

(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



(10) 国際公開番号

WO 2010/107098 A1

(43) 国際公開日

2010 年 9 月 23 日(23.09.2010)

PCT

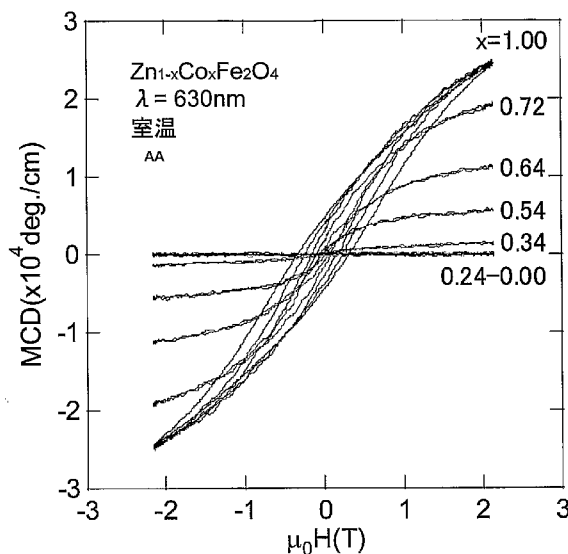
- (51) 国際特許分類:
H01F 10/20 (2006.01) H01F 41/20 (2006.01)
H01F 41/18 (2006.01) H01F 41/22 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2010/054722
- (22) 国際出願日: 2010 年 3 月 12 日(12.03.2010)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2009-063054 2009 年 3 月 16 日(16.03.2009) JP
特願 2010-041529 2010 年 2 月 26 日(26.02.2010) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): J
F E ミネラル株式会社(JFE MINERAL COMPAN-
NY, LTD) [JP/JP]; 〒1050014 東京都港区芝三丁目
8 番 2 号芝公園ファーストビル 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): 岩▲崎▼洋
介(IWASAKI, Yosuke) [JP/JP]; 〒1050014 東京都港
区芝三丁目 8 番 2 号芝公園ファーストビル J
F E ミネラル株式会社内 Tokyo (JP). 川崎雅司
(KAWASAKI, Masashi) [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). 福村知昭(FUKUMU-
RA, Tomoteru) [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: 落合憲一郎(OCHIAI, Kenichiro); 〒
1030027 東京都中央区日本橋二丁目 1 番 10 号
柳屋ビル 7 階 J F E テクノリサーチ株式会社
特許出願部内 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,
KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS,
LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX,

[続葉有]

(54) Title: FERRITE MATERIAL HAVING COMPOSITION GRADIENT FOR MEASUREMENT OF MAGNETO-OPTICAL EFFECT AND METHOD FOR EVALUATING PROPERTIES OF FERRITE

(54) 発明の名称: 磁気光学効果特性測定用の組成傾斜フェライト材料およびフェライトの特性評価方法

[図 10]



(57) Abstract: Provided is a method for evaluating the properties of a ferrite with which it is possible to continuously measure changes in magnetic properties that accompany changes in ferrite composition by preparing one sample only. A ferrite thin film having a composition gradient, which consists of multiple ferrite layers having a composition gradient and is obtained by film formation with the component composition graded in the horizontal direction, is formed by thin-film formation on a light-transmitting single crystal substrate, and the changes in magnetic properties that accompany changes in the ferrite composition are continuously measured by measuring the magneto-optical effect continuously in the direction of the composition gradient of the ferrite thin film.

(57) 要約: 一つの試料を作製するだけで、フェライトの組成変化に伴う磁気特性の変化を連続して測定することができるフェライトの特性評価方法を提供する。透光性を有する単結晶基板上に、薄膜形成法を用いて、成分組成を水平方向に傾斜させて製膜した複数層の組成傾斜フェライト層からなる組成傾斜フェライト薄膜を形成し、該フェライト薄膜の組成傾斜方向に沿って連続して磁気光学効果を測定することにより、該フェライトの組成変化に伴う磁気特性の変化を連続して測定する。

AA ROOM TEMPERATURE

WO 2010/107098 A1



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.

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

- (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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明細書

[発明の名称]

磁気光学効果特性測定用の組成傾斜フェライト材料およびフェライトの特性評価方法

[技術分野]

[0001]

本発明は、磁気光学効果特性測定用の組成傾斜フェライト材料に関するものである。

また、本発明は、上記した磁気光学効果特性測定用の組成傾斜フェライト材料を用いたフェライトの特性評価方法に関し、特にフェライトの成分組成を変化させた場合における磁気特性の変化を、磁気光学効果を利用することによって、迅速かつ簡便に判定しようとするものである。

[背景技術]

[0002]

磁性材料として、フェライトが、以下に述べるような種々の用途において広く利用されている。

例えば、ハードフェライトとしては、回転機用磁石を利用した小型モータ用磁極、計測器、マイク・スピーカなどの電気機器、マグネットロール、磁気選別機、磁気軸受などの機械機構、あるいは健康器具用磁石や文具・玩具マグネットなどに、またソフトフェライトとしては、軟磁性を利用したパワー、通信用、CRT 偏向などの磁気コア、磁気ヘッド、磁気シールド、マイクロ波特性を利用したフィルタ、アイソレータ、サーキュレータ、アンテナ、電磁波吸収体などマイクロ波デバイスなど、あるいは、磁気光学特性を利用した光アイソレータ、光サーキュレータ、光スイッチ、磁界センサなどの光通信・光学デバイス、マイクロ波特性を利用したフィルタ、共振器、サーキュレータなどのマイクロ波通信デバイス、さらには磁気バブルメモリなどの磁気メモリデバイスなどの種々の用途に幅広く利用されている。

上記の各用途において、フェライトに求められる特性は様々であり、各用途に適合した特性のフェライトを供給する必要がある。

フェライトの磁気特性は、主にフェライトの成分組成に依存することから、所望特性のフェライトを提供するためには、フェライト組成をその要求特性に適合した成分組成に調整する必要がある。

[0003]

従来、フェライトの組成変化に伴う磁気特性の変化を把握するには、フェライトの成分組成を少しずつ変化させた多数の試料を用意し、それらの磁気特性を一つ一つ測定することにより行っていた(例えば、非特許文献1)。

しかしながら、一つの試料を作製するにも、原料の調整に始まって焼結体を製造するまで多くの工程を必要とする。しかも、かかる試料を、成分組成を少しずつ変化させた各組成毎に数多く作製する必要があるため、試料作製に長時間を要するだけでなく、コストの上昇を招いていた。また、試料作製中には、以下に述べるような外乱によって、測定精度が劣化するところにも問題を残していた。

[0004]

一つ一つサンプルを作製および評価する場合、最も懸念されるのが同一の環境で行えるかどうかである。例えば、一連の実験を数日にわたって行う場合、気温や湿度など天候に左右されるおそれが高くなる。また、装置への供給電源が安定しているか、周辺機器との干渉は起こっていないかなども懸念される。

この点、多数のサンプルを同時に作製、評価できれば、上記のおそれは格段に低減する。

[先行技術文献]

[非特許文献]

[0005]

[非特許文献1] 丸善 実験物理学講座6磁気測定 I

[発明の概要]

[発明が解決しようとする課題]

[0006]

本発明は、上記の現状に鑑み開発されたもので、特定の成分系になるフェライトにおいて、対象とする成分(以下、対象成分という)の組成を変化させたときの磁気特性を検

出しようとする場合に、一つの試料を作製するだけで、対象成分の組成変化に伴う磁気特性の変化を連続して測定することができる、磁気光学効果特性測定用の組成傾斜フェライト材料を提案することを目的とする。

また、本発明は、上記した組成傾斜フェライト材料を用いて、フェライトの成分組成を変化させた場合における磁気特性の変化を、磁気光学効果を利用することにより、迅速かつ簡便に判定することができるフェライトの特性評価方法を提案することを目的とする。

[課題を解決するための手段]

[0007]

さて、発明者らは、上記の問題を解決すべく鋭意研究を重ねた結果、近年開発された傾斜薄膜製造技術と磁気光学効果とを組み合わせることによって、所期の目的が有利に達成されることの知見を得た。

本発明は、上記の知見に立脚するものである。

[0008]

すなわち、本発明の要旨構成は次のとおりである。

1. 透光性を有する単結晶基板の上に、成分組成を水平方向に傾斜させて製膜した組成傾斜フェライト薄膜をそなえる磁気特性評価用の組成傾斜フェライト材料であって、

該組成傾斜フェライト薄膜は、単結晶基板の水平方向に成分組成を傾斜させて製膜した組成傾斜フェライト層の積層体からなり、

該組成傾斜フェライト層の各層の厚みが $0.8 \sim 4.5 \text{ nm}$ で、かつ積層体全体の厚みが $30 \sim 10000 \text{ nm}$ であることを特徴とする磁気光学効果特性測定用の組成傾斜フェライト材料。

[0009]

2. 前記フェライトが、下記的一般式でそれぞれ示されるスピネルフェライト、Y型六方晶フェライトまたはガーネットフェライトのいずれかであることを特徴とする上記1に記載の組成傾斜フェライト材料。

記

・スピネルフェライト

一般式： $A_{1-x}B_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ ($0.00 \leq x \leq 1.00$)

ここで、A、Bはそれぞれ、Sc、Ti、V、Cr、Mn、Fe、Co、Ni、Cu、Zn、Mg、Al、Ga および In のうちから選んだ一種または二種以上の元素。但し、 $A \neq B$ 。

・Y型六方晶フェライト

一般式： $A_2(B1_xB2_y)Fe_{12}O_{22}$ ($0.00 \leq x \leq 2.00$, $0.00 \leq y \leq 2.00$, $x+y=2.00$)

ここで、Aは Ba および／または Sr、B1、B2 はそれぞれ、Sc、Ti、V、Cr、Mn、Fe、Co、Ni、Cu、Zn、Mg、Al、Ga および In のうちから選んだ一種または二種以上の元素。但し、 $B1 \neq B2$ 。

・ガーネットフェライト

一般式： $(Bi_xR_{3-x})(Fe_{5-y}M_y)O_{12}$ ($0.00 \leq x \leq 1.60$, $0.00 \leq y \leq 1.00$)

ここで、Rは Sc、Y および希土類元素のうちから選んだ一種または二種以上の元素、Mは Ga および／または Al。

[0010]

3. 前記単結晶基板が、 $MgAl_2O_4(111)$ 基板または $Al_2O_3(0006)$ 基板であることを特徴とする上記1または2に記載の組成傾斜フェライト材料。

[0011]

4. 前記単結晶基板の透過性が、基板の厚みを 0.5mm とした場合、波長:250～2500nm の光の透過率で 70%以上を満足することを特徴とする上記1乃至3のいずれかに記載の組成傾斜フェライト材料。

[0012]

5. 透光性を有する単結晶基板上に、薄膜形成法を用いて、成分組成を水平方向に傾斜させて製膜した複数層の組成傾斜フェライト層からなる組成傾斜フェライト薄膜を形成し、該フェライト薄膜の組成傾斜方向に沿い連続して磁気光学効果を測定することにより、該フェライトの組成変化に伴う磁気特性の変化を連続して測定することを特徴とするフェライトの特性評価方法。

[0013]

6. 前記フェライトが、下記の一般式でそれぞれ示されるスピネルフェライト、Y型六方晶フェライトまたはガーネットフェライトのいずれかであることを特徴とする上記5に記載のフェライトの特性評価方法。

記

・スピネルフェライト

一般式： $A_{1-x}B_xFe_2O_4$ ($0.00 \leq x \leq 1.00$)

ここで、A、Bはそれぞれ、Sc、Ti、V、Cr、Mn、Fe、Co、Ni、Cu、Zn、Mg、Al、Ga および In のうちから選んだ一種または二種以上の元素。但し、 $A \neq B$ 。

・Y型六方晶フェライト

一般式： $A_2(B1_xB2_y)Fe_{12}O_{22}$ ($0.00 \leq x \leq 2.00$, $0.00 \leq y \leq 2.00$, $x+y=2.00$)

ここで、Aは Ba および／または Sr、B1、B2 はそれぞれ、Sc、Ti、V、Cr、Mn、Fe、Co、Ni、Cu、Zn、Mg、Al、Ga および In のうちから選んだ一種または二種以上の元素。但し、 $B1 \neq B2$ 。

・ガーネットフェライト

一般式： $(Bi_xR_{3-x})(Fe_{5-y}M_y)O_{12}$ ($0.00 \leq x \leq 1.60$, $0.00 \leq y \leq 1.00$)

ここで、Rは Sc、Y および希土類元素のうちから選んだ一種または二種以上の元素、Mは Ga および／または Al。

[0014]

7. 前記単結晶基板が、 $MgAl_2O_4$ (111)基板または Al_2O_3 (0006)基板であることを特徴とする上記5または6に記載のフェライトの特性評価方法。

[0015]

8. 前記薄膜形成法が、レーザアブレーション法(PLD法)、ALD法、CVD法、蒸着法またはスパッタリング法のいずれかであることを特徴とする上記5乃至7のいずれかに記載のフェライトの特性評価方法。

[発明の効果]

[0016]

本発明によれば、フェライトの成分組成の変化に伴う磁気特性の変化を、迅速かつ簡便かつ正確に判定することができる。

また、磁気光学ファラデー効果や磁気円二色性といった磁気光学効果の大きさは、磁化の大きさに比例することが知られていることから、本発明に従い、多成分の組成傾斜

薄膜を作製し、その磁気光学効果特性の組成依存性を判定することにより、製品の使用時における磁場や波長に応じた最適の組成を選択することができる。

従って、多数のサンプルの作製および材料物性のデータ測定を迅速に行うことが可能となり、その結果、材料設計および部品・デバイスへの応用の迅速化が期待できる。

[図面の簡単な説明]

[0017]

[図1] 図1はPLD法の実施に好適な薄膜形成装置の模式図である。

[図2] 図2はコンビナトリアル技術を用いて行う、多数の試料群の集積化の要領を示す模式図である。

[図3] 図3はPLD法にコンビナトリアル技術を適用して、多層積層体からなる $Zn_{1-x}Co_xFe_2O_4$ 組成傾斜薄膜を形成する要領を示す模式図である。

[図4] 図4の(a)はPLD法を用いて作製した $Zn_{1-x}Co_xFe_2O_4$ 組成傾斜薄膜の写真、図4の(b)はこの写真に基づいて組成傾斜状態をより明確に示した図である。

[図5] 図5の(a)は $Zn_{1-x}Co_xFe_2O_4$ 膜全面におけるX線回折パターン、図5の(b)、図5の(c)は各々 $ZnFe_2O_4$ 膜および $CoFe_2O_4$ 膜のX線回折パターンを示す図である。

[図6] 図6は $Zn_{1-x}Co_xFe_2O_4$ 膜の各測定点における d_{222} 値を示す図である。

[図7] 図7は $Zn_{1-x}Co_xFe_2O_4$ 膜の原子レベルの表面凹凸を示す表面 AFM 像の写真である。

[図8] 図8は $Zn_{1-x}Co_xFe_2O_4$ 膜の各測定点における Zn, Co, Fe 組成を示す図である。

[図9] 図9は膜厚が異なる3種類の $Zn_{1-x}Co_xFe_2O_4$ 膜の波長と吸収係数との関係を示す図である。

[図10] 図10は $Zn_{1-x}Co_xFe_2O_4$ 膜の室温における各組成の磁気光学効果(磁気円二色性)の磁場依存性を、630nm の波長の光を用いて測定した結果を示す図である。

[図11] 図11は波長:630nm における磁気円二色性(MCD)および保磁力(H_c)の変化を組成変化に対して示した図である。

[図12] 図12は波長:310nm における磁気円二色性(MCD)および保磁力(H_c)の変化を組成変化に対して示した図である。

[発明を実施するための形態]

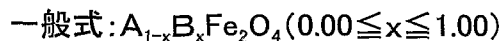
[0018]

以下、本発明を具体的に説明する。

本発明において、評価の対象とするフェライトについては特に制限はなく、スピネルフェライトやY型六方晶フェライト、ガーネットフェライトなど従来公知のフェライトのいずれもが適合する。

[0019]

ここに、スピネルフェライトとは、次の一般式で示されるものである。



ここで、A、Bはそれぞれ、Sc、Ti、V、Cr、Mn、Fe、Co、Ni、Cu、Zn、Mg、Al、Ga および In のうちから選んだ一種または二種以上の元素。但し、 $A \neq B$ 。

[0020]

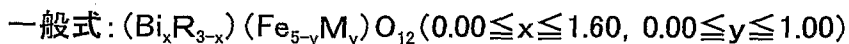
また、Y型六方晶フェライトとは、次の一般式で示されるものである。



ここで、Aは Ba および／または Sr、B1、B2 はそれぞれ、Sc、Ti、V、Cr、Mn、Fe、Co、Ni、Cu、Zn、Mg、Al、Ga および In のうちから選んだ一種または二種以上の元素。但し、 $B1 \neq B2$ 。

[0021]

さらに、ガーネットフェライトとは、次の一般式で示されるものである。



ここで、Rは Sc、Y および希土類元素のうちから選んだ一種または二種以上の元素、M は Ga および／または Al。

[0022]

また、本発明における単結晶基板としては、透過性を有していればいずれでもよく、その種類が特に限定されることはない。ここに、「透過性を有する」とは、0.5mm 厚の基板において、波長: 250～2500nm の光の透過率が 70%以上を意味する。また、透過性を評価する光の波長を 250～2500nm の範囲としたのは、この波長範囲を外れると本発明で所期した良好な透過率が得られないからである。

とはいえ、単結晶基板としては、その上に形成されるフェライト薄膜と、格子定数が近似しているものが有利であり、さらには、成長した膜の配向面が容易磁化軸に向き易いものがより有利である。例えば、評価対象がスピネルフェライトやY型六方晶フェライトの場合には、単結晶基板としては $\text{MgAl}_2\text{O}_4(111)$ 基板や $\text{Al}_2\text{O}_3(0006)$ 基板などが有利に適合する。

[0023]

さらに、薄膜形成法としては、レーザアブレーション(PLD:Pulse Laser Deposition)法やALD(Atomic Laser Deposition)法、CVD(Chemical Vapor Deposition)法、蒸着法(常温または高温蒸着法や熱および電子ビーム蒸着法など)およびスパッタリング法などの従来公知の薄膜形成技術のいずれもが適合するが、なかでもPLD法は以下に述べる種々の利点を有するのでのとりわけ有利に適合する。

- (1) 高融点の酸化物材料でも、パルスレーザーにより一瞬でターゲットをプラズマ化させることが可能であるため、ターゲットと同じ組成比の薄膜を容易に作製することができる。
- (2) 基板温度、ガス圧およびレーザーエネルギー密度等により成長速度を制御することが可能であり、かつパルス数を変えることで容易に膜厚を変えることができる。
- (3) プラズマ化した薄膜材料はレーザーからのエネルギーを持つため、超高真空から大気圧まで酸素ガスを導入した状態で薄膜を作製することができる。

[0024]

ここで、PLD法を用いて、本発明に従うフェライト薄膜を形成する場合について説明する。

PLD法とは、ターゲット(薄膜原料:焼結体や単結晶)にパルスレーザーを断続的に照射し、ターゲットをアブレーションすることによって放出されるイオン、クラスター、分子、原子など(これら解離種のまとまったプラズマの様な状態をプルームという)を、ターゲットと対向して配置された基板上に堆積させて、薄膜を形成する方法である。

[0025]

図1に、PLD法の実施に用いて好適な薄膜形成装置を模式で示す。

同図に示したとおり、この薄膜形成装置では、チャンバー1内に、基板2とターゲット3が対向して配設されている。また、このチャンバー1の外部には、光発振部4により発振

されたパルスレーザー光の位置を調節するための反射鏡5、レーザー光のスポット径を制御するためのレンズ6が配設されている。7は、基板を加熱するための半導体レーザーであり、基板温度は窓を介して、チャンバー外部に設置された放射温度計8によってモニターされ、常に一定の温度となるように制御されている。また、チャンバー1には、酸素ガスの流量を調節するための調整弁9が付設されていて、減圧下における製膜を実現するため、チャンバーにはターボ分子ポンプ10および圧力弁11が連結されている。ここに、チャンバーの圧力は、酸素ガス流量調整弁9および圧力弁11を用い、例えば酸素雰囲気中において $1.33 \times 10^{-5} \sim 1.33 \times 10^{-1} \text{Pa}$ ($1 \times 10^{-7} \sim 1 \times 10^{-3} \text{Torr}$) となるように制御されている。また、ターボ分子ポンプ10には、油回転ポンプ12と逆流防止弁13が連結されており、ターボ分子ポンプ10の排気側の圧力は常に $1.33 \times 10^{-1} \text{Pa}$ ($1 \times 10^{-3} \text{Torr}$) 以下に保持されている。なお、14は圧力モニタ、15はマスク、16は回転軸である。

[0026]

ターゲットに照射するパルスレーザー光としては、例えばパルス周波数: $1 \sim 10 \text{Hz}$ 、レーザーパワー: 1J/cm^2 、波長: 248nm 程度の KrF エキシマレーザーを好適に使用することができる。

[0027]

上記したPLD法にコンビナトリアル技術 (combinatorial) を適用することにより、組成が連続的に変化する薄膜を形成することができる。ここに、コンビナトリアル技術とは、多種類の化合物群 (ライブラリー) を効率的に合成し、それらを様々な目的に応じて活用していく技術である。

図2に、組成や超格子構造の異なる $100 \sim 10000$ 個に及ぶ試料群の集積化の例を模式で示す。なお、基板とターゲットの位置関係は、図1と逆さになっている。図2の(a)~(c)では、基板とターゲットの間にパターン形成したマスクを挿入し、複数のターゲットの選択と同期してマスクを移動する状態を示している。この方法によれば、基板上に供給される元素の種類と量を時空間で精密に制御することができ、従って1枚の基板上に平行に異種物質を合成することができる。また、基板温度などの合成条件も同図の(d)のように行うことができる。

本発明では、同図の(c)の技術を導入している。

[0028]

次に、上記の技術を利用して、 $\text{Zn}_{1-x}\text{Co}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ 組成のスピンelfェライトの傾斜薄膜を形成する場合の具体的例について説明する。

(1) ターゲット

ターゲットとしては、 CoFe_2O_4 焼結体および ZnFe_2O_4 焼結体を用いた。これらの焼結体は、所望の原子比となるように秤量された CoO と Fe_2O_3 あるいは ZnO と Fe_2O_3 との各粉末を混合し、さらにこの混合した粉末を放電プラズマ焼結 (SPS (Spark Plasma Sintering)) させることにより作製することができる。またターゲットは、基板における薄膜形成面に対して平行となるように配設した。

(2) 基板

基板としては、格子定数のマッチング性および広い波長範囲での光透過性、さらには電気伝導性、非磁性、熱安定性などの物性などを考慮して、 MgAl_2O_4 (111) 基板を用いた。

(3) 製造過程

まず、研磨した基板および所望のターゲットをチャンバー内に設置する。次に、チャンバー内を、酸素分圧: $1.33 \times 10^{-1} \text{Pa}$ ($1 \times 10^{-3} \text{Torr}$)、基板温度: 400°C に設定し、図3に示すように、基板近接位置でマスク1、マスク2を基板の薄膜形成面と平行に移動させることにより膜厚を変化させながら製膜を行った。具体的には、ターゲットを回転軸を介して回転駆動させつつ、エネルギー密度: $1 \text{J}/\text{cm}^2$ 、パルス照射: 5Hz のパルスレーザー光を断続的に照射することにより、ターゲット表面の温度を急激に上昇させ、アブレーションプラズマ (プルーム) を発生させた。このアブレーションプラズマ中に含まれる Zn , Co , Fe , O の各原子は、チャンバー内の酸素ガスとの衝突反応等を繰り返しながら状態を徐々に変化させて基板へ移動する。そして、基板へ到達した Zn , Co , Fe , O 原子を含む粒子は、そのまま基板上の (111) 面に拡散し、格子整合性の最も安定な状態で薄膜化されることになる。

その結果、図3に示したような多層積層体からなる組成傾斜フェライト材料が得られるのである。

[0029]

図3に示した本発明に従う組成傾斜フェライト材料において、組成傾斜フェライト薄膜を形成する積層体各層の厚みは 0.8～4.5nm とする必要がある。というのは、各層の厚みがスピネルの単位胞である 0.8nm に満たないと磁気光学スペクトルが得られず、一方六方晶の単位胞である 4.5nm を超えると基板との格子定数のずれが大きくなってやはり明瞭な磁気光学スペクトルが得られなくなるからである。より好ましい各層の厚みは 1.0～2.0nm の範囲である。なお図3では各層の厚みが 1.46nm (14.6 オングストローム) の例を示している。

[0030]

また、積層体全体の厚みは 30～10000nm とする必要がある。というのは、積層体全体の厚みが 30nm に満たないと、積層体各層の界面で起こる電子移動遷移が少なくなるため正確な磁気光学効果の測定が難しく、一方 10000nm を超えると測定波長: 250～2500nm において十分な光の透過性が得られないからである。より好ましい積層体全体の厚みは 40～200nm の範囲である。なお、薄膜形成の能率を考慮すると積層体全体の厚みの上限は 100nm 程度とするのが有利である。

[0031]

上記のようにして得られた組成傾斜薄膜について、組成傾斜方向に沿って連続して磁気光学効果を測定することにより、かかるフェライトの組成変化に伴う磁気特性の変化を連続して測定することができる。

すなわち、磁気光学効果を測定すると、

- a) 磁気円二色性の大きさは薄膜の磁化の大きさに比例し、
- b) 磁気光学効果測定における保磁力は薄膜の保磁力に比例する

ので、この関係により、薄膜の磁化の大きさおよび保磁力を推定することができるのである。

[0032]

なお、本発明に従うフェライト組成傾斜薄膜の大きさについては特に制限はないが、長さ: 1～152.4mm、幅: 1～152.4mm 程度とすることが好ましい。1mm 未満であると薄膜の取扱性が困難になり、152.4mm を超えると膜組成の均一性に問題を生じるからである。

[実施例]

[0033]

実施例1

図1に示した薄膜形成装置を用い、 $\text{MgAl}_2\text{O}_4(111)$ 基板温度: 400°C 、酸素分圧: $1.33 \times 10^{-1} \text{Pa}$ ($1 \times 10^{-3} \text{Torr}$) の条件で、 $\text{MgAl}_2\text{O}_4(111)$ 基板(厚み: 0.5nm) 上に、図4に示すような、長さ: 12mm 、幅: 5mm 、厚さ: 70nm の $\text{Zn}_{1-x}\text{Co}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ ($0.00 \leq x \leq 1.00$) の組成傾斜薄膜をレーザアブレーション法(PLD法)を用いて形成した。4図の(a)は、PLD法を用いて作製した $\text{Zn}_{1-x}\text{Co}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ 組成傾斜薄膜の写真であり、同図の(b)は、この写真に基づいて組成傾斜状態をより明確に示した図である。

この $\text{Zn}_{1-x}\text{Co}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ 膜の形成のために使用したターゲットは、 CoO 粉末、 ZnO 粉末および Fe_2O_3 粉末を、 CoFe_2O_4 および ZnFe_2O_4 の化学量論比組成に一致するように各々の粉末量を調整し、混合して、放電プラズマ焼結(SPS(Spark Plasma Sintering))により作製したターゲットである。なお、この例では、厚みが 1.4nm の組成傾斜層を 50 層積層し、全体の厚みを 70nm とした。

以下、かくして得られた $\text{Zn}_{1-x}\text{Co}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ 組成傾斜薄膜の各種物性について調べた結果を説明する。

[0034]

図5の(a)は、上述のようにして得た $\text{Zn}_{1-x}\text{Co}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ 膜全面におけるX線回折パターンであり、同図の(b)および(c)はそれぞれ、 $\text{Zn}_{1-x}\text{Co}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ 膜と同様の条件で得られた ZnFe_2O_4 膜および CoFe_2O_4 膜のX線回折パターンを示したものである。

同図から明らかなように、 $\text{Zn}_{1-x}\text{Co}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ 膜は、 ZnFe_2O_4 と CoFe_2O_4 が互いに混じり合った積層構造をしていることが分かる。

[0035]

図6は、 $\text{Zn}_{1-x}\text{Co}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ 膜における各測定位置での d_{222} 値を示すグラフである。

同図に示したとおり、 $\text{Zn}_{1-x}\text{Co}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ 膜の組成傾斜方向を見ると、 x の減少に伴って d_{222} 値が増加しており、 $x=0$ では ZnFe_2O_4 膜と同じ d_{222} 値を、一方 $x=1$ では CoFe_2O_4 膜と同じ d_{222} 値を示すことが確認された。

[0036]

図7は、 $\text{Zn}_{1-x}\text{Co}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ 膜の原子レベルの表面凹凸を示す表面 AFM 像である。

同図から明らかなように、 $\text{Zn}_{1-x}\text{Co}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ 膜の表面には原子層ステップが等間隔で出現し、原子レベルで平坦な表面が形成されていることが分かる。

[0037]

図8は、 $\text{Zn}_{1-x}\text{Co}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ 膜の各測定位置における Zn, Co, Fe 組成比を示すグラフである。なお、組成比はエネルギー分散型X線分析装置で測定した。

同図に示したとおり、 $\text{Zn}_{1-x}\text{Co}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ 膜は、組成傾斜方向に Zn と Co の比率がほぼ直線的に変化していることが分かる。

[0038]

また、 $\text{Zn}_{1-x}\text{Co}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ 膜の作製時間を変化させることによって、その膜厚を、16nm(試料番号#1)、35nm(試料番号#2)および 70nm(試料番号#3)と種々に変化させた。

図9は、上記した3種類の $\text{Zn}_{1-x}\text{Co}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ 膜の透過スペクトルおよび反射スペクトルより求めた室温における吸収係数を、波長との関係で示すグラフである。

同図に示したとおり、 $\text{Zn}_{1-x}\text{Co}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ 膜の組成変化に伴い、スペクトルがシフトしていることが分かる。

しかしながら、試料番号#1は、膜厚が 16nm で、本発明の下限に満たなかったため、明瞭な磁気光学スペクトルが得られなかったのに対し、膜厚が本発明の適正範囲を満たす試料番号#2および試料番号#3では、明瞭な磁気光学スペクトルを得ることができた。

[0039]

図 10 は、 $\text{Zn}_{1-x}\text{Co}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ 膜の室温における各組成の磁気光学効果(磁気円二色性)の磁場依存性を、630nm の波長の光を用いて測定した結果である。

同図に示したとおり、 $\text{Zn}_{1-x}\text{Co}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ 膜の組成変化に伴い、磁気円二色性が変化していることが分かる。

[0040]

図 11 は、図 10 から読み取った、波長:630nm における磁気円二色性(MCD)および保磁力(Hc)の変化を組成変化に対して示した図である。

また、図 12 は、図 11 と同様に、波長:310nm における磁気円二色性(MCD)および保磁力(Hc)の変化について調べた結果を、組成変化に対して示した図である。

図 11 と図 12 を比較すると、MCD のプロットが注目値になる。

すなわち、 $\lambda = 630\text{nm}$ における測定では、 $x=1.0$ (CoFe_2O_4) の値が最も大きな MCD 値を示したのに対し、 $\lambda = 310\text{nm}$ における測定では、 $x=0.72$ ($\text{Zn}_{0.28}\text{Co}_{0.72}\text{Fe}_2\text{O}_4$) の値が最も大きな MCD 値を示している。この結果は、例えば 310nm の波長を利用した応用を考える場合には、30%程度 Zn がドーピングされた $\text{Zn}_{1-x}\text{Co}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ を利用することが好ましいことを示している。

また、 $x < 0.24$ の組成では、 $\lambda = 630\text{nm}$ では MCD 値がほぼゼロであるのに対し、 $\lambda = 310\text{nm}$ では $2500(\text{deg./cm})$ 以上の値を有していることも読み取ることができる。

なお、保磁力については、今回の波長依存性比較では、明瞭な差異は見られなかった。

[0041]

実施例2

$\text{MgAl}_2\text{O}_4(111)$ 基板上に、表 1 に示す ABFe_2O_4 組成の A サイト元素および B サイト元素が異なるスピネルフェライトを、表 2 に示すように種々に組み合わせて、 $\text{A}_{1-x}\text{B}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ ($0.00 \leq x \leq 1.00$) 組成の組成傾斜フェライト薄膜を形成した。このフェライト薄膜の形成は、実施例 1 の方法に準じて行った。また、この際、フェライト積層体の各層の厚みおよび全体厚みについては種々に変化させた。

かくして得られた各組成傾斜フェライト材料に対して、フェライト薄膜の組成傾斜方向に沿って連続して磁気光学効果を測定した際の磁気光学スペクトルの明瞭性、磁気光学効果の測定の可否および波長： $250 \sim 2500\text{nm}$ の光の透過性について調査した。得られた結果を表 2 に併記する。なお、明瞭な磁気光学スペクトルが得られた場合および適正に磁気光学効果を測定できた場合は○で、一方、明瞭な磁気光学スペクトルが得られなかった場合および適正に磁気光学効果を測定できなかった場合は×で評価した。特に I-1 のケース ($\text{Zn}_{1-x}\text{Co}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$; 各層の膜厚が 1.4nm 、全体厚が 70nm) では、磁気光学効果の測定が最も良好に行なえたので、I-1 内の相対的な評価を◎とした。

[0042]

[表1]

表1

符号	Aサイト元素	Bサイト元素	化学式
I	Zn	Fe	ZnFe_2O_4
II	Cu	Fe	CuFe_2O_4
III	Mg	Fe	MgFe_2O_4
1	Co	Fe	CoFe_2O_4
2	Mn	Fe	MnFe_2O_4
3	Fe	Fe	Fe_3O_4
4	Ni	Fe	NiFe_2O_4

[0043]

[表2]

表2

組み合わせ	傾斜組成	積層体の膜厚		光学磁気スペクトルの明瞭性	磁気光学効果の測定の可否	波長:250~2500nmの光の透過率(最大値)(%)	備考
		各層(nm)	全体厚(nm)				
I-1	$Zn_{1-x}Co_xFe_2O_4$	1.4	70	○	◎	80	発明例
		0.8	72	○	○	80	発明例
		4.0	72	○	○	80	発明例
		1.4	35	○	○	83	発明例
		1.4	200.2	○	○	68	発明例
		0.5	70	×	×	80	比較例
		5.0	70	×	×	80	比較例
		1.4	21	○	×	84	比較例
		1.4	14980	○	×	0	比較例
		1.4	70	○	○	80	発明例
I-2	$Zn_{1-x}Mn_xFe_2O_4$	1.4	70	○	○	80	発明例
I-3	$Zn_{1-x}Fe_xFe_2O_4$	1.4	70	○	○	80	発明例
I-4	$Zn_{1-x}Ni_xFe_2O_4$	1.4	70	○	○	80	発明例
II-1	$Cu_{1-x}Co_xFe_2O_4$	1.4	70	○	○	80	発明例
II-2	$Cu_{1-x}Mn_xFe_2O_4$	1.4	70	○	○	80	発明例
II-3	$Cu_{1-x}Fe_xFe_2O_4$	1.4	70	○	○	80	発明例
II-4	$Cu_{1-x}Ni_xFe_2O_4$	1.4	70	○	○	80	発明例
III-1	$Mg_{1-x}Co_xFe_2O_4$	1.4	70	○	○	80	発明例
III-2	$Mg_{1-x}Mn_xFe_2O_4$	1.4	70	○	○	80	発明例
III-3	$Mg_{1-x}Fe_xFe_2O_4$	1.4	70	○	○	80	発明例
III-4	$Mg_{1-x}Ni_xFe_2O_4$	1.4	70	○	○	80	発明例

[0044]

表2に示したとおり、本発明の要件を満足する発明例はいずれも、明瞭な磁気光学スペクトルが得られ、適正に磁気光学効果を測定できたのに対し、フェライト積層体の各層の厚みや全体厚みが本発明の要件を逸脱した比較例では、明瞭な磁気光学スペクトルを得ることができず、その結果適正な磁気光学効果の測定も行えなかった。

[0045]

実施例3

MgAl₂O₄(111)基板の上に、実施例1の方法に準じて、A₂(Zn_{2-x}Co_x)Fe₁₂O₂₂ (0.00 ≤ x ≤ 2.00) 組成になるY型六方晶組成傾斜フェライト薄膜を形成した。得られたY型六方晶組成傾斜フェライト薄膜の各層の厚みは4.5nm、積層数:16層、全体厚み:72nmである。ターゲットとしてFe₂O₃粉末とBaCO₃粉末とZnO粉末またはCoO粉末をそれぞれ所定量混合し、電気炉で焼結してBa₂Zn₂Fe₁₂O₂₂とBa₂Co₂Fe₁₂O₂₂を作製した。なお、基板温度は800°C、酸素分圧は1.33 × 10⁻¹ Pa (1 × 10⁻³ Torr)とした。

かくして得られたY型六方晶組成傾斜フェライト材料に対して、フェライト薄膜の組成傾斜方向に沿って連続して磁気光学効果を測定した際の磁気光学スペクトルの明瞭性および磁気光学効果の測定の可否について調査したところ、明瞭な磁気光学スペクトルが得られ、その結果、磁気光学効果の測定も好適に実施することができた。

[産業上の利用可能性]

[0046]

本発明によれば、フェライトの成分組成の変化に伴う磁気特性の変化を、迅速かつ簡便かつ正確に判定することができるので、本発明に従って、多成分の組成傾斜薄膜を作製し、その磁気光学効果特性の組成依存性を判定することにより、磁場や波長に応じた最適の組成を選択することができる。

従って、多数のサンプルの作製および材料物性のデータ測定を迅速に行うことが可能となり、その結果、材料設計および部品・デバイスへの応用の迅速化が期待できる。

[符号の説明]

[0047]

1 チャンバー

- 2 基板
- 3 ターゲット
- 4 光発振部
- 5 反射鏡
- 6 レンズ
- 7 半導体レーザー
- 8 放射温度計
- 9 調整弁
- 10 ターボ分子ポンプ
- 11 圧力弁
- 12 油回転ポンプ
- 13 逆流防止弁
- 14 圧力モニタ
- 15 マスク
- 16 回転軸

請求の範囲

[請求項1]

透光性を有する単結晶基板の上に、成分組成を水平方向に傾斜させて製膜した組成傾斜フェライト薄膜をそなえる磁気特性評価用の組成傾斜フェライト材料であって、

該組成傾斜フェライト薄膜は、単結晶基板の水平方向に成分組成を傾斜させて製膜した組成傾斜フェライト層の積層体からなり、

該組成傾斜フェライト層の各層の厚みが 0.8～4.5nm で、かつ積層体全体の厚みが 30～10000nm であることを特徴とする磁気光学効果特性測定用の組成傾斜フェライト材料。

[請求項2]

前記フェライトが、下記の一般式でそれぞれ示されるスピネルフェライト、Y型六方晶フェライトまたはガーネットフェライトのいずれかであることを特徴とする請求項1に記載の組成傾斜フェライト材料。

記

・スピネルフェライト

一般式： $A_{1-x}B_xFe_2O_4$ ($0.00 \leq x \leq 1.00$)

ここで、A、Bはそれぞれ、Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Mg, Al, Ga および In のうちから選んだ一種または二種以上の元素。但し、 $A \neq B$ 。

・Y型六方晶フェライト

一般式： $A_2(B1_xB2_y)Fe_{12}O_{22}$ ($0.00 \leq x \leq 2.00$, $0.00 \leq y \leq 2.00$, $x+y=2.00$)

ここで、Aは Ba および／または Sr、B1、B2 はそれぞれ、Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Mg, Al, Ga および In のうちから選んだ一種または二種以上の元素。但し、 $B1 \neq B2$ 。

・ガーネットフェライト

一般式： $(Bi_xR_{3-x})(Fe_{5-y}M_y)O_{12}$ ($0.00 \leq x \leq 1.60$, $0.00 \leq y \leq 1.00$)

ここで、Rは Sc, Y および希土類元素のうちから選んだ一種または二種以上の元素、Mは Ga および／または Al。

[請求項3]

前記単結晶基板が、 $\text{MgAl}_2\text{O}_4(111)$ 基板または $\text{Al}_2\text{O}_3(0006)$ 基板であることを特徴とする請求項1または2に記載の組成傾斜フェライト材料。

[請求項4]

前記単結晶基板の透過性が、基板の厚みを 0.5mm とした場合、波長: 250~2500nm の光の透過率で 70%以上を満足することを特徴とする請求項1乃至3のいずれかに記載の組成傾斜フェライト材料。

[請求項5]

透光性を有する単結晶基板上に、薄膜形成法を用いて、成分組成を水平方向に傾斜させて製膜した複数層の組成傾斜フェライト層からなる組成傾斜フェライト薄膜を形成し、該フェライト薄膜の組成傾斜方向に沿い連続して磁気光学効果を測定することにより、該フェライトの組成変化に伴う磁気特性の変化を連続して測定することを特徴とするフェライトの特性評価方法。

[請求項6]

前記フェライトが、下記の一般式でそれぞれ示されるスピネルフェライト、Y型六方晶フェライトまたはガーネットフェライトのいずれかであることを特徴とする請求項5に記載のフェライトの特性評価方法。

記

・スピネルフェライト

一般式: $\text{A}_{1-x}\text{B}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ ($0.00 \leq x \leq 1.00$)

ここで、A, Bはそれぞれ、Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Mg, Al, Ga および In のうちから選んだ一種または二種以上の元素。但し、 $A \neq B$ 。

・Y型六方晶フェライト

一般式: $\text{A}_2(\text{B}_1\text{B}_2)\text{Fe}_{12}\text{O}_{22}$ ($0.00 \leq x \leq 2.00$, $0.00 \leq y \leq 2.00$, $x+y=2.00$)

ここで、Aは Ba および/または Sr、B1, B2 はそれぞれ、Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Mg, Al, Ga および In のうちから選んだ一種または二種以上の元素。但し、 $B1 \neq B2$ 。

・ガーネットフェライト

一般式: $(\text{Bi}_x\text{R}_{3-x})(\text{Fe}_{5-y}\text{M}_y)\text{O}_{12}$ ($0.00 \leq x \leq 1.60$, $0.00 \leq y \leq 1.00$)

ここで、Rは Sc, Y および希土類元素のうちから選んだ一種または二種以上の元素、
Mは Ga および／または Al。

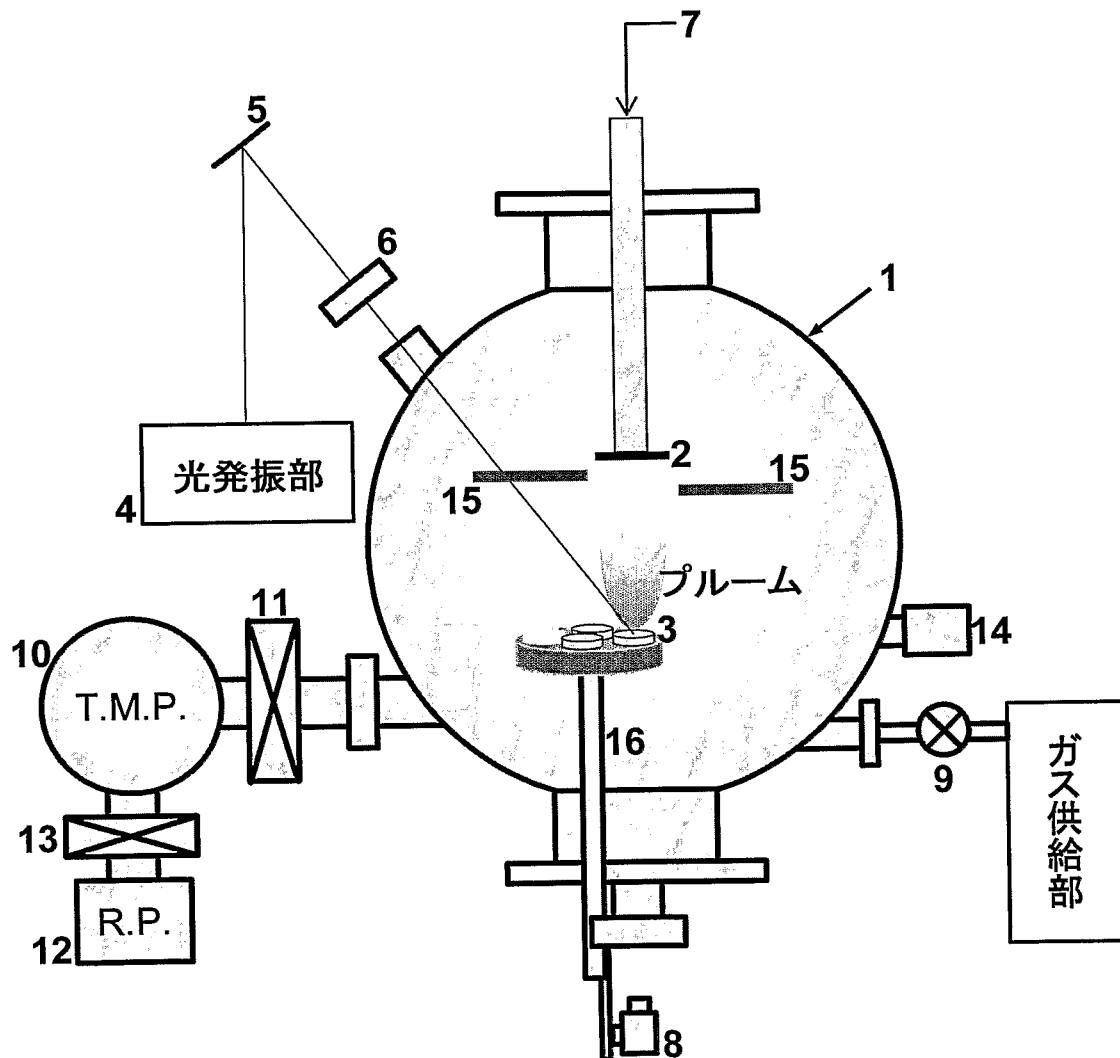
[請求項7]

前記単結晶基板が、 MgAl_2O_4 (111)基板または Al_2O_3 (0006)基板であることを特徴とする
請求項5または6に記載のフェライトの特性評価方法。

[請求項8]

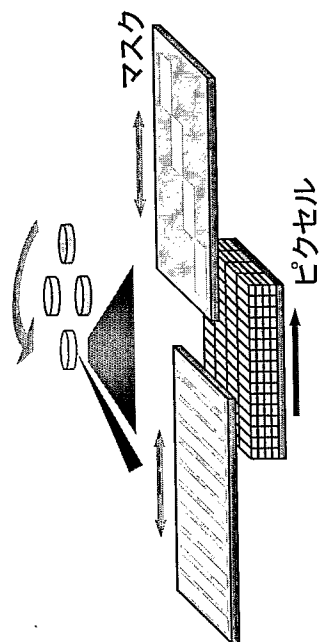
前記薄膜形成法が、レーザアブレーション法(PLD法)、ALD法、CVD法、蒸着法または
スパッタリング法のいずれかであることを特徴とする請求項5乃至7のいずれかに記
載のフェライトの特性評価方法。

[図 1]

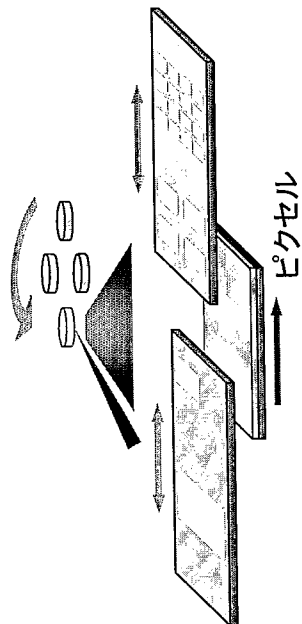


[図 2]

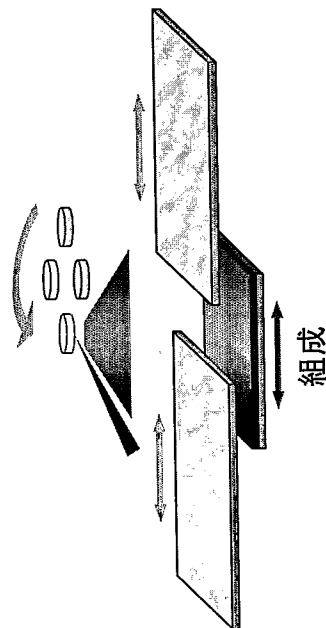
(a)超格子パラルル集積化



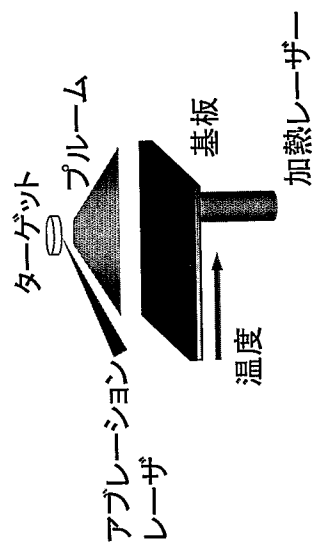
(b)組成変調集積化



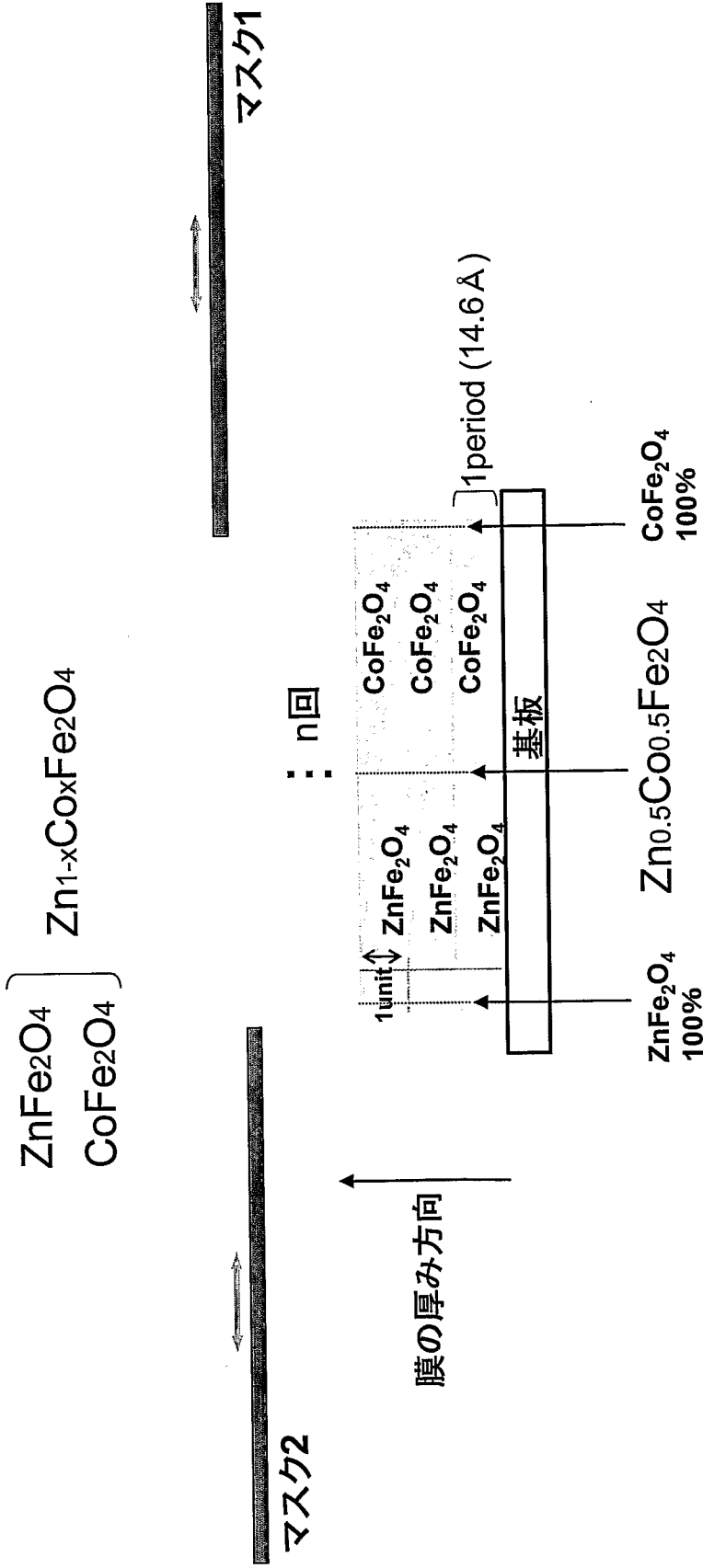
(c)組成傾斜



(d)合成温度傾斜

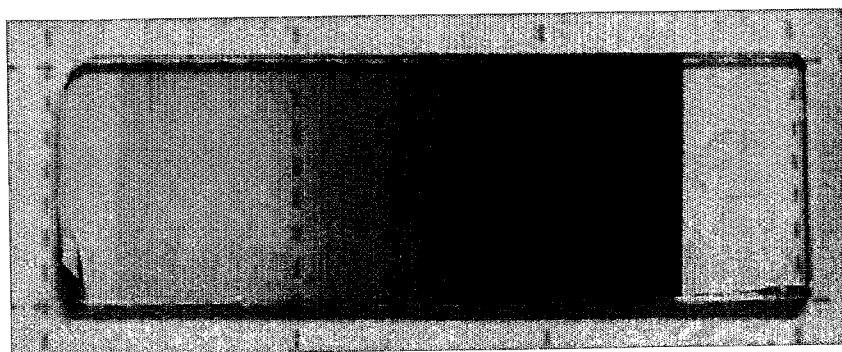


[図 3]

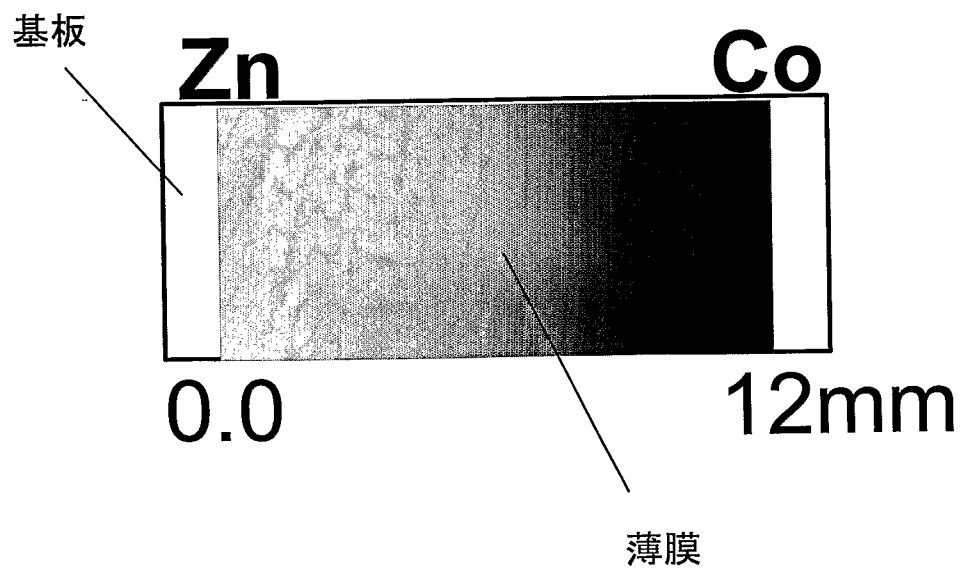


[図 4]

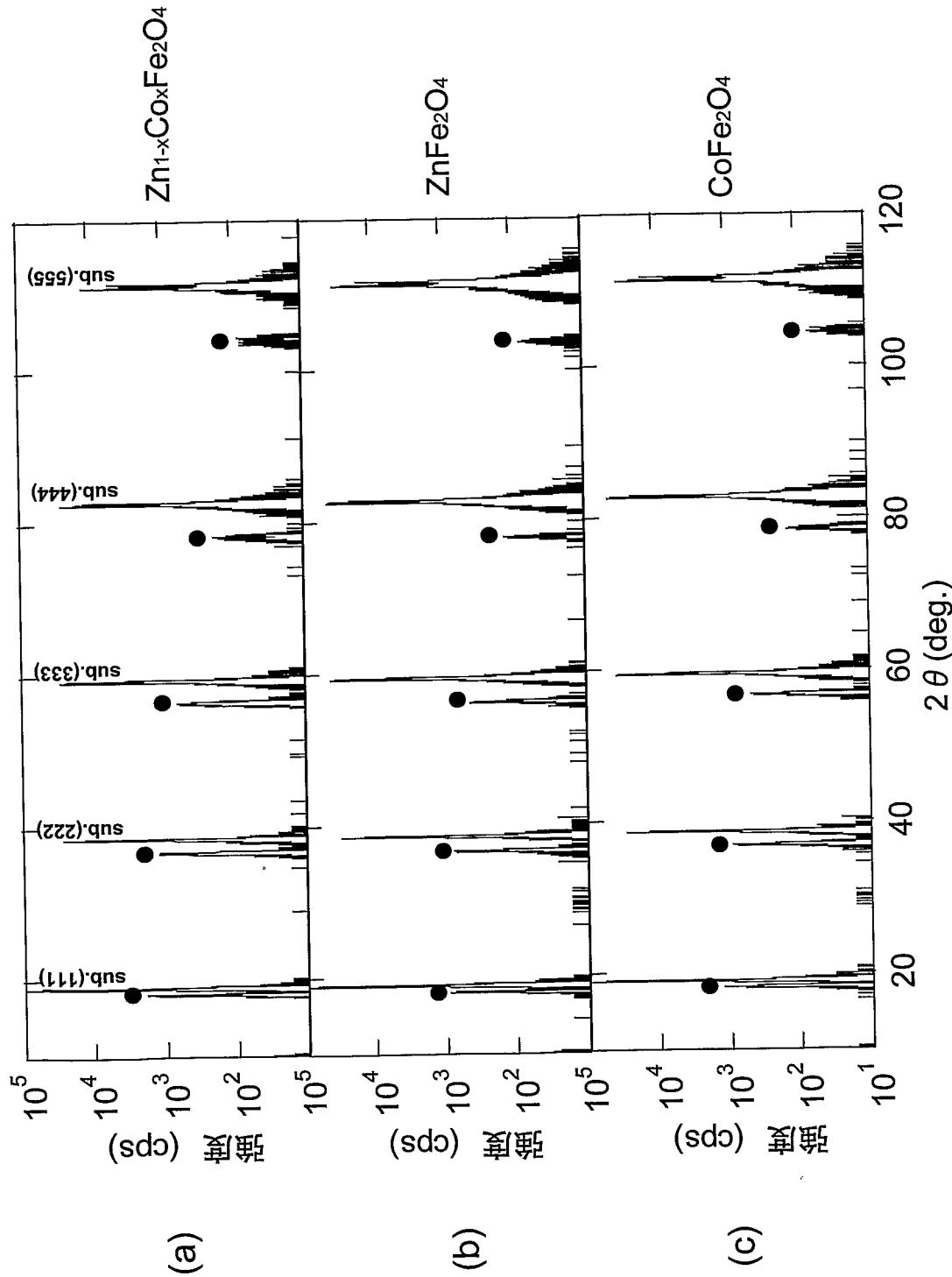
(a)



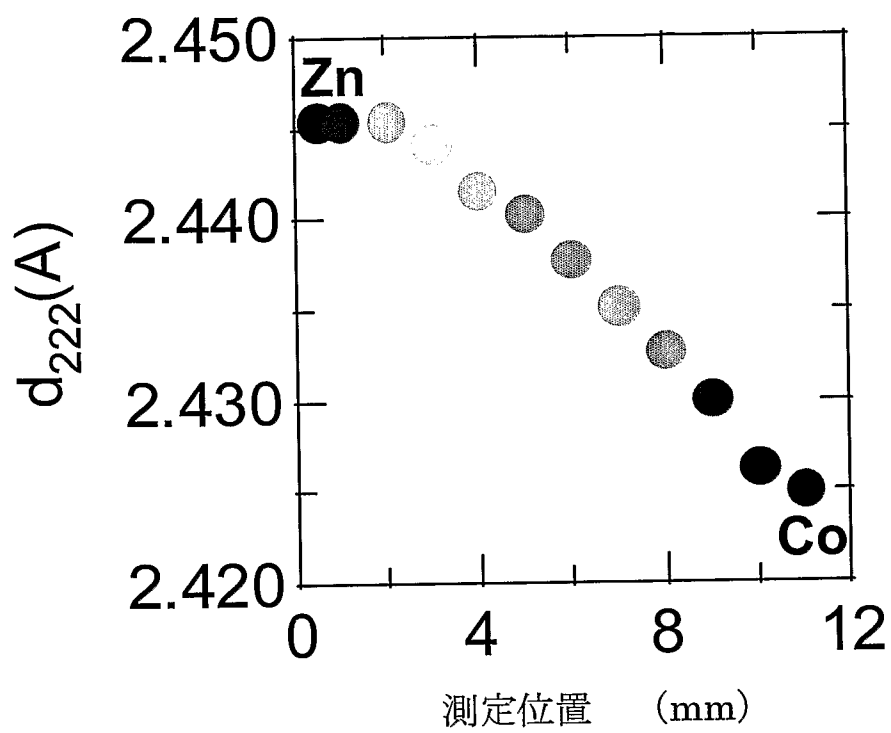
(b)



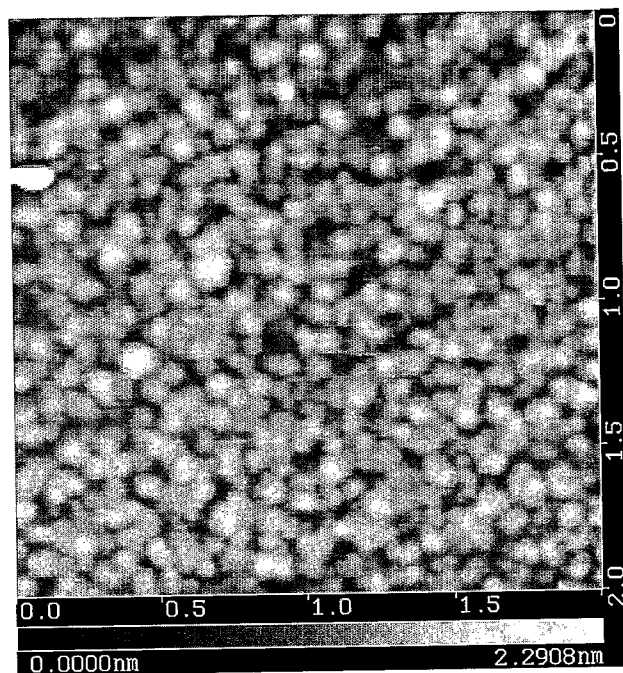
[図 5]



[図 6]

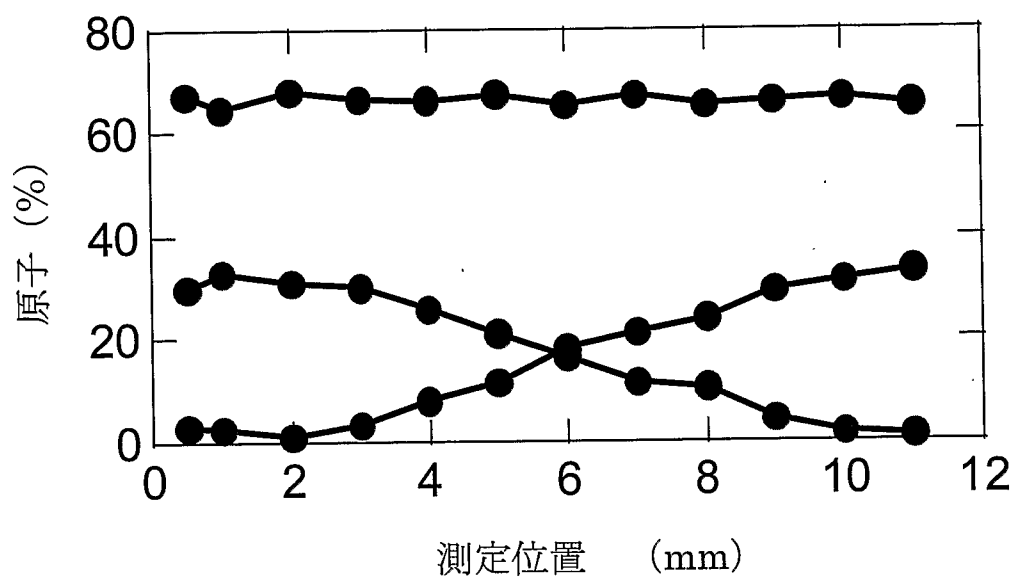


[図 7]

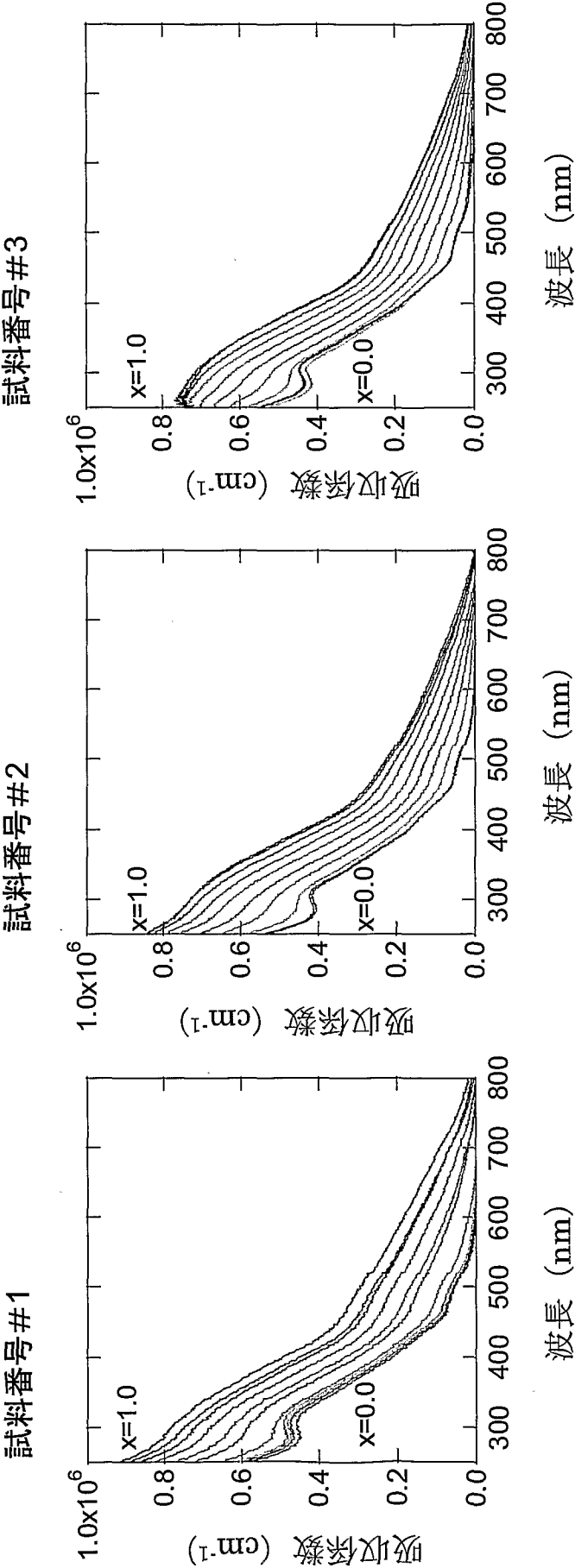


1 μ m

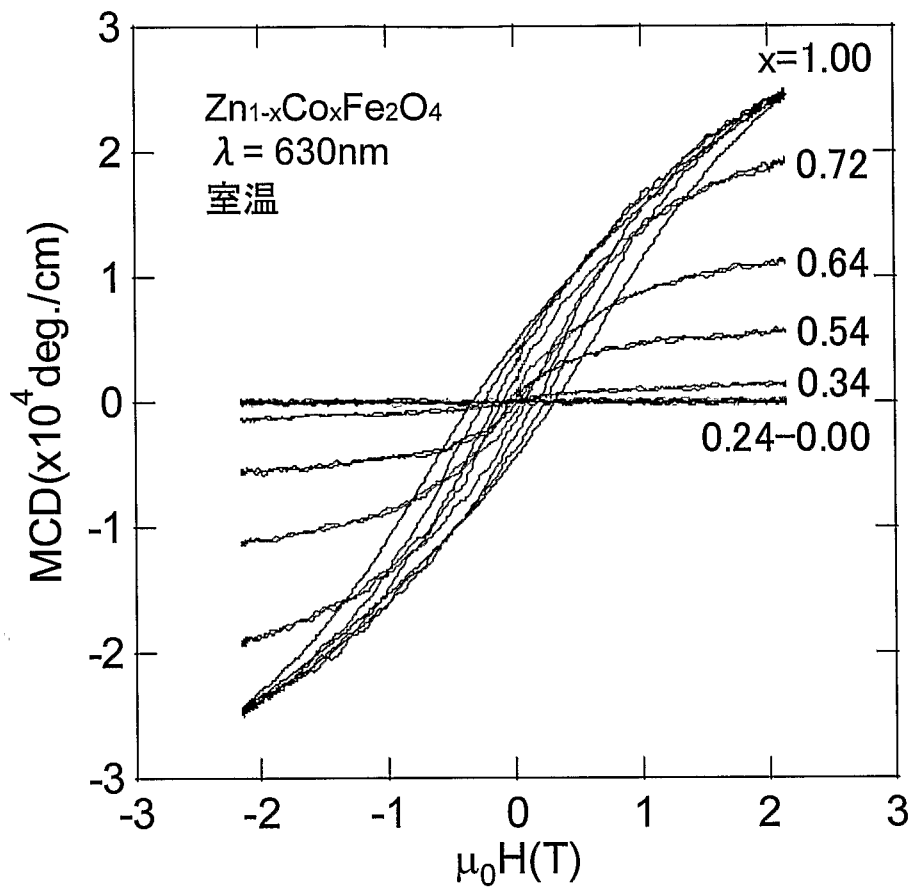
[図 8]



[図 9]

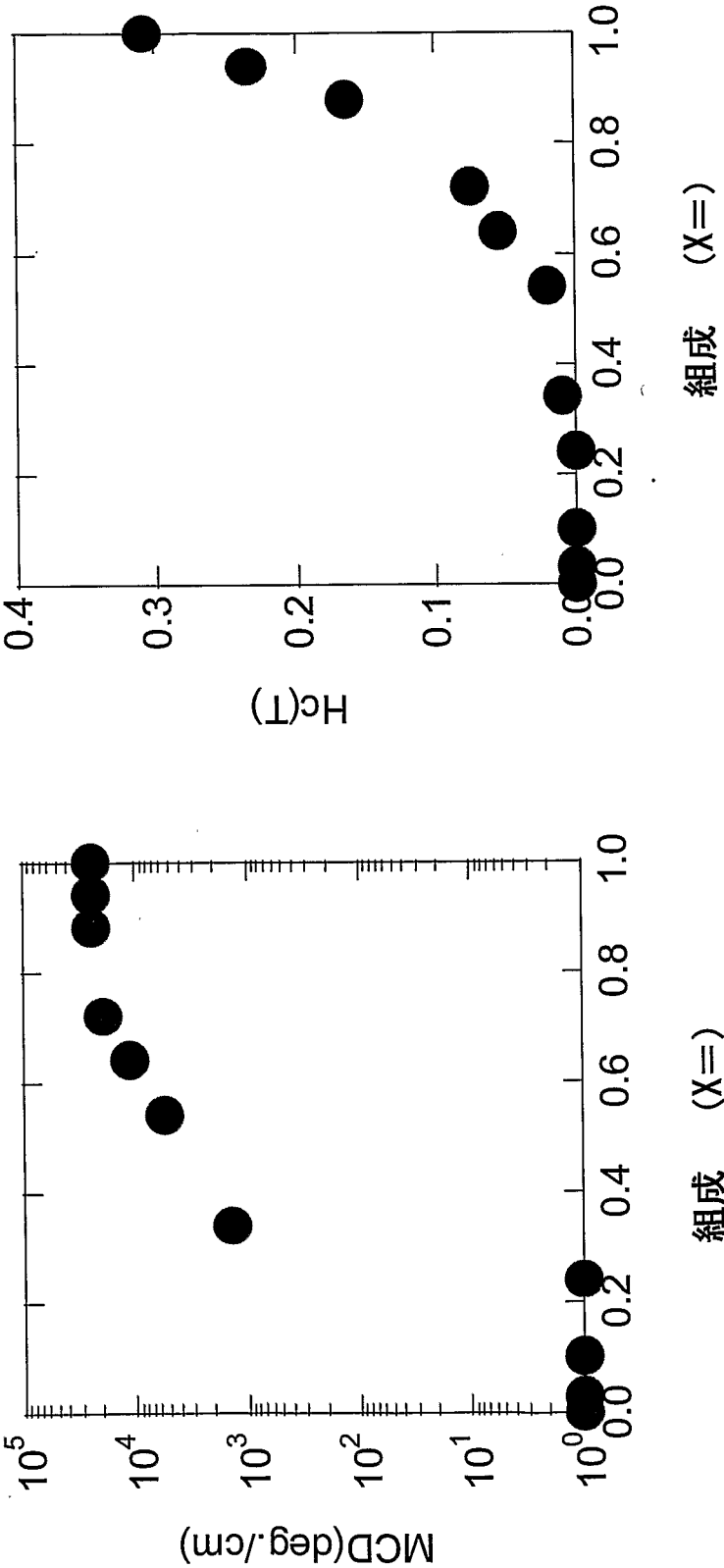


[図 10]



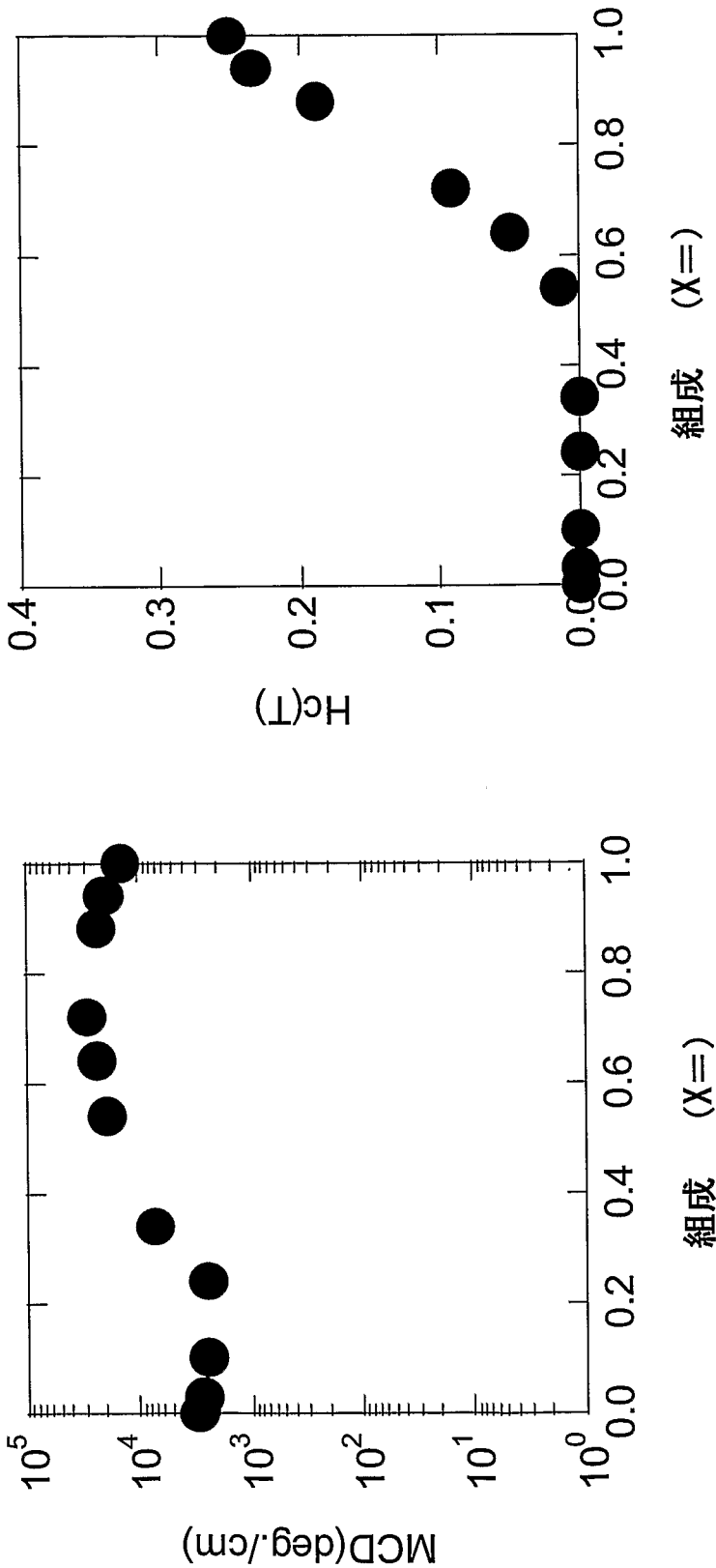
[図 11]

$\text{Zn}_{1-x}\text{Co}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$
 $\lambda = 630\text{nm}$
室温



[図 1 2]

$\text{Zn}_{1-x}\text{Co}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$
 $\lambda = 310\text{nm}$
室温



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/054722

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01F10/20(2006.01)i, H01F41/18(2006.01)i, H01F41/20(2006.01)i, H01F41/22(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)

H01F10/20, H01F41/18, H01F41/20, H01F41/22

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)

Science Direct

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	X.R. Zhaoa, W.-Q. Lu, S. Okazaki, Y. Konishi, K. Akahane, T. Ishibashi, K. Sato, Y. Matsumoto, H. Koinuma and T. Hasegawa, High-throughput characterization of BixY3-xFe5O12 combinatorial thin films by magneto-optical imaging technique, Applied Surface Science, 2006.01.31, Volume 252, Issue 7, 2628-2633	1-2, 4-6, 8 3, 7
Y	JP 2000-267057 A (Ricoh Co., Ltd.), 29 September 2000 (29.09.2000), paragraphs [0038], [0041]; fig. 1 (Family: none)	3, 7

☐ 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
26 May, 2010 (26.05.10)Date of mailing of the international search report
08 June, 2010 (08.06.10)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. H01F10/20(2006.01)i, H01F41/18(2006.01)i, H01F41/20(2006.01)i, H01F41/22(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. H01F10/20, H01F41/18, H01F41/20, H01F41/22

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）

Science Direct

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	X. R. Zhaoa, W. -Q. Lu, S. Okazaki, Y. Konishi, K. Akahane, T. Ishibashi, K. Sato, Y. Matsumoto, H. Koinuma and T. Hasegawa, High-throughput characterization of BixY3-xFe5012 combinatorial thin films by magneto-optical imaging technique, Applied Surface Science, 2006.01.31, Volume 252, Issue 7, 2628-2633	1-2, 4-6, 8 3, 7
Y	JP 2000-267057 A (株式会社リコー) 2000.09.29, 段落【0038】, 【0041】, 【図1】（ファミリーなし）	3, 7

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 6 . 0 5 . 2 0 1 0

国際調査報告の発送日

0 8 . 0 6 . 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）

小池 秀介

5 R

4 4 4 3

電話番号 03-3581-1101 内線 3565