基板 31 の法線からの角度）を高くして成膜する。これにより、接合壁面 10 a、10 b の表面における第 1 の磁性層 22 a の（0001）格子面成長を促進することができる。次に、第 2 の磁性層 22 b を基板 31 面に対して略垂直角度で、すなわち入射角度（基板 31 の法線からの角度）を低くしてフィールド領域 22 に成膜する。ここでいうフィールド領域 22 とは、リーダースタック 10 の両側の領域である。この第 2 の磁性層 22 b は、下地層 21（110）格子面の影響を受けるため、殆ど 2 次元ランダムである。

[0055] 図 5 は、本発明に係る磁気センサ積層体 1 を構成するハードバイアス積層体 20 をフィールド領域 22 に成膜する手順を示す工程図である。

[0056] 図 5 に示すように、フィールド領域 22 にハードバイアス積層体 20 を成膜する工程の具体的手順は、まず、基板 31 の法線から成膜角度 θ_1 （ $\theta_1 = 0 \sim 25$ 度）で、下地層 21 を成膜する第 1 の手順を有する（ステップ 1；以下、「S1」のように表記する）。また、基板 31 の法線から成膜角度 θ_2 （ $\theta_2 = 50 \sim 90$ 度、好ましくは $50 \sim 80$ 度）で、第 1 の磁性層 22 a を成膜する第 2 の手順を有する（S2）。さらに、基板 31 の法線から成膜角度 θ_3 （ $\theta_3 = 0 \sim 25$ 度）で、第 2 の磁性層 22 b を成膜する第 3 の手順を有する（S3）。そして、基板 31 の法線から成膜角度 θ_4 （ $\theta_4 = 0 \sim 45$ 度）で、キャッピング層 23 を成膜する第 4 の手順を有する（S4）。

[0057] 図 6 は、接合壁面 10 a、10 b が急勾配および緩やかに傾斜した 2 つのケース（（a）が急勾配で傾斜したケース、（b）が緩やかに傾斜したケース）において、各角度の接合壁面に対して第 1 の C o P t 層（第 1 の磁性層）22 a を異なる入射角度（基板 31 の法線からの角度）、即ち成膜角度 θ_2 で成膜させた場合についての計算結果をプロフィールで示した説明図である。

。下地層 2 1 および第 2 の C o P t 層（第 2 の磁性層） 2 2 b は、双方とも基板 3 1 面に対して略垂直入射で成膜される。下地層 2 1 は、接合壁面 1 0 a、1 0 b 上では非常に薄い。フィールド領域 2 2 における第 1 の磁性層 2 2 a の厚さは、入射角度が大きくなる（より基板 3 1 面に対して鋭角になる）につれて薄くなる。第 2 の磁性層 2 2 b を基板 3 1 面に対して略垂直方向で成膜することは、フォトレジストマスク 4 1 上および接合壁面 1 0 a、1 0 b 上より、フィールド領域 2 2 上で成膜速度が高くなる点で有利である。キャッピング層 2 3 の成膜（図示せず）後、化学機械研磨（CMP）によって、またはイオンビーム平坦化プロセスによって、図 6 中の破線のようにフォトレジストマスク 4 1 を除去する。接合壁面 1 0 a、1 0 b およびフォトレジストマスク 4 1 の上を覆う膜厚は、従来の成膜方法よりもはるかに厚いが、従来用いられている平坦化技法で十分に対応できるはずである。

[0058] 上述した磁性の配向は、例えば、図 4 に例示したような I B D や P V D 等によって達成される。しかし、大きい基板（ウエハ；5～8 インチ）の場合、成膜の入射角が基板 3 1 面に対して鋭角であるため、C o P t 成膜の初期の段階で I n B o a r d - O u t B o a r d 差（リーダースタックに対して基板中心方向側と基板外周側における膜厚の差）が発生する。

[0059] そこで、本実施形態の成膜方法では、図 7 に示すような成膜装置を用いる。図 7 は、本実施形態の成膜方法に用いる成膜装置を模式的に示す概略図である。

[0060] 図 7 に示すように、この成膜装置 6 1 は、例えば、I B D 法によって基板ホルダ 6 2 上に保持された基板 3 1 上に膜を形成する装置であり、斜めに保持されたターゲット T の前方にスリットシャッタ 6 3 が配置されている。基板ホルダ 6 2 は、不図示の直線移動手段を備え、シャッタ 6 3 のスリット 6 4 に対して直交するように直線的に移動可能となっている。そして、この成膜装置 6 1 は、リーダースタック 1 0 の接合壁面と平行な細長い不図示の矩形カソードマグネットを備えている。

[0061] このような成膜装置 6 1 を用いて、基板 3 1 を図 7 の紙面と直角を成す長

手ターゲットTの下で一定の速度で移動または走査する。

[0062] 図8は、リーダースタック10をマスクしたフォトリジストパターン41を示す概略図である。ハードバイアス積層体を成膜するための2つのフィールド領域22が設けられている。このようなパターンが多数同様のレイアウトで基板31上に平行に形成される。即ち、基板上に複数のリーダースタック10が配置され、各リーダースタック10の両側にあるフィールド領域22に同一の工程でハードバイアス積層体を積層する。第1の磁性層22aの成膜は、図8中の破線矢印で示すように成膜角度 θ_2 で行なわれる。

[0063] 下地層21は、まず基板31面に対して略垂直入射で蒸着される。殆どの成膜はフィールド領域22上になされ、リーダースタック10およびPRマスク41壁上では非常に薄い層となる。第1の磁性層22aは2つの手順で形成される。

[0064] 第1の手順は、端から端まで成膜されるまで、基板31をターゲットTの下で一定の速度で移動させながら、リーダースタック10の一方の接合壁面上に、基板31面に対して鋭角で成膜する。続いて第2の手順は、基板31を180度回転させ、スパッタ磁束の下で移動させて、同じ角度でもう一方の接合壁面上に成膜ができるようにする。最少通過回数は2回であるが、両側の最終的な厚さ(15~40nm)が同じである限り、通過(往復)回数は増加させてもよい。

[0065] 第2の磁性層22bは基板31面に対して略垂直角度で成膜し、入射角度以外は第1の磁性層22aと同じ方法で形成することができる。キャッピング層23(例えば、Ta)は、第2の磁性層22bと同様にして形成される。このTaは、接合壁面またはPRマスク壁上よりもフィールド領域上に、より多く成膜される。

[0066] 下地層21、第2の磁性層22b、およびキャッピング層23は、現行のIBDまたはイオン化PVDによって成膜することができる。しかし、第1の磁性層22aは、図7の成膜装置61を用いて、上記の矩形ターゲットTを用いた方法で成膜する。

- [0067] 本実施形態では第1の磁性層22aとして、最も一般的に用いられる合金のC o - P tを用いている。F e - P tなどの他の材料も、接合壁面上の面心正方晶構造を用いて成長させてよいが、200℃以上の温度が必要であると考えられる。この場合、センサ積層体の形成にハードマスクとR I E（リアクティブイオンエッチング）を用いれば、ハードバイアス積層体の成膜時にはフォトレジスト（P R）マスク41は無くっており、好適である。
- [0068] C o - P t（0001）格子面は、M g O（001）格子面またはC r（002）格子面上に成長させることができる。つまり、接合壁面に対してc軸（磁気異方性の方向）を略垂直方向に形成できる。
- [0069] なお、これは基板31上の全てのリーダースタック10が、全て平行であるようにパターニングされていると仮定している。また、リーダースタック10の接合壁面は、成膜の間、矩形ターゲットTと平行に保持される。
- [0070] 即ち、第1の磁性層22aの成膜は、上記ターゲットTの下で、基板31を一定の速度で直線的に移動させて、リーダースタック10の接合壁面10a、10bの一方の面を成膜するステップを有する。次いで、基板31をその中央垂直軸を中心に180度回転させ、上記ターゲットTの下で基板31を一定の速度で直線的に移動させて、上記接合壁面10a、10bの他方の面を成膜するステップを有する。
- [0071] 一方、上述したように、下地層21、第2の磁性層22bおよびキャッピング層23の成膜は、第1の磁性層22aと成膜角度（スパッタ粒子などの入射角）が異なっている。しかし、下地層21、第2の磁性層22bおよびキャッピング層23の場合にも、上記ターゲットTの下で、基板31を一定の速度で直線的に移動させて、一方のフィールド領域22に成膜するステップを有する。次いで、基板31をその中央垂直軸を中心に180度回転させ、上記ターゲットTの下で、基板31を一定の速度で直線的に移動させて、他方のフィールド領域22に成膜するステップを有する。
- [0072] 上記フィールド領域の積層工程における成膜方法のアルゴリズムは、例えば、上記I B Dシステムの不図示の制御系に備えられたハードディスクやR

OM等の記録装置に成膜制御プログラムとしてインストールされ、CPUによって適宜読み出されて実行される。

[0073] 記録媒体は、コンピュータによる読み取り可能な可搬性の記録媒体であり、記録媒体に記録された蒸着制御プログラムは上記記憶装置にインストールされる。記録媒体としては、コンパクトフラッシュ（登録商標）、スマートメディア（登録商標）、メモリースティック（登録商標）、マルチメディアカード、SDメモリカード等のフラッシュメモリ系が挙げられる。また、マイクロドライブ（登録商標）等のリムーバブルハードディスク系、フロッピー（登録商標）ディスク等の磁気記録系が挙げられる。さらに、MO等の光磁気記録系、CD-R、DVD-R、DVD+R、DVD-RAM、DVD+RW（登録商標）、PD等の光ディスク等が挙げられる。

[0074] 次に、本実施形態の成膜方法における結晶成長について、XRD（X線回折装置）データ等を用いて検討する。

[0075] 図9は、（110）格子面を有するCrTi下地層、および前記下地層上に成膜されたCoPtのXRDスペクトルを示す説明図である。図9に示すように、（110）格子面を有するCrTi下地層上において、CoPtは（10・0）格子面を有して成長する。すなわち、CoPtの結晶c軸は膜面内にある。

[0076] 図10は、CrTiB下地層のXRDスペクトルを示す説明図である。図10に示すように、CrTiBには（110）面を示すピークは観察できない。Bの添加により、この膜はアモルファス状になり、このアモルファス層上で成長したCoPtは強い（0001）格子面を示している。すなわち、CoPtの結晶c軸が膜面内に対して垂直方向に配向していることに他ならない。つまり、接合壁面にアモルファス層と非常に薄いCrTi層があれば、上記のような配向を期待できる。

[0077] 図11は、イオン化PVDシステムを用いてCrTi下地層に2条件の成膜圧力によりCo-18Ptを成膜した場合の面内保磁力Hcを示す説明図である。図11に示すように、下地層の厚さが3nm以上の場合、面内方向

に良好な H_c が得られている。これらの結果は、3 nm未満では (110) 格子面がまだ形成されないことを示唆している。CrTiの場合、良好な (110) 格子面を得るための最小膜厚は約 2.5 nmである。膜厚を厚くすると (110) 格子面も発達し、次に続く CoPt 層により十分に高い H_c が得られる。

[0078] 図12は、二重下地層上に20 nmのCoPt膜を成膜した場合の保磁力を示している。図12に示すように、CrTiBを初期層とする場合、高い H_c を得るために3 nmのCrTi下地層（シード層）が必要となる。これは、高い保磁力を得るために3 nmのCrTiが必要であると示した図11と一致する。これは、CrTiBが、CrTiのプレ下地層（プレシード層）として機能するのに適切な (110) 格子面を有さないことを証明している。XRDデータでもアモルファス膜という結果が得られている。しかしながら、CrTiBが3 nmのCrTi上に形成される場合、これは後者の格子面を維持し、高い保磁力が得られる。

[0079] 再び図6を参照すると、上記の結果は、成膜面に対して略垂直方向にCrTi下地層21を成膜（例えば、3 nm）後、CrTiBの薄いシード層（約1 nm）の斜め入射成膜を行なうことで、接合壁面上のCoPt格子面を一層向上させうることを示唆している。フィールド領域22上のCrTi下地層21は (110) 格子面を既に有し、その上のCrTiB層は第2のCoPt層の (100) 格子面成長に影響を与えるほどのものではない。

[0080] 接合壁面10a、10b上のCoPt (0001) 格子面を向上させるシード層は、磁性膜とフリー層間の距離を最小限に維持するために、非常に薄くする必要がある。斜め成膜により、上述のシード層はフィールド領域22において非常に薄いものとなる。それでもやはり、下地層21上の2次元ランダム磁性層のヘテロエピタキシャル成長を妨げるべきではない。したがって、シード層は、CrTiBやTaなどのBCC、あるいはRuやTiなどの六方晶構造 (hcp) を有する組成のいずれかを採用することが好ましい。

[0081] A. G. Roy および D. E. Laughlin (JAP vol. 91, pp. 8076-8078, 2002) によると、Ta および Ti アモルファス層は、厚さ 3 nm 以上において、c 軸を良好に垂直配向させることができる。シード層が薄い場合に、(0001) 格子面構造が乏しいのは、下地（シード）膜中の不純物や成膜前の基板表面の水分子が原因と考えられる。接合壁面の表面に不純物などが無い状態で下地が成膜されている場合、より薄いシード層を可能にするはずである。c 軸の配向分布が非常に厳しく求められる垂直媒体に Ru は広く用いられ、最適な膜厚は 20 nm 以上である。

[0082] 以上説明したように、本実施形態の磁気センサ積層体 1 およびその成膜方法等によれば、リーダースタック両側の接合壁面 10a、10b 上に成膜された第 1 の磁性層 22a の結晶 c 軸は、結合壁面に対して略垂直方向に配向するという優れた効果を奏する。すなわち、接合壁面付近の c 軸は整列されており（1 次元）、接合壁面から離れた領域の第 2 の磁性層 22b は 2 次元ランダムである。この接合壁面から離れた領域の第 2 の磁性層 22b は、シード層および下地層の斜め入射（> 50 度）成膜によりわずかに OR が上がると思われるが、必ずしも磁性層の斜め成膜によって生じたのではない。

[0083] 以上、本発明の好適な実施形態を説明したが、これは本発明の説明のための例示であり、本発明の範囲をこの実施形態にのみ限定する趣旨ではない。本発明は、その要旨を逸脱しない範囲で、上記実施形態とは異なる種々の態様で実施することができる。

[0084] 例えば、上記実施例では、IBD による成膜方法について説明したが、PVD 等の他の成膜方法にも適用可能である。

符号の説明

- [0085] 1 磁気センサ積層体
10 磁気抵抗素子（リーダースタック）
10a、10b 接合壁面
11 プレシード層

- 1 2 シード層
- 1 3 反強磁性ピニング層 (A F M層)
- 1 4 シンセティックアンチフェロ層 (S A F層)
- 1 4 a ピンド層
- 1 4 b カップリング層
- 1 4 c リファレンス層
- 1 5 スペーサ層
- 1 6 フリー層
- 1 7 a、1 7 b キャッピング層
- 1 9 絶縁層
- 2 0 ハードバイアス積層体
- 2 1 下地層
- 2 2 フィールド領域
- 2 2 a 第1の磁性層
- 2 2 b 第2の磁性層
- 2 3 キャッピング層
- 3 1 基板 (ボトムシールド層)
- 3 2 トップシールド層
- 4 1 フォトレジストマスク
- 5 1 イオンビーム蒸着システム
- 5 2 ビーム照射装置
- 5 3 回転カルーセル
- 5 4 基板ホルダ
- 6 1 蒸着装置
- 6 2 基板ホルダ
- 6 3 シャッタ
- 6 4 スリット
- I B イオンビーム

T ターゲット

請求の範囲

- [請求項1] 磁気抵抗素子の対向する2つの接合壁面の側方に、前記素子にバイアス磁界を付与するフィールド領域を有し、前記フィールド領域はさらに結晶c軸をもった磁性粒を有する第1と第2の磁性層を含み、
- 前記第1の磁性層は、前記フィールド領域に前記接合壁面に隣接して配置され、前記第1の磁性層の結晶c軸は整列されて膜面内でA B S面に沿って配向されていて、
- 前記第2の磁性層は、前記フィールド領域に前記第1の磁性層に隣接して配置され、前記第2の磁性層の結晶c軸方向は面内ランダムに分布されていることを特徴とする磁気センサ積層体。
- [請求項2] 前記第1および第2の磁性層は、C o - P t、C o - C r - P tおよびこれらの合金群から選択される六方晶構造（h c p）を有する合金によって形成されていることを特徴とする請求項1に記載の磁気センサ積層体。
- [請求項3] 前記第1の磁性層は、F e - P t、C o - P tおよびこれらの合金群から選択される面心正方晶構造（f c t）の合金によって形成され、
- 前記第2の磁性層は、C o - P t、C o - C r - P tおよびこれらの合金群から選択される六方晶構造を有する合金によって形成されていることを特徴とする請求項1に記載の磁気センサ積層体。
- [請求項4] 前記フィールド領域および前記接合壁面には、C r、C r - M o、C r - T i、N b、T a、Wおよびこれらの合金群から選択される体心立方晶構造（b c c）の合金の下地層を備え、
- 前記下地層は、前記フィールド領域において3～8 nm、前記接合壁面において3 nm未満の厚さを有することを特徴とする請求項1から3のいずれか1項に記載の磁気センサ積層体。
- [請求項5] 前記フィールド領域および前記接合壁面は、C r B、C r T i B、M g O、R u、T a、T i、およびこれらの合金群から選択されるシ

ード層を備え、

前記シード層は、前記フィールド領域において厚さ1 nm未満、前記接合壁面において厚さ0.5～2 nmを有することを特徴とする請求項4に記載の磁気センサ積層体。

[請求項6] 前記フィールド領域および前記磁気抵抗素子は、Cr、Ru、Ta、Tiおよびこれらの合金群ならびにCから選択されるキャッピング層で覆われていることを特徴とする請求項1から5のいずれか1項に記載の磁気センサ積層体。

[請求項7] 前記フィールド領域および前記接合壁面は絶縁層を備え、
前記絶縁層は、前記フィールド領域において2～10 nmの厚さ、前記接合壁面において2～5 nmの厚さを有することを特徴とする請求項4から6のいずれか1項に記載の磁気センサ積層体。

[請求項8] 前記絶縁層の下および前記キャッピング層の上に、軟磁性体からなるシールド層を備えることを特徴とする請求項7に記載の磁気センサ積層体。

[請求項9] 基板上に配置した磁気抵抗素子の対向する2つの接合壁面の側方のフィールド領域に、前記素子にバイアス磁界を与えるためのハードバイアス積層体を成膜する磁気センサ積層体の成膜方法であって、

前記ハードバイアス積層体を成膜する工程は、

前記基板の法線から成膜角度 θ_1 ($\theta_1 = 0 \sim 25$ 度)で、下地層を成膜する手順と、

前記基板の法線から成膜角度 θ_2 ($\theta_2 = 50 \sim 90$ 度)で、第1の磁性層を成膜する手順と、

前記基板の法線から成膜角度 θ_3 ($\theta_3 = 0 \sim 25$ 度)で、第2の磁性層を成膜する手順と、

前記基板の法線から成膜角度 θ_4 ($\theta_4 = 0 \sim 45$ 度)で、キャッピング層を成膜する手順と、

を有することを特徴とする磁気センサ積層体の成膜方法。

[請求項10] 前記第1の磁性層は、前記磁気抵抗素子の接合壁面と平行な細長いターゲットの下で、前記基板を一定の速度で直線的に移動させて、前記素子の接合壁面の一方の面に成膜し、

次いで、前記基板をその中央垂直軸を中心に180度回転させ、前記ターゲットの下で前記基板を一定の速度で直線的に移動させて、前記接合壁面の他方の面に成膜することを特徴とする請求項9に記載の磁気センサ積層体の成膜方法。

[請求項11] 前記下地層、前記第2の磁性層および前記キャッピング層は、前記ターゲットの下で、前記基板を一定の速度で直線的に移動させて、一方のフィールド領域に成膜し、

前記基板をその中央垂直軸を中心に180度回転させ、前記ターゲットの下で、前記基板を一定の速度で直線的に移動させて、他方のフィールド領域に成膜することを特徴とする請求項10に記載の磁気センサ積層体の成膜方法。

[請求項12] イオンビーム蒸着法により前記ハードバイアス積層体を成膜することを特徴とする請求項9から11のいずれか1項に記載の磁気センサ積層体の成膜方法。

[請求項13] 前記基板上に複数の磁気抵抗素子が配置され、該複数の磁気抵抗素子の前記ハードバイアス積層体を同一の工程で成膜することを特徴とする請求項9から12のいずれか1項に記載の磁気センサ積層体の成膜方法。

[請求項14] 基板上に配置した磁気抵抗素子の対向する2つの接合壁面の側方のフィールド領域に、前記素子にバイアス磁界を与えるためのハードバイアス積層体を成膜する磁気センサ積層体の成膜制御プログラムであって、

前記ハードバイアス積層体を積層する成膜装置に、

前記基板の法線から成膜角度 θ_1 ($\theta_1 = 0 \sim 25$ 度)で、下地層を成膜するステップと、

前記基板の法線から成膜角度 θ_2 ($\theta_2 = 50 \sim 90$ 度)で、第1の磁性層を成膜するステップと、

前記基板の法線から成膜角度 θ_3 ($\theta_3 = 0 \sim 25$ 度)で、第2の磁性層を成膜するステップと、

前記基板の法線から成膜角度 θ_4 ($\theta_4 = 0 \sim 45$ 度)で、キャッピング層を成膜するステップと、

を実行させることを特徴とする磁気センサ積層体の成膜制御プログラム。

[請求項15] 前記成膜装置が前記磁気抵抗素子の接合壁面と平行な細長いターゲットを備え、

前記第1の磁性層を成膜するステップは、前記ターゲットの下で、前記基板を一定の速度で直線的に移動させて、前記素子の接合壁面の一方の面に成膜するステップと、

次いで、前記基板をその中央垂直軸を中心に180度回転させ、前記ターゲットの下で前記基板を一定の速度で直線的に移動させて、前記接合壁面の他方の面に成膜するステップと、

を実行させることを特徴とする請求項14に記載の磁気センサ積層体の成膜制御プログラム。

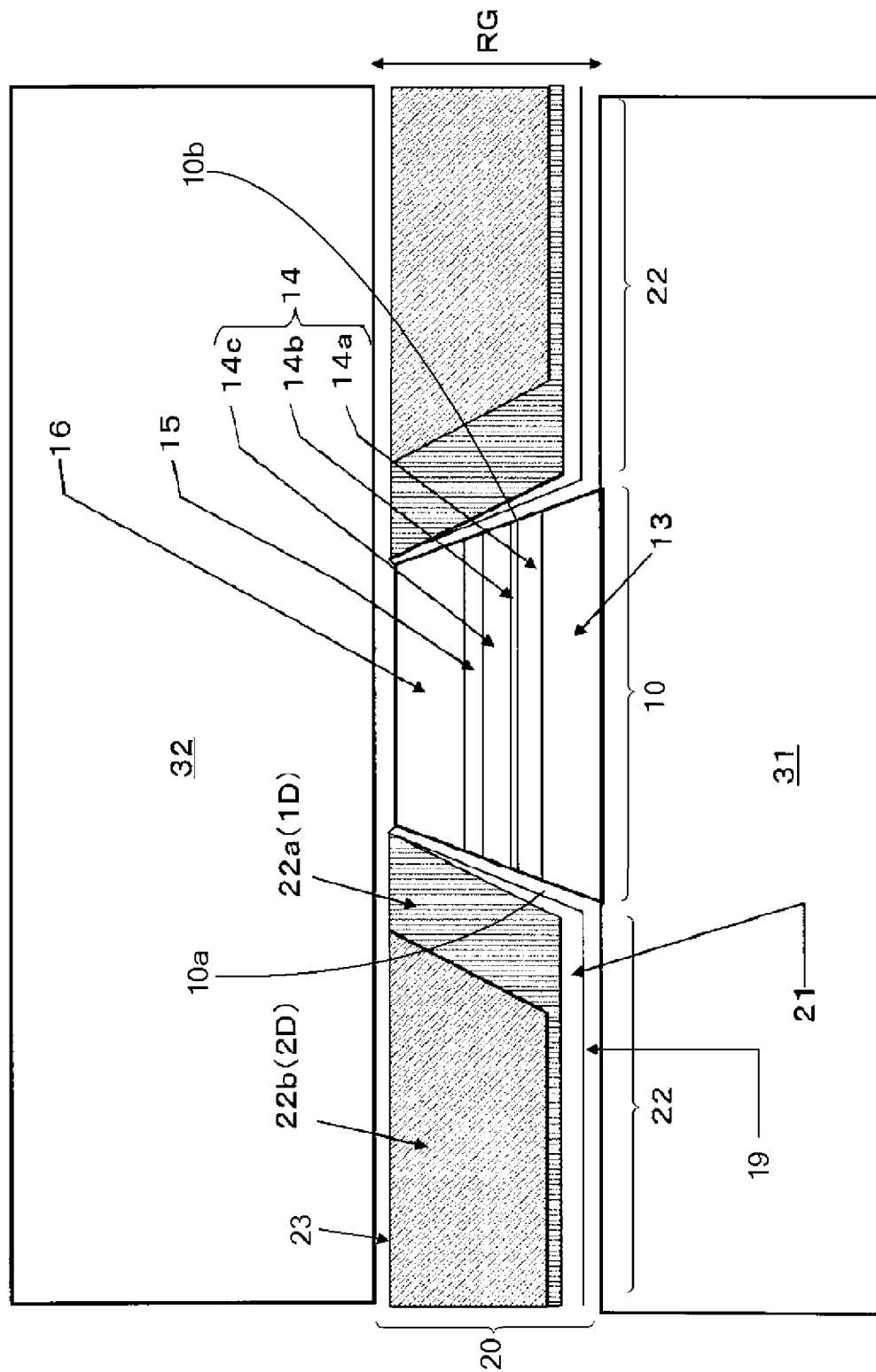
[請求項16] 前記下地層、第2の磁性層およびキャッピング層を成膜するステップは、前記ターゲットの下で、前記基板を一定の速度で直線的に移動させて、一方のフィールド領域に成膜するステップと、

前記基板をその中央垂直軸を中心に180度回転させ、前記ターゲットの下で、前記基板を一定の速度で直線的に移動させて、他方のフィールド領域に成膜するステップと、

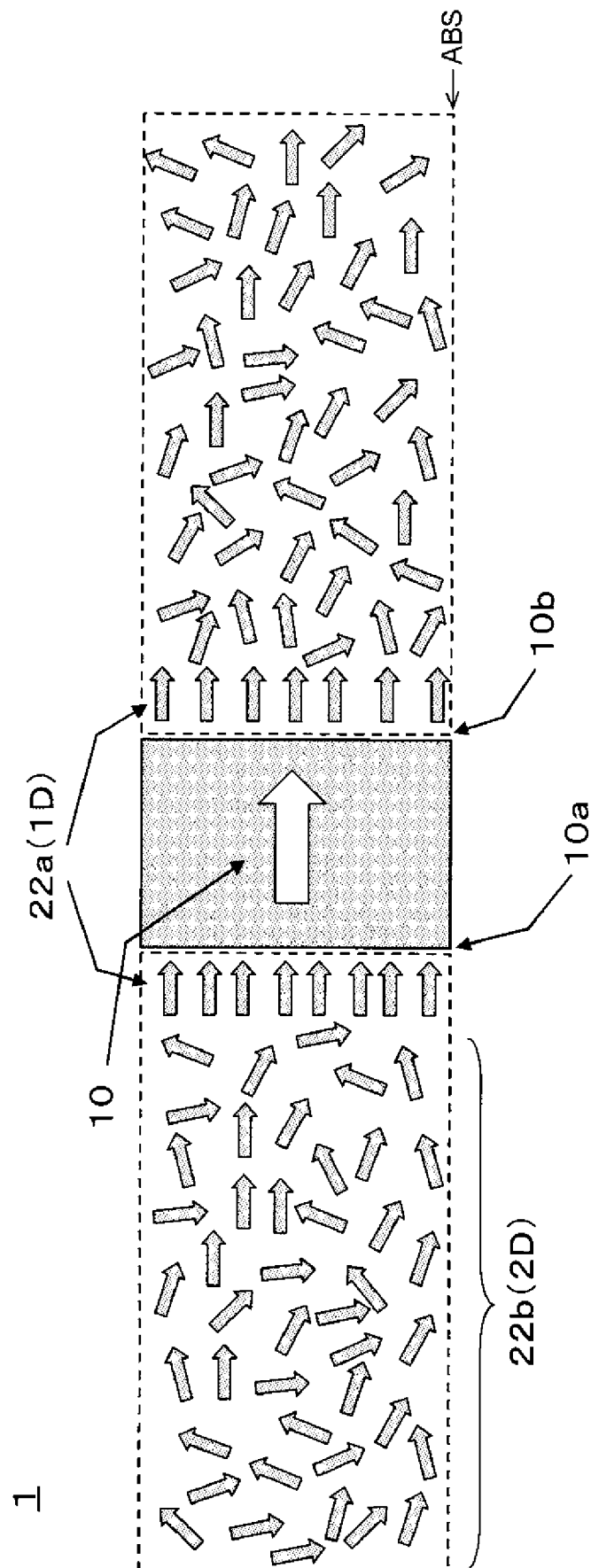
を実行させることを特徴とする請求項15に記載の磁気センサ積層体の成膜制御プログラム。

[請求項17] 請求項14から16のいずれか1項に記載の成膜制御プログラムを記録したコンピュータで読み取り可能な記録媒体。

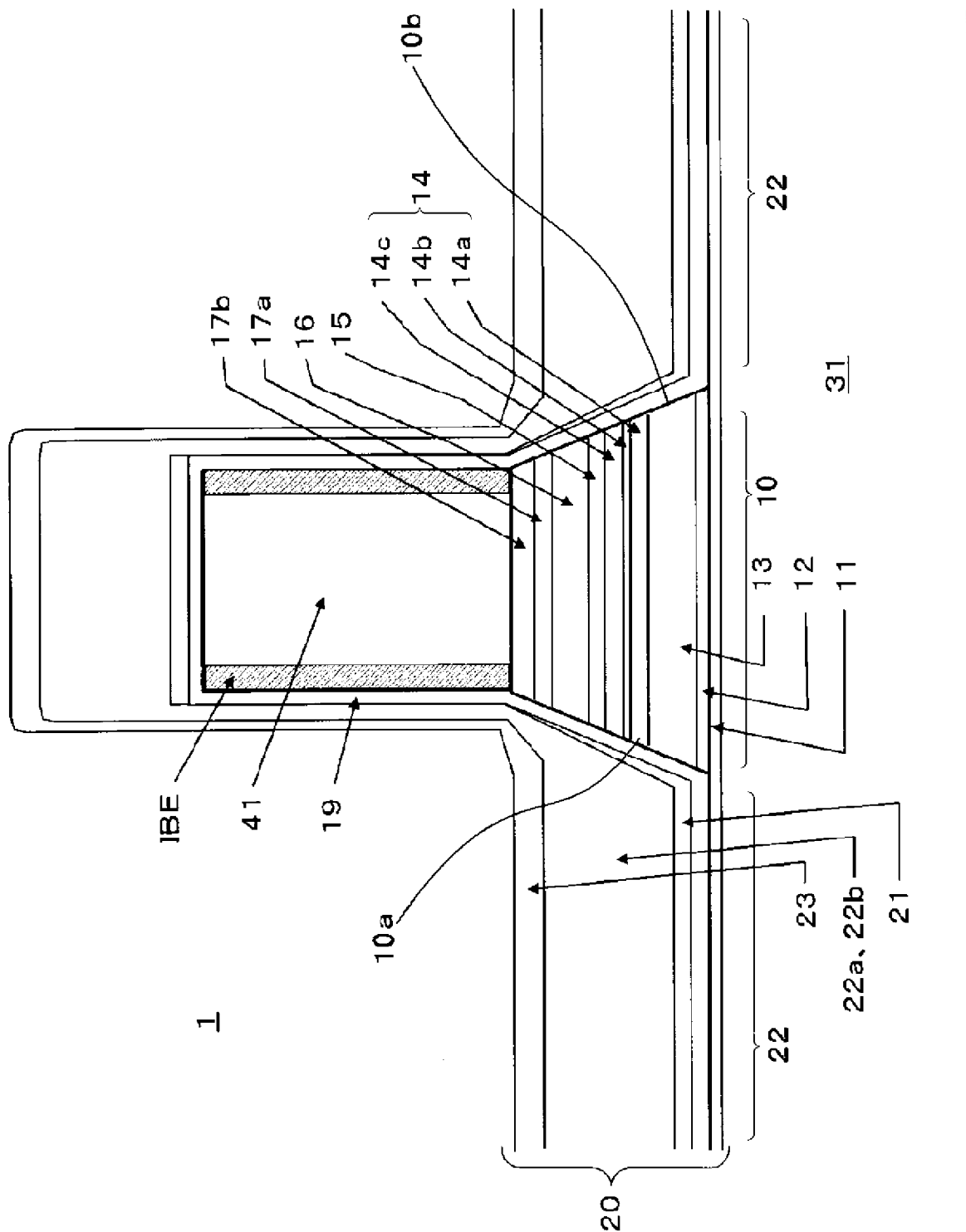
7



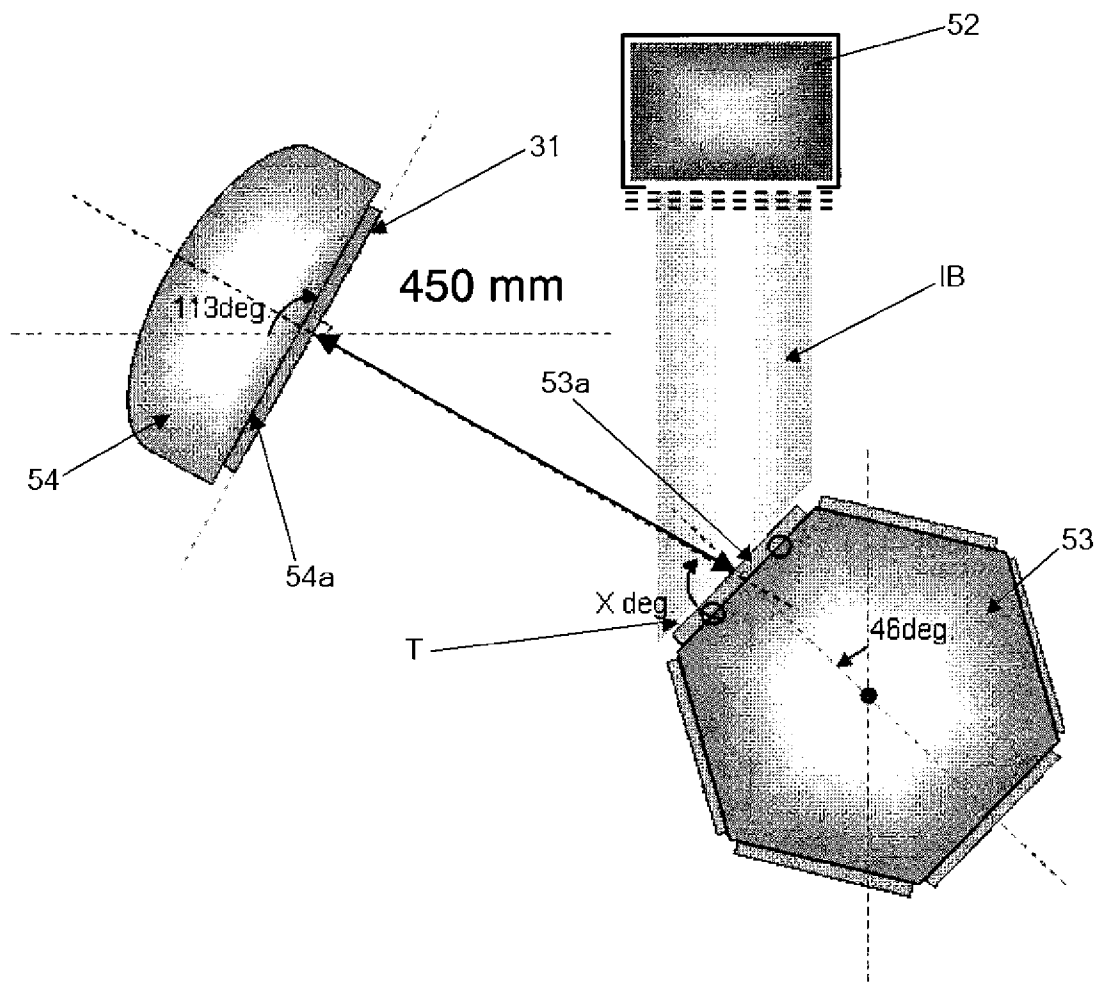
[図2]



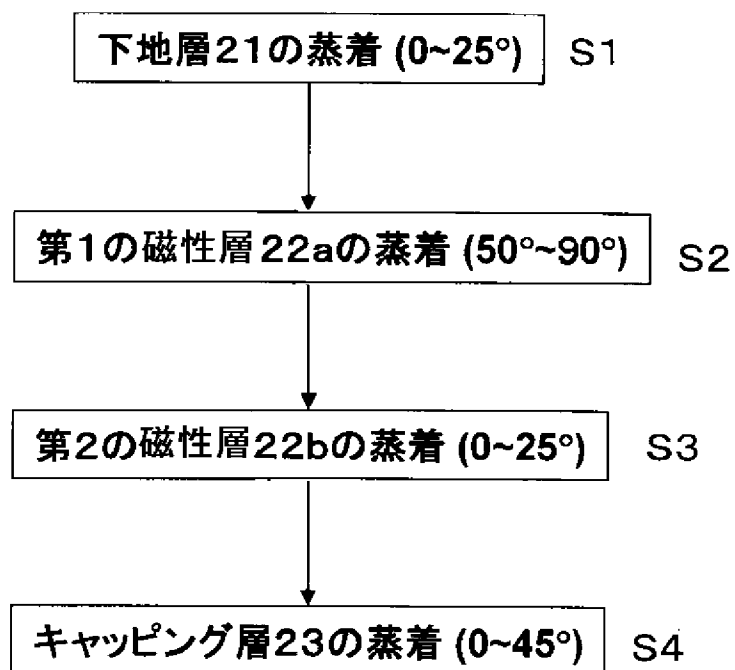
[図3]



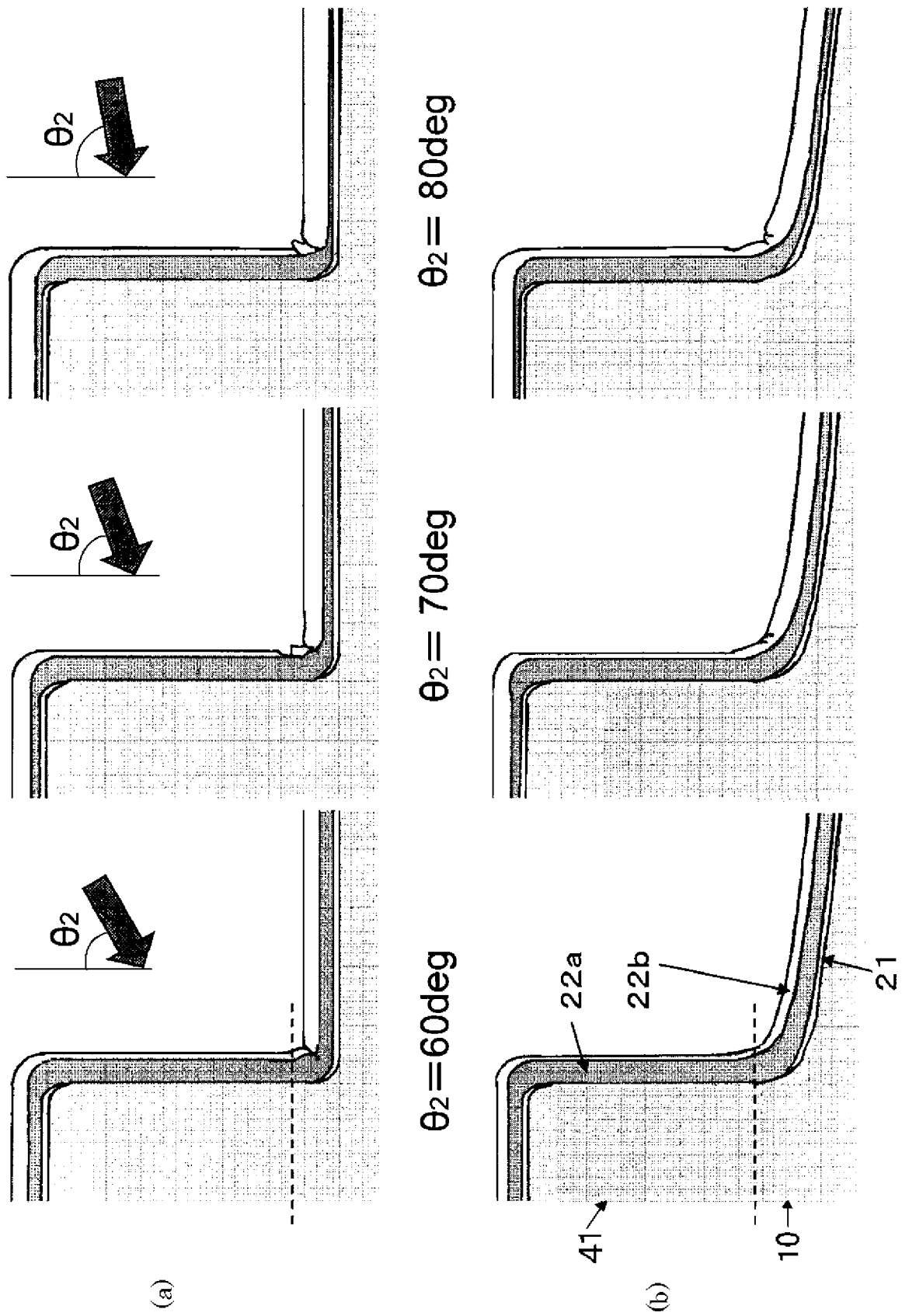
[図4]



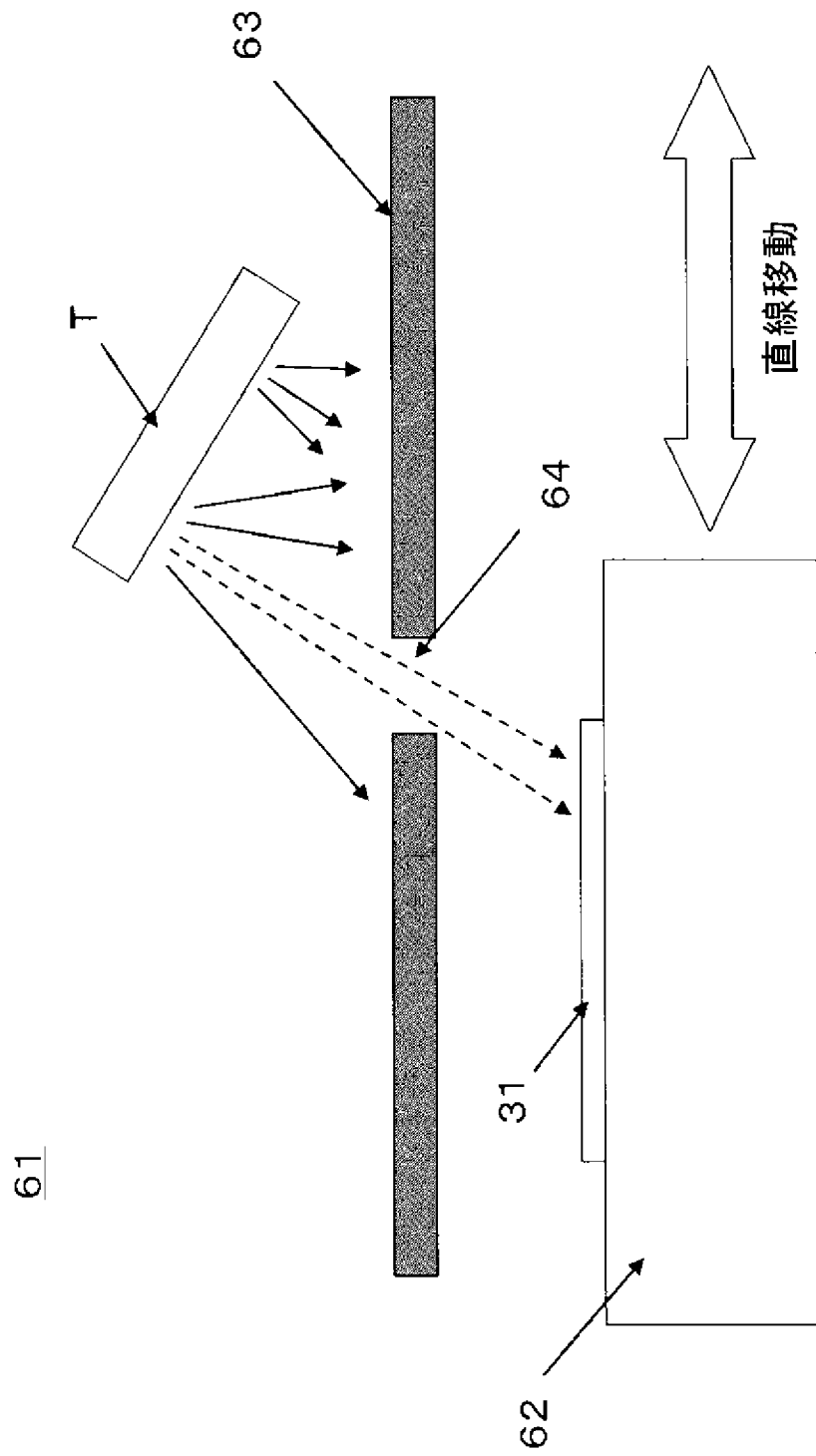
[図5]



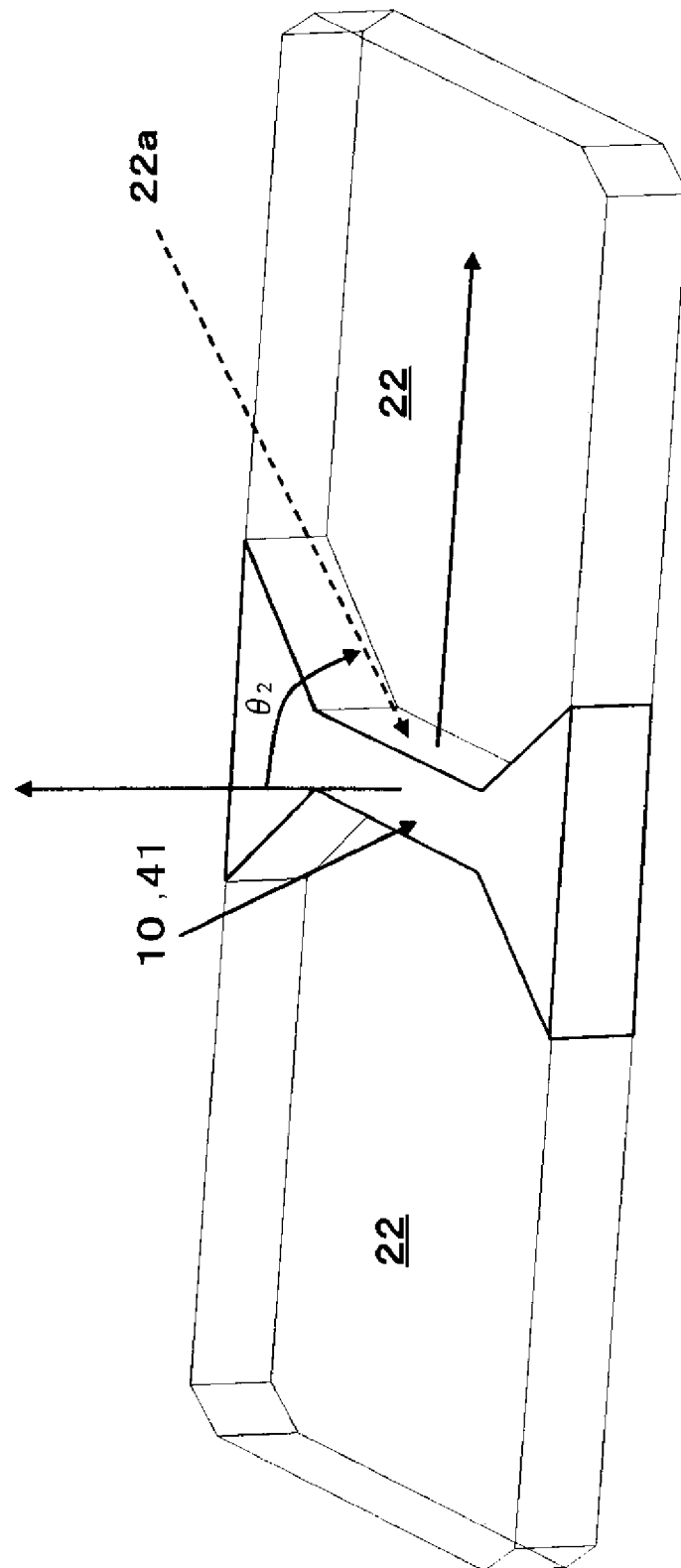
[図6]



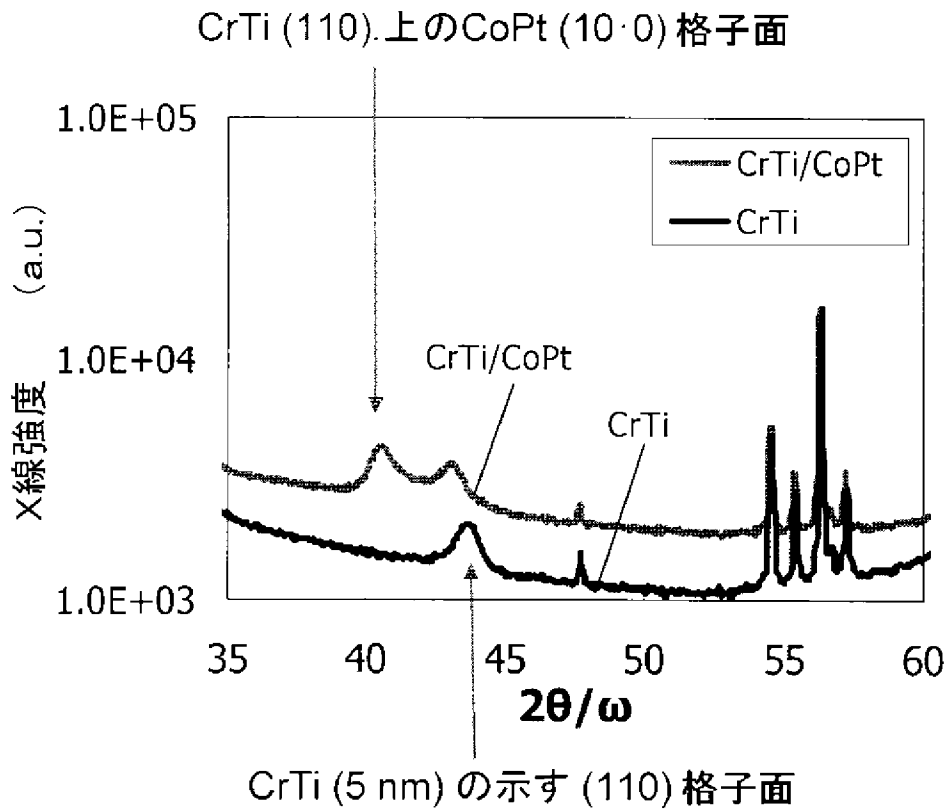
[図7]



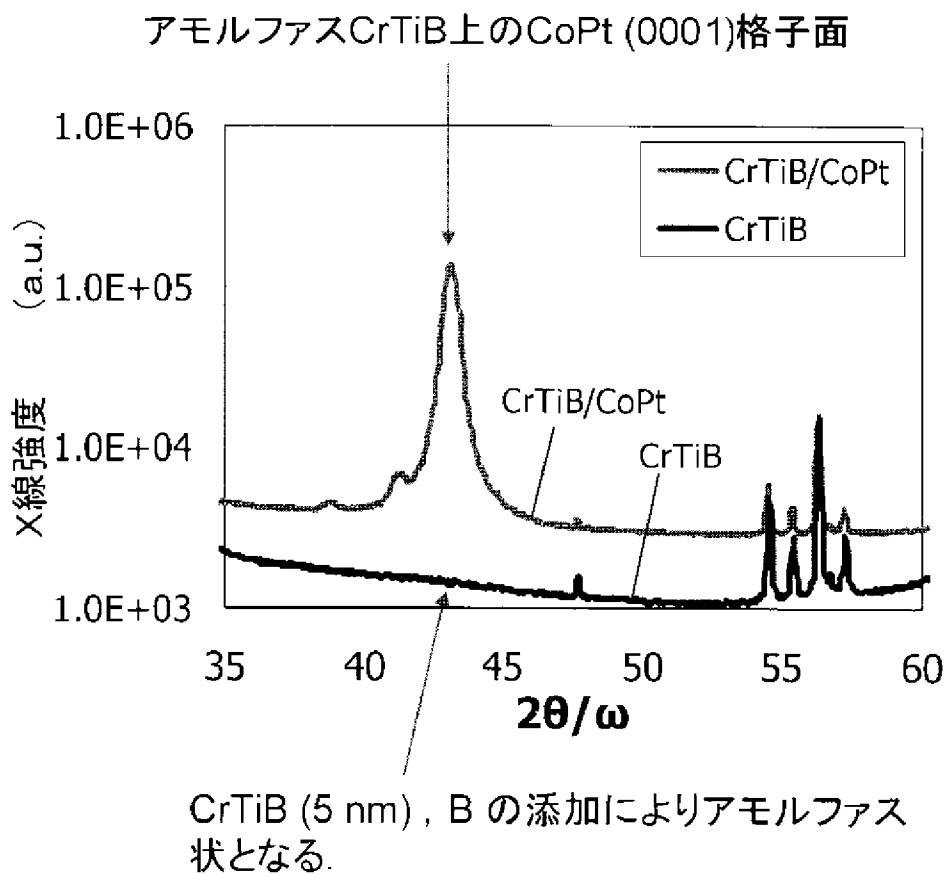
[図8]



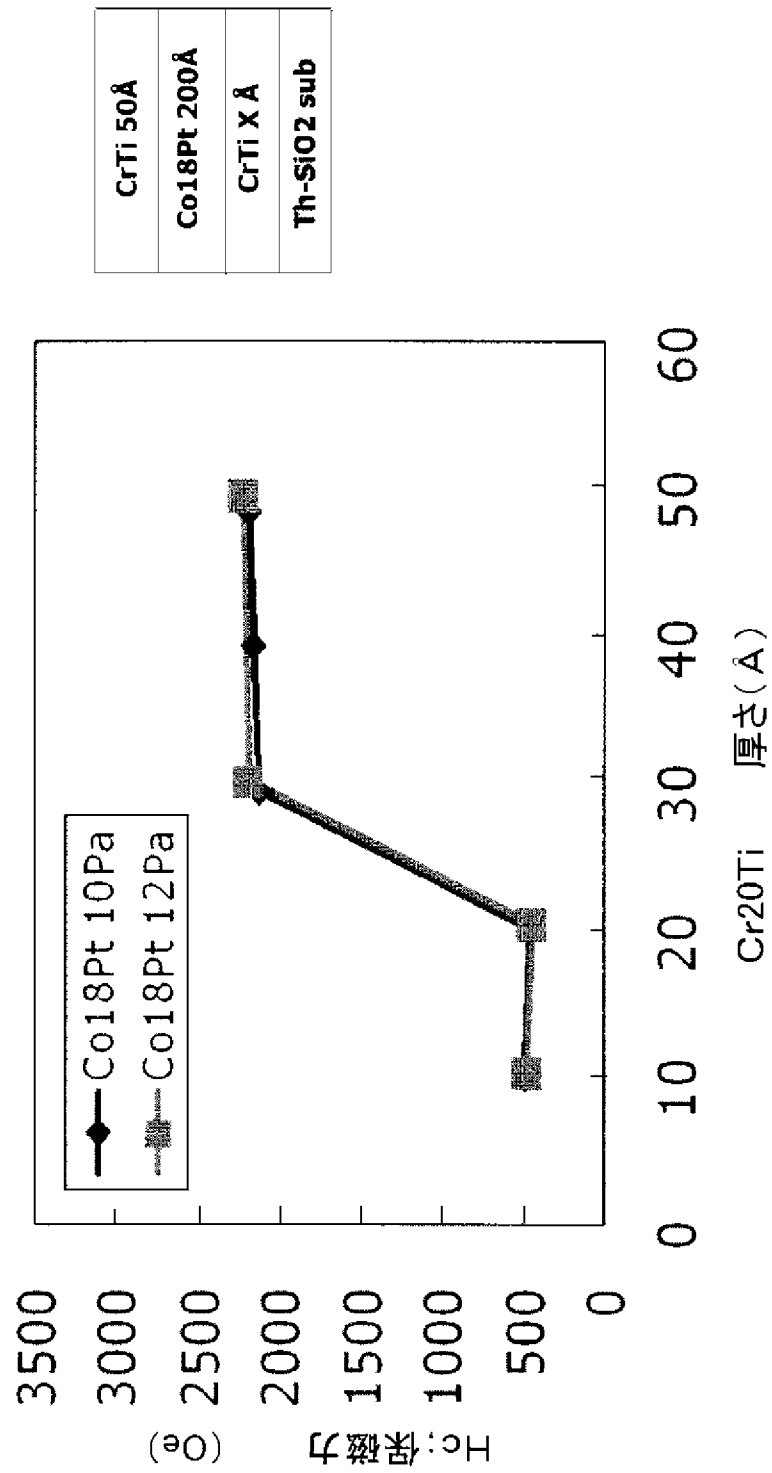
[図9]



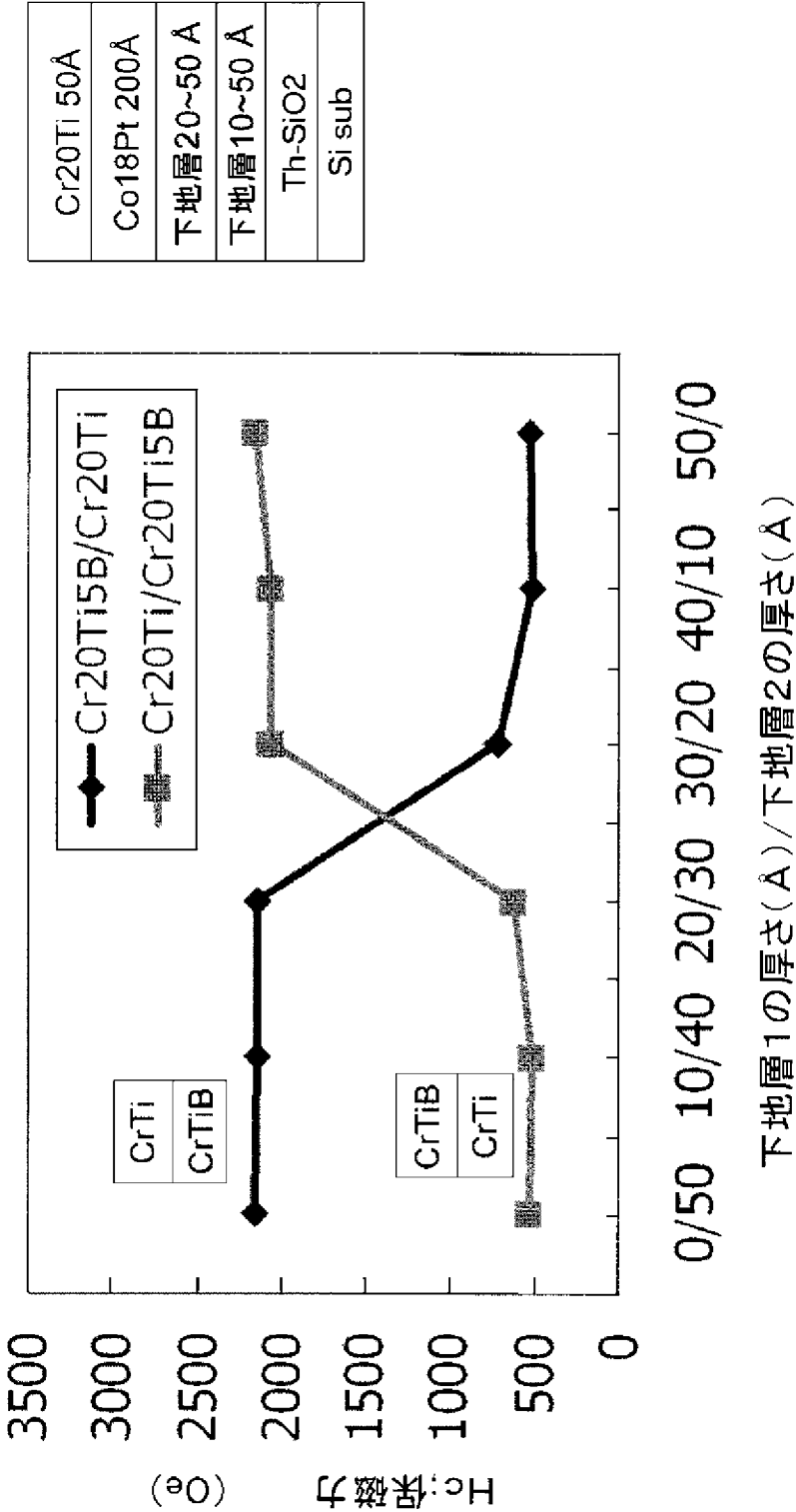
[図10]



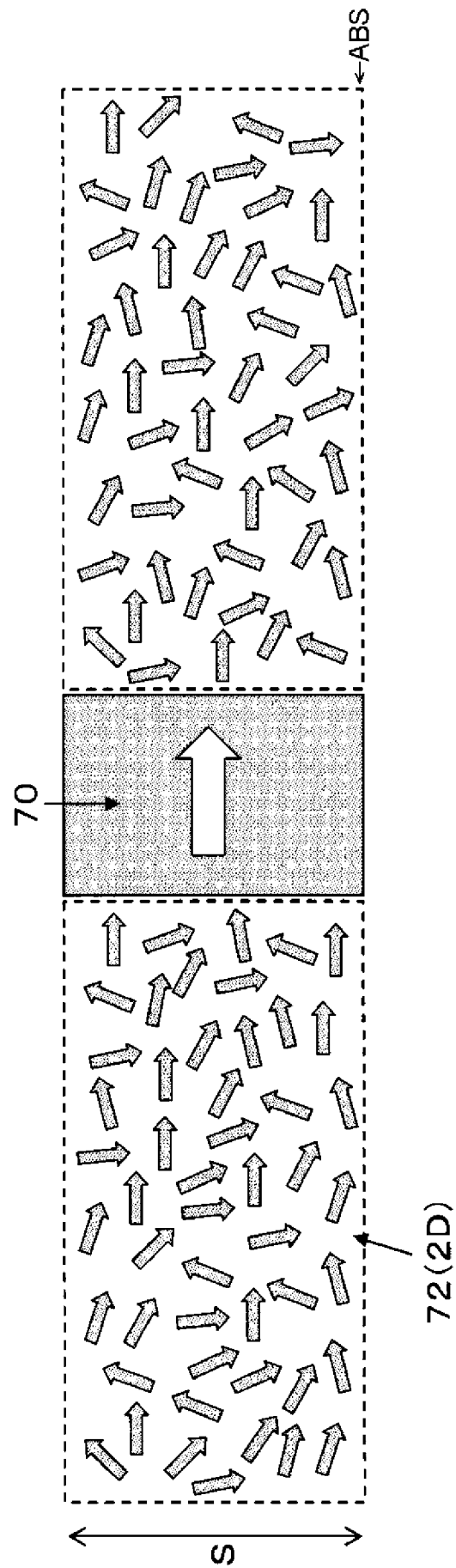
[図11]



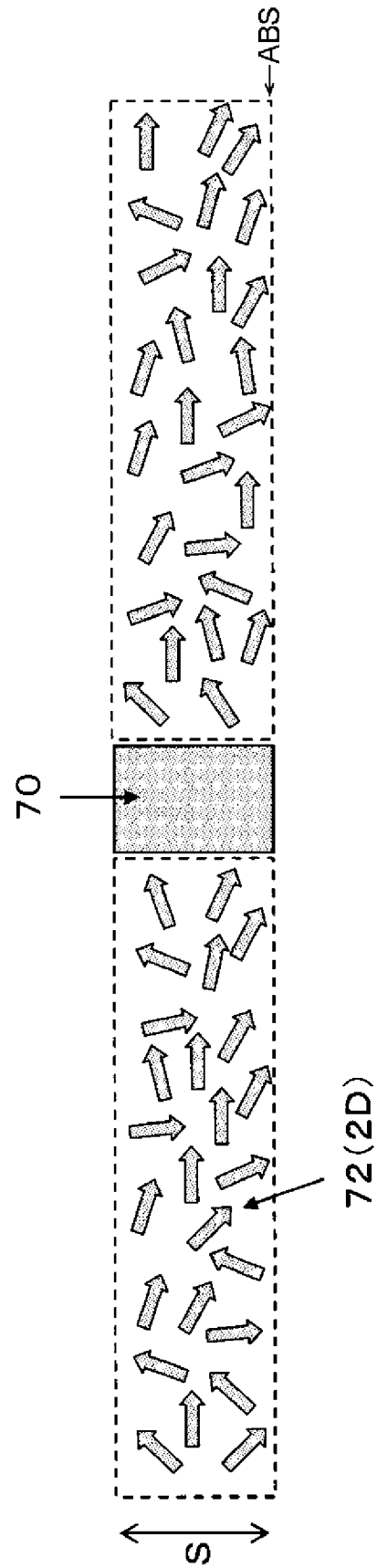
[図12]



[図13]



[図14]



A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G11B5/39(2006.01)i, H01F10/16(2006.01)i, H01F10/32(2006.01)i, H01F41/30(2006.01)i,
H01L43/08(2006.01)i, H01L43/12(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. G11B5/39, H01F10/16, H01F10/32, H01F41/30, H01L43/08, H01L43/12

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 0 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 0 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 0 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
X Y	J P 2 0 0 5 - 3 1 0 2 6 4 A (TDK株式会社), 2 0 0 5. 1 1 . 0 4, 段落【0 0 3 1】 - 【0 0 6 1】, 図1 - 図6 & U S 2 0 0 5 / 0 2 3 7 6 7 7 A 1	1 - 5 6-9, 12-14, 17
Y	J P 2 0 0 2 - 1 5 1 7 5 5 A (アルプス電気株式会社), 2 0 0 2 . 0 5 . 2 4, 段落【0 0 8 2】、【0 1 0 4】 - 【0 1 0 5】、 【0 1 8 8】、図1、図2、(ファミリーなし) (次頁に続く)	6 - 8, 1 3

☒ 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

2 4 . 0 8 . 2 0 1 0

国際調査報告の発送日

3 1 . 0 8 . 2 0 1 0

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）

斎藤 眞

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

5 D

3 7 9 3

C (続き) . 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
Y	J P 2 0 0 3 - 0 8 6 8 6 1 A (アルプス電気株式会社), 2 0 0 3 . 0 3 . 2 0 , 段落【0 0 7 0】 - 【0 0 7 4】、【0 1 9 1】、 【0 2 3 0】、図1、(ファミリーなし)	9, 12-14, 17
A	J P 1 1 - 1 8 9 8 7 4 A (ティーディーケイ株式会社), 1 9 9 9 . 0 7 . 1 3 , 段落【0 0 2 5】 - 【0 0 3 3】、図1、図2 & U S 6 3 7 9 7 4 7 B 1	10, 11, 15, 16

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/003585

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G11B5/39(2006.01)i, H01F10/16(2006.01)i, H01F10/32(2006.01)i, H01F41/30(2006.01)i, H01L43/08(2006.01)i, H01L43/12(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)

G11B5/39, H01F10/16, H01F10/32, H01F41/30, H01L43/08, H01L43/12

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	1996-2010
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2010	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2010

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.
X Y	JP 2005-310264 A (TDK Corp.), 04 November 2005 (04.11.2005), paragraphs [0031] to [0061]; fig. 1 to 6 & US 2005/0237677 A1	1-5 6-9, 12-14, 17
Y	JP 2002-151755 A (Alps Electric Co., Ltd.), 24 May 2002 (24.05.2002), paragraphs [0082], [0104] to [0105], [0188]; fig. 1, 2 (Family: none)	6-8, 13
Y	JP 2003-086861 A (Alps Electric Co., Ltd.), 20 March 2003 (20.03.2003), paragraphs [0070] to [0074], [0191], [0230]; fig. 1 (Family: none)	9, 12-14, 17

☒ 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
24 August, 2010 (24.08.10)

Date of mailing of the international search report
31 August, 2010 (31.08.10)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/003585

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 11-189874 A (TDK Corp.), 13 July 1999 (13.07.1999), paragraphs [0025] to [0033]; fig. 1, 2 & US 6379747 B1	10, 11, 15, 16

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/003585

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/JP2010/003585

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

For the following reasons, this international patent application contains the two inventions which do not comply with the requirement of unity of invention.

First invention (main invention): "claims 1-8"

Second invention: "claims 9-17"

The search has been done by assuming that claims 1-8 are the "invention (main invention) described at first". The search has revealed that the feature described in claims 1 and 2 is substantially disclosed in the prior art and is not novel, since it is disclosed in JP 2005-310264 A (TDK Corp.), 4 November 2005 (04.11.2005).

Hence, the features set forth in claims 1 and 2 cannot be considered as "the special technical feature" within the meaning of PCT Rule 13.2, second sentence.

So long as the invention of claims 9-17 and the aforementioned prior art are compared, moreover, the "special technical feature at the time of ordering an additional fee payment" of the second invention resides in:

"A process for filming a hard bias laminate comprises:

a step of filming a base layer at a film forming angle θ_1 ($\theta_1 = 0-25$ degrees) from a normal of said substrate;

a step of filming a first magnetic layer at a film forming angle θ_2 ($\theta_2 = 50-90$ degrees) from a normal of said substrate;

a step of filming a second magnetic layer at a film forming angle θ_3 ($\theta_3 = 0-25$ degrees) from a normal of said substrate; and

a step of filming a capping layer at a film forming angle θ_4 ($\theta_4 = 0-45$ degrees) from a normal of said substrate".

Hence, those first and second inventions are not so technically related as to involve one or more of the same or corresponding special technical features.

Here, the matter described in claims 3-8 is nothing but a matter involving no special point over the aforementioned prior art, a design matter or a well-known matter. Hence, claims 3-8 are sorted into the first invention.

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（P C T 17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P C T 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ころの国際調査機関は認めた。
特別ページ参照

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。

以下の理由により、この国際出願は発明の単一性の要件を満たさない2つの発明を含む。

第1発明（主発明）：「請求項1－8」

第2発明：「請求項9－17」

請求項1－8を「最初に記載されている発明(主発明)」として調査を行った結果、請求項1、2に記載の特徴はJ P 2005-310264 A (TDK株式会社), 2005.11.04に開示されているから、先行技術に実質的に開示されているものであって新規でないことが明らかとなった。

よって、請求の範囲1、2に記載の特徴は、PCT規則13.2の第2文の意味において「特別な技術的特徴」とは認められない。

そして、請求項9－17と上記先行技術とを比較する限りにおいて、第2発明の「手数料の追加納付命令時点での特別な技術的特徴」は、

「ハードバイアス積層体を成膜する工程は、

前記基板の法線から成膜角度 $\theta 1$ ($\theta 1=0\sim 25$ 度)で、下地層を成膜する手順と、

前記基板の法線から成膜角度 $\theta 2$ ($\theta 2=50\sim 90$ 度)で、第1の磁性層を成膜する手順と、

前記基板の法線から成膜角度 $\theta 3$ ($\theta 3=0\sim 25$ 度)で、第2の磁性層を成膜する手順と、

前記基板の法線から成膜角度 $\theta 4$ ($\theta 4=0\sim 45$ 度)で、キャッピング層を成膜する手順と、を有すること」

である。

したがって、これら第1発明と第2発明との間に一または二以上の同一または対応する特別な技術的特徴を含む技術的な関係は認められない。

なお、請求項3－8に記載の事項は、上記先行技術に対し格別な点を有しない事項、または設計事項あるいは周知な事項に過ぎないものである。よって、請求項3－8を第1発明に区分する。