

(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 9 月 23 日(23.09.2010)

(10) 国際公開番号
WO 2010/107073 A1

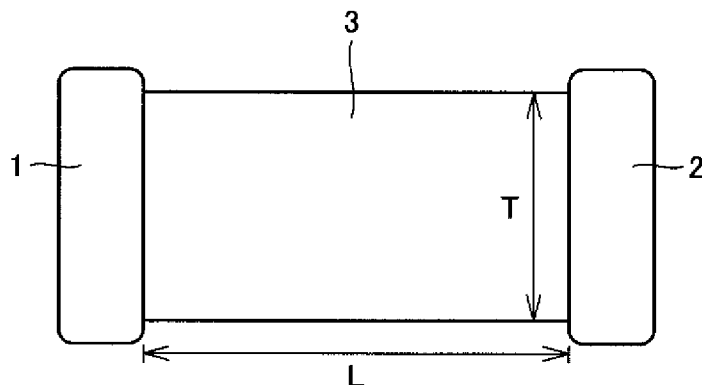
PCT

- (51) 国際特許分類:
H01L 43/00 (2006.01) *G01R 33/02* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2010/054588
- (22) 国際出願日: 2010 年 3 月 17 日(17.03.2010)
- (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 2009-067814 2009 年 3 月 19 日(19.03.2009) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社村田製作所(MURATA MANUFACTURING CO., LTD.) [JP/JP]; 〒6178555 京都府長岡京市東神足 1 丁目 10 番 1 号 Kyoto (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 廣瀬 左京 (HIROSE, Sakyo) [JP/JP]; 〒6178555 京都府長岡京市東神足 1 丁目 10 番 1 号 株式会社村田製作所内 Kyoto (JP).
- (74) 代理人: 深見 久郎, 外(FUKAMI, Hisao et al.); 〒5300005 大阪府大阪市北区中之島二丁目 2 番 7 号 中之島セントラルタワー 22 階 深見特許事務所 Osaka (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, 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, 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 (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).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: MAGNETIC IMPEDANCE ELEMENT, AND MAGNETIC SENSOR USING SAME

(54) 発明の名称: 磁気インピーダンス素子およびそれを用いた磁気センサ

[図1]



(57) Abstract: A magnetic impedance element capable of obtaining a large magnetic impedance effect at room temperature or higher. The magnetic impedance element is provided with a ceramic body (3) represented by the chemical formula $\text{Sr}_{2-x}\text{Ba}_x\text{Fe}_y\text{Mo}_z\text{O}_6$ ($0.8 \leq x \leq 2.0$, $y+z=2$), and at least two electrode terminals (1, 2) provided at the two ends of the ceramic body (3).

(57) 要約: 室温以上で大きな磁気インピーダンス効果を得ることが可能な磁気インピーダンス素子を提供するために、磁気インピーダンス素子は、化学式が $\text{Sr}_{2-x}\text{Ba}_x\text{Fe}_y\text{Mo}_z\text{O}_6$ ($0.8 \leq x \leq 2.0$, $y+z=2$) で示されるセラミックス素体 (3) と、セラミックス素体 (3) の両側に設けられた少なくとも 2 つの電極端子 (1, 2) とを備える。

WO 2010/107073 A1

明 細 書

発明の名称：

磁気インピーダンス素子およびそれを用いた磁気センサ

技術分野

[0001] この発明は、磁気インピーダンス素子およびそれを用いた磁気センサに関し、より特定的には、ストロンチウム、バリウム、鉄およびモリブデンを含む磁気インピーダンス素子およびそれを用いた磁気センサに関するものである。

背景技術

[0002] 従来、磁場を検知できる素子は、たとえば特開平 1 1 - 2 8 4 2 4 9 号公報（特許文献 1）、特開平 1 1 - 1 0 9 0 0 6 号公報（特許文献 2）および特開 2 0 0 0 - 1 7 4 3 5 9 号公報（特許文献 3）に開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献 1：特開平 1 1 - 2 8 4 2 4 9 号公報
特許文献 2：特開平 1 1 - 1 0 9 0 0 6 号公報
特許文献 3：特開 2 0 0 0 - 1 7 4 3 5 9 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 特許文献 1 では、請求項 1 において、一般式 $A_2B B' O_6$ で表わされるペロブスカイト型結晶構造をとり、ペロブスカイト型結晶構造中の A サイトを占める A 原子が Sr 、同じく B サイトを占める B 原子および B' 原子が Fe および Mo であり、なおかつ、 Fe および Mo 原子がペロブスカイト型結晶構造中の B サイトを交互に占有した二重整列ペロブスカイト型結晶構造であって、負の磁気抵抗特性を示す酸化物結晶体である二重整列ペロブスカイト構造の材料からなる磁気抵抗素子が開示されている。また、請求項 2 では、B サイト内における Mo 原子および Fe 原子の整列の度合いが 20% 以上である

ことを特徴とする二重整列ペロブスカイト構造の材料からなる磁気抵抗素子が開示されている。

[0005] 特許文献1では、低温にて巨大な磁気抵抗変化率が得られるが、強磁性転移温度が高いにもかかわらず、室温付近やそれ以上の温度では変化率が小さく、大きな磁場が必要であるという問題があった。

[0006] 特許文献2では、小型で低コスト、かつ、検出磁場に対する出力の直線性、温度特性に優れた高感度磁気センサを提供することを目的とし、薄膜磁気コアの周囲に絶縁物層を介してバイアスコイルおよび負帰還コイルを巻回した構造を有し、この構造により磁気センサの小型化および量産化を可能としている。上記の2つのコイルを薄膜コイルで構成すると効率が上がるため、少ない電流で必要なバイアス磁場が得られまた少ない負帰還量で磁場に対する出力の直線性の改善が可能になる。

[0007] 上記薄膜磁気コアは、NiFe、CoFeNiのめっき膜、あるいはCoZrNb、FeSiB、CoSiBのアモルファススパッタ膜、NiFeスパッタ膜により形成されている。

[0008] しかしながら、特許文献2では、低磁場の応答性は非常に優れているが、磁場のセンシング範囲が狭く、また、低磁場ではインピーダンスが正の変化を示し、高磁場で負のインピーダンス変化を示すことから使用できる範囲が限られている。

[0009] 特許文献3では、Sr、Ba、Fe、Mo酸化物を用いたTMR (tunneling magnetoresistance) 素子が開示されている。

[0010] しかしながら、特許文献3では、低温で低磁場でしか働かず、センシング範囲が狭いという問題があった。

[0011] CMR (Colossal magnetoresistance) 材料を用いることにより、これまでにない巨大な磁気抵抗変化を実現することができるが、動作温度が低温に限られ、大きな変化を得るためには数Tオーダの強い磁場が必要であり、実使用温度、磁場を検知するためのセンサとしては使用することができない。また、一方で、低磁場応答可能な磁気センサとしては、TMR (tunneling m

agnetoresistance)、AMR (anisotropic magnetoresistance)、GMR (giant magnetoresistance) そしてMI (magnetoimpedance) デバイスなどが既に実用化されており、これらは酸化物ではなく金属の強磁性体や半導体を使用している。非常に低磁場に応答可能である一方で、その磁場の検出範囲が狭いという問題があり、また強い磁場によりすぐに飽和しヒステリシスが発生してしまうなどの問題があり、低磁場から比較的高磁場にかけて動作する磁気センサデバイスが望まれていた。

[0012] そこで、この発明は上述のような問題点を解決するためになされたものであり、動作範囲の広い磁気インピーダンス素子およびそれを用いた磁気センサを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0013] この発明に従った磁気インピーダンス素子は、化学式 $Sr_{2-x}Ba_xFe_yMo_zO_6$ ($0.8 \leq x \leq 2.0$, $y+z=2$) で表わされるセラミックス素体と、セラミックス素体に設けられた少なくとも2つの外部電極端子とを備える。

[0014] このように構成された磁気インピーダンス素子では、室温以上で、大きな磁気インピーダンス変化率が得られる。

[0015] 好ましくは、 $0.8 \leq x \leq 1.7$ である。

好ましくは、セラミックス素体が化学式 $Sr_{2-x}Ba_xFe_yMo_zO_6$ ($0.8 \leq x \leq 1.7$, $y+z=2$, $0.9 \leq y/z \leq 1.1$) で示される。

[0016] 好ましくは、セラミックス素体の長さLと厚みTとの比率 (L/T) またはLと幅Wの比率 (L/W) のどちらか大きい方が1.5以上である。

[0017] この場合、より優れた低磁場応答性およびばらつきを低減することができる。

好ましくは、外部電極端子間を短絡する導体をさらに備える。

[0018] 好ましくは、この発明に従った磁気センサは、上述のいずれかの磁気インピーダンス素子を用いる。

[0019] セラミックス材料組成を化学式 $Sr_{2-x}Ba_xFe_yMo_zO_6$ ($0.8 \leq x \leq 2.0$, $y+z=2$) の範囲内とすることにより、500 G (0.05 T) の

磁場で20%以上の大きな磁気インピーダンス(MI)変化率を得ることが可能となる。さらに、組成を最適化することにより、携帯電話などで使用される電子部品の保証温度である85℃より高い T_c を有しながら500Gの磁場で20%と大きなMI変化率を実現することが可能となる。

[0020] さらに、デバイス構造(L/T、L/W)を最適化することにより、反磁場成分を低減し、低磁場応答特性を改善でき、さらに貫通する導体を形成することにより、静電容量成分を低減し、MI変化率の向上およびばらつき抑制を実現することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0021] [図1]この発明の実施の形態1に従った磁気インピーダンス素子の断面図である。

[図2]この発明の実施の形態2に従った磁気インピーダンス素子の断面図である。

[図3]試料番号1において、1000Gの磁場中でのインピーダンス特性を示すグラフである。

[図4]試料番号1において、500Gの磁場中でのインピーダンス特性を示すグラフである。

[図5]試料番号9における、500Gの磁場中でのインピーダンス特性を示すグラフである。

[図6]貫通導体の有無と、500Gの磁場中でのMI変化率との関係を示すグラフである。

[図7]試料番号7において、磁場を変化させた状態におけるMI変化率の推移を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0022] 以下、この発明の実施の形態について、図面を参照して説明する。なお、以下の実施の形態では同一または相当する部分については同一の説明をし、その説明については繰返さない。

[0023] (実施の形態1)

図 1 は、この発明の実施の形態 1 に従った磁気インピーダンス素子の断面図である。図 1 を参照して、この発明の実施の形態 1 に従った磁気インピーダンス素子は、セラミックス素体 3 と、セラミックス素体 3 の両側に設けられた端子電極 1, 2 とを有する。セラミックス素体 3 は、化学式が式 $Sr_{2-x}Ba_xFe_yMo_zO_6$ ($0.8 \leq x \leq 2.0$ 、好ましくは、 $0.8 \leq x \leq 1.7$ で、かつ $0.9 \leq y/z \leq 1.1$, $y+z=2$) で示される。

[0024] また、端子電極 1, 2 間の距離（セラミックス素体 3 の長さ） L と、セラミックス素体 3 の厚み T との比率 L/T と、厚みおよび長さに直交する方向の幅 W （図 1 では示さず）と長さ L との比率 L/W のどちらか大きい方が 1.5 以上であることが望ましい。

[0025] （実施の形態 2）

図 2 は、この発明の実施の形態 2 に従った磁気インピーダンス素子の断面図である。図 2 を参照して、この発明の実施の形態 2 に従った磁気インピーダンス素子では、電極端子 1, 2 間に貫通導体 4 が設けられている点で、実施の形態 1 に従った磁気インピーダンス素子と異なる。図 2 で示すように、実施の形態 2 に従った磁気インピーダンス素子では、電極端子 1, 2 間に貫通導体 4 が設けられているため、電極端子 1, 2 間の容量を低減させることができ、容量成分を低減させることができる。

[0026] （実施例 1）

セラミックス材料は、固相反応法で作製し、磁気インピーダンス（MI）素子は、一般的なシート積層方法で作製した。

[0027] セラミックス材料は出発原料として、炭酸バリウム（ $BaCO_3$ ）、炭酸ストロンチウム（ $SrCO_3$ ）、酸化鉄（ Fe_2O_3 ）、酸化モリブデン（ MoO_6 ）を使用し、焼成後所望の組成となるように秤量し、PSZ ボール、エタノール、分散剤とともにポットに投入し、粉碎および混合を 24 時間行なった。粉碎混合の後、温度 $80^\circ C$ の温水を用いてエタノールを蒸発させ、乾燥粉末を得た。その後、大気中で温度 $800^\circ C$ で 4 時間の仮焼を行ない、シート成形用の原料を得た。このときは単相の $(Sr, Ba)_2(Fe, Mo)_2O_6$ は

形成されていない。

- [0028] 次に、評価デバイスの作製方法について説明する。シート原料粉、バインダ、可塑剤、エタノール、トルエン、分散剤をP S Z（部分安定化ジルコニア）ボールとともにポットに調合、粉碎混合を行ないシート形成のスラリーを作製した。スラリーをドクターブレード法で厚み約 $50\mu\text{m}$ のグリーンシートを成形し、その後、所定のサイズにシートを切断した。内部に貫通導体を挿入する場合は、切断したグリーンシート上にP d 導体ペーストをスクリーン印刷法で塗布し、その後乾燥させたものを挿入した。
- [0029] グリーンシートを所定の形状になるように積層および圧着処理を行ない、所定の大きさになるようにカットし、グリーンチップを形成した。
- [0030] その後、温度 $400\sim 450^{\circ}\text{C}$ の大気中で脱バインダ処理を行ない、温度 $1100\sim 1250^{\circ}\text{C}$ 、 $\text{N}_2\text{--H}_2\text{O--H}_2$ 雰囲気中で12時間焼成を行ない、 $(\text{Sr}, \text{Ba})_2(\text{Fe}, \text{Mo})_2\text{O}_6$ で形成されるセラミックス素体を得た。その後、L方向にA g 系外部電極を塗布および形成し、温度 700°C で $\text{N}_2\text{--H}_2$ 雰囲気で焼付け処理を行ない評価用試料を作製した。図1がこの方法で作製した試料である。この実施例では、貫通する導体の入っていない、2端子の素子であり、その素子寸法は $L: 2.0\text{mm}$ 、 $W: 1.2\text{mm}$ 、 $T: 0.8\text{mm}$ ($L/T=2.5$)であった。
- [0031] 次に、本発明の実施例に従ったサンプルにおける効果を調べるために行なった特性試験方法について説明する。作製した試料は、インピーダンスアナライザ（HP4294A）と電磁石を用いて、磁場なしおよび磁場中のインピーダンス特性を測定した。なお、磁場は2端子が形成されたL方向と平行に印加して測定を行なった。このとき、用意した試料の組成を表1に示す。
- [0032]

[表1]

	試料 番号	組成 (x)	磁気インピーダンス変化率 (%)		強磁性転移温度
		$\text{Sr}_{2-x}\text{Ba}_x\text{FeMoO}_6$	at1000G	at500G	$T_c(^{\circ}\text{C})$
*	1	0	78	0	151
*	2	0.5	80	0	—
	3	0.8	78	8	140
	4	1	84	25	132
	5	1.2	85	24	125
	6	1.4	80	21	111
	7	1.5	81	22	109
	8	1.6	85	26	102
	9	1.7	88	33	89
	10	1.8	80	34	81
	11	1.9	81	41	—
	12	2	91	45	74

[0033] なお、表1に記載の試料1～12では、 $y = z = 1.0$ である。

表1中の試料1の無磁場、1000G、500G中でのインピーダンス特性を代表して図3および図4で示す。

[0034] 図3における「初期」は無磁場を示す。

作製した試料はすべて、無磁場中では図3で示すように、低周波でインピーダンスが小さく、高周波にかけてインピーダンスが増大した。強磁性金属材料に特徴的なインピーダンス特性を示した。磁場を素子の長手方向に印加すると、高周波のインピーダンスが低下し、その変化率は試料番号1の素子で約80%（1000G）に達し、低磁場で非常に大きな変化率を得ることができる。ちなみに長手方向に直交する方向に磁場を印加してもインピーダンスはほとんど変化しない。この実施例では、磁場が1000G、500Gの2つの磁場中での磁気インピーダンス変化率を次式で算出し、磁場が500Gでの変化率が0%を超えるものをG判定とし、磁場が1000Gで20%以上の大きな変化率が得られても磁場が500Gで変化率が0%の場合はNGと判定した。

[0035] 磁気インピーダンス (MI) 変化率 (%) = (インピーダンス (無磁場)

ーインピーダンス（磁場中））／インピーダンス（無磁場）×１００

また強磁性転移温度（ T_c ）を調べるため、VSM（Vibrating Sample Magnetometer）を用いて、磁化率の温度依存性から大まかな T_c を見積もった。

[0036] 作製した試料の組成と特性試験結果が表１に示されている。

表１から明らかであるように、高い T_c を有する式 Sr_2FeMoO_6 試料（試料番号１）では、１０００Ｇと比較的大きな磁場中では７８％に達する大きなMI変化率を得ることができているが、磁場が５００Ｇ中の磁場中では変化率がほぼ０であり（図４参照）、低磁場の応答性に問題がある。SrサイトをBaで置換していくとSr：Baが１．２：０．８のときに急激に磁場が５００ＧでのMI変化率が改善され、８％以上の大きな変化率を実現できる。したがって、セラミックスの組成が化学式 $Sr_{2-x}Ba_xFeMoO_6$ で示されるとき、 x が $0.8 \leq x \leq 2.0$ の範囲で磁場が１０００Ｇで７０％以上のMI変化率と磁場が５００Ｇで８％以上のMI変化率を得ることができる。表において「＊」は比較例であることを示している。

[0037] 参考に試料番号９の磁気インピーダンス特性を図５で示す。

また、近年磁気センサも室温付近だけでなく、温度＋８５℃での保証が必要とされ、強磁性転移温度（ T_c ）もそれ以上が望まれるため、好ましくは $0.8 \leq x \leq 1.7$ の範囲が好ましい。

[0038] 次に、強磁性転移温度（ T_c ）が８５℃よりも高い組成範囲（ $x \leq 1.7$ ）でFe／Mo比率（ y/z ）の影響について調査を行なった。特性試験結果を表２に示す。

[0039]

[表2]

試料 番号	組成 (x)	組成 (y/z)	磁気ヒステリシス 変化率 (%)		強磁性 転移温度
	$\text{Sr}_{2-x}\text{Ba}_x\text{Fe}_y\text{Mo}_z\text{O}_6$		at1000G	at500G	$T_c(^{\circ}\text{C})$
13	1	0.85	78	8	115
14	1	0.9	77	26	125
15	1	0.95	81	32	—
16(4)	1	1	84	25	132
17	1	1.05	82	35	—
18	1	1.1	88	27	122
19	1	1.15	78	10	117
20	1.2	0.85	65	11	109
21	1.2	0.9	79	31	125
22(5)	1.2	1	85	24	125
23	1.2	1.1	80	30	105
24	1.2	1.15	82	7	101
25	1.5	0.85	77	5	100
26	1.5	0.9	81	29	105
27(7)	1.5	1	81	22	109
28	1.5	1.1	80	27	108
29	1.5	1.15	82	9	98
30	1.6	0.85	84	10	84
31	1.6	0.9	90	30	90
32(8)	1.6	1	85	26	102
33	1.6	1.1	92	32	100
34	1.6	1.15	81	10	91
35	1.7	0.85	87	11	79
36	1.7	0.9	88	36	85
37	1.7	0.95	91	41	—
38(9)	1.7	1	88	33	89
39	1.7	1.05	88	39	—
40	1.7	1.1	79	35	86
41	1.7	1.15	81	8	77

[0040] 表2から明らかなように、1. $0 \leq x \leq 1.7$ の範囲内において、Fe/Mo比 (y/z) は1000Gの磁場におけるMI変化率には影響しないものの、磁場が500GではMI変化率に大きく影響し、0. $9 \leq y/z \leq 1.1$ の範囲では500Gの磁場中でのMI変化率も20%以上となり、組成

によつては $y/z = 1.0$ 組成より変化率が大きくなるものも確認できる。しかし、 $0.9 \leq y/z \leq 1.1$ の範囲を外れると $0.9 \leq y/z \leq 1.1$ の範囲内のサンプルと比較して MI 変化率が低下してしまうことがわかる。これらの原因は明らかではないが、粉末 X 線回折から、 Fe/Mo 比が $0.9 \leq y/z \leq 1.1$ の範囲を外れると、 $SrFeO_3$ や $SrMoO_4$ などの不純物が形成されることが明らかになっており、これらが粒界に偏析して試料自体の抵抗が上がってしまい、低磁場への応答性が低下したものと推測される。

[0041] 本発明の素子に見られる高周波のインピーダンス変化は、主にインダクタ成分の変化に起因している。

[0042] $Z = R + j\omega L + 1/j\omega C$

強磁性体の場合、インダクタ（ L ）成分はその透磁率に比例し、磁気インピーダンス効果は、磁場中での透磁率の変化により発現している。しかし、上式から明らかであるように、抵抗（ R ）成分に周波数依存性がないために、十分小さい場合（つまり金属のように低抵抗）は高周波領域で影響しないが、 Fe/Mo 比が過度に大きい、または小さい場合には偏析した層が抵抗を上げてしまうため R の寄与が大きくなり、インダクタンス（ L ）の変化が見かけ上小さくなってインピーダンス変化率が小さくなるものと考えられる。

[0043] （実施例 2）

次に、セラミックス組成を実施例 1 で示す試料番号 7 と同じ組成で、試料形成の磁気インピーダンス特性への影響を調べた。実施例 1 と同じ方法で原料およびグリーンシートを作製し、焼成後表 3 に示す長さ L 、幅 W および厚み T になるようにシート積層、加工を行ない、焼成後に端子電極を形成して試料を得た。本実施例では、 L を 2.0 mm 、 W を 1.2 mm と固定し、 T を変化させることにより L/T を変化させ試料を実施例 1 と同様の方法で評価した。その結果を表 3 に示す。

[0044]

[表3]

試料番号	素子形状	磁気インピーダンス変化率(%)	
	L/T 比	at1000G	at500G
42	1	78	11
43	1.5	80	21
44	2.5	81	22
45	10	82	35

[0045] 表3から明らかであるように、 L/T 比が磁気インピーダンス特性に大きく影響し、 L/T 比が1.5以上であれば本発明の目的とする低磁場から高磁場の幅広い範囲において大きな変化率を実現することができる。しかし、 L/T が1.5より小さくなると L/T が1.5以上のサンプルと比較して低磁場応答性が低下する。これは、磁性体に磁場を印加した際に磁性体内部に発生する反磁場の影響で、磁性体に有効に磁場が試料形状により変化し、反磁場が大きくなる、 L/T が小さい試料では低磁場の変化率が低下したと考えられる。本発明の材料組成の特徴を十分活かした作製するためには試料形状にも十分注意をする必要があり、 L/T と L/W のどちらか大きい方が1.5以上とすることが好ましい。一方で、あまり大きくしすぎると、機械的強度が極端に低下したり、素子抵抗が上昇する。組成にもよるが、おおむね20以下であることが望ましい。

[0046] (実施例3)

次に、2端子の単板形状試料に2端子電極をショートする導体を挿入した試料の効果について調査を行なった。なお、この試料は図2の構造で示される。試料は実施例2と同様に実施例1の試料番号7と同じ組成のセラミックスを選択し、実施例1と同様の方法で試料を作製した。シート圧着行程で2つの外部電極端子をショートさせる貫通導体4を挿入し、長さ L が2mm、幅 W が1.0mm、厚み T が0.8mmの寸法を有する試料を作製した。作製した貫通導体あり、なしの試料をそれぞれ30個、実施例1と同様の方法で評価し、500Gの磁場での磁気インピーダンス変化率を算出した。その結果を図6に示す。

[0047] 図6から明らかなように、貫通導体を有していない試料でもすべて15%以上の変化率を得ることができるが、ばらつきが大きい問題がある。これは、多結晶粒界の静電容量成分、抵抗成分が不均一になりがちであり、これらの影響によりばらつきが生じているものと推測される。また、高周波になるに従い、その信号は表層部に集中することが知られており（表皮効果）、比較的粒径分布が不均一になりがちな表面の微細構造の影響や、還元処理焼成による表層部の変質などが影響している可能性が考えられる。一方、貫通導体を形成した試料では、低磁場での磁気インピーダンス変化率が少し改善され、ばらつきも低減される。この効果の原因については明らかではないが、磁場に対して応答するSMFO系セラミックス素体に対して並列に接続された低抵抗体となるため、上述したセラミックスならではの不均一性を貫通導体が低減しているものと推測される。

[0048] 図7は、試料番号7において、磁場を変化させた状態におけるMI変化率(magnetoimpedance effect)の推移を示すグラフである。周波数を10MHzとして磁場を変化させた場合におけるMI変化率を縦軸に示している。なお、図4から図7の測定結果は、室温での結果を示している。

[0049] 今回開示された実施の形態および実施例はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて請求の範囲によって示され、請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

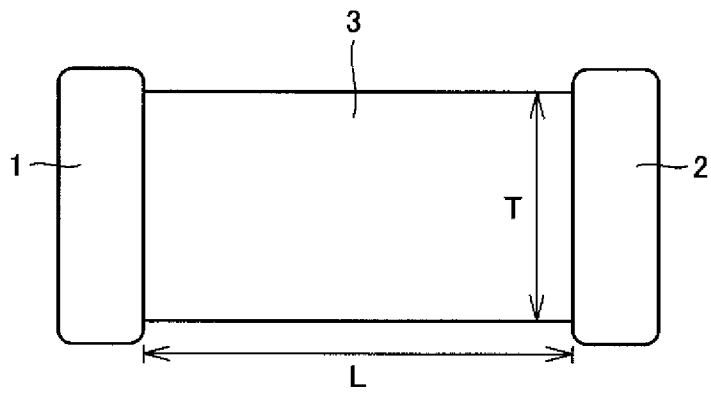
符号の説明

[0050] 1, 2 端子電極、3 セラミックス素体、4 貫通導体。

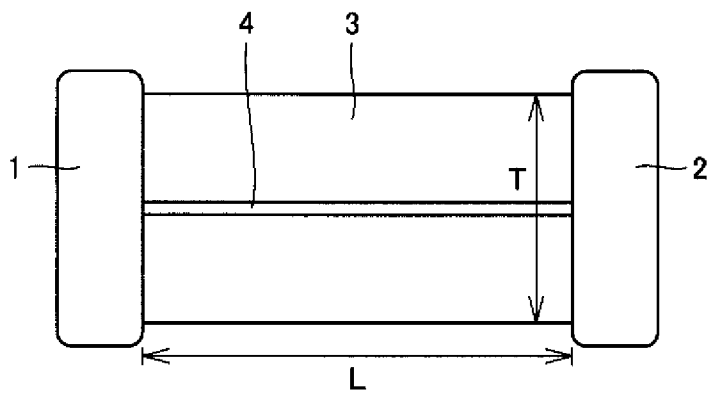
請求の範囲

- [請求項1] 化学式 $Sr_{2-x}Ba_xFe_yMo_zO_6$ ($0.8 \leq x \leq 2.0$, $y+z=2$) で表わされるセラミックス素体 (3) と、
前記セラミックス素体に設けられた少なくとも2つの外部電極端子 (1, 2) とを備えた、磁気インピーダンス素子。
- [請求項2] $0.8 \leq x \leq 1.7$ である、請求の範囲第1項に記載の磁気インピーダンス素子。
- [請求項3] 前記セラミックス素体が化学式 $Sr_{2-x}Ba_xFe_yMo_zO_6$ ($0.8 \leq x \leq 1.7$, $y+z=2$, $0.9 \leq y/z \leq 1.1$) で示される、請求の範囲第1項に記載の磁気インピーダンス素子。
- [請求項4] 前記セラミックス素体の長さLと厚みTとの比率 (L/T) または長さLと幅Wの比率 (L/W) のどちらか大きい方が1.5以上である、請求の範囲第1項に記載の磁気インピーダンス素子。
- [請求項5] 前記少なくとも2つの外部電極端子間を短絡する導体 (4) をさらに備えた、請求の範囲第1項に記載の磁気インピーダンス素子。
- [請求項6] 請求の範囲第1項に記載の磁気インピーダンス素子を用いた磁気センサ。

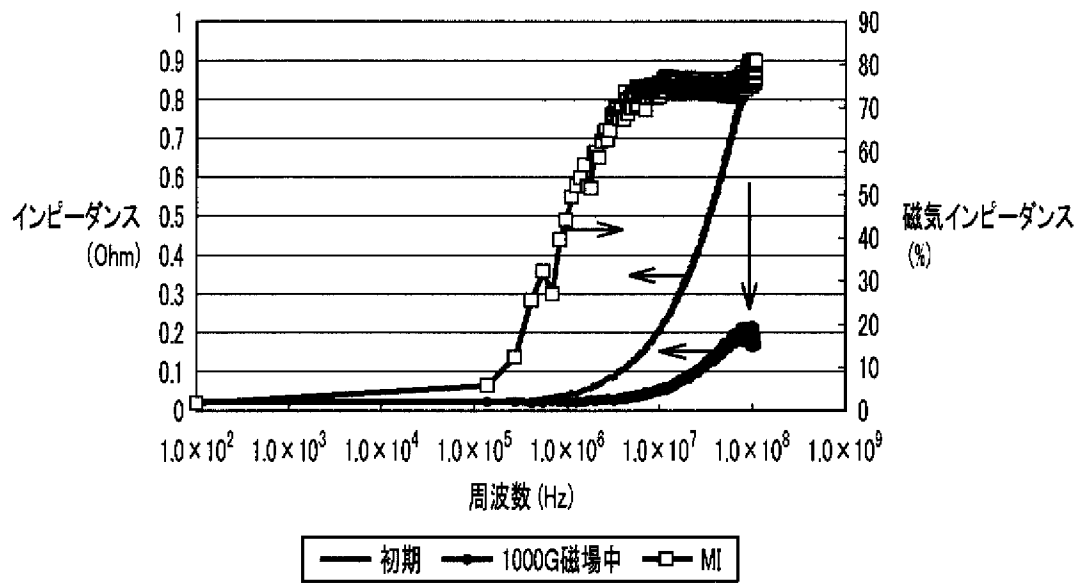
[図1]



[図2]

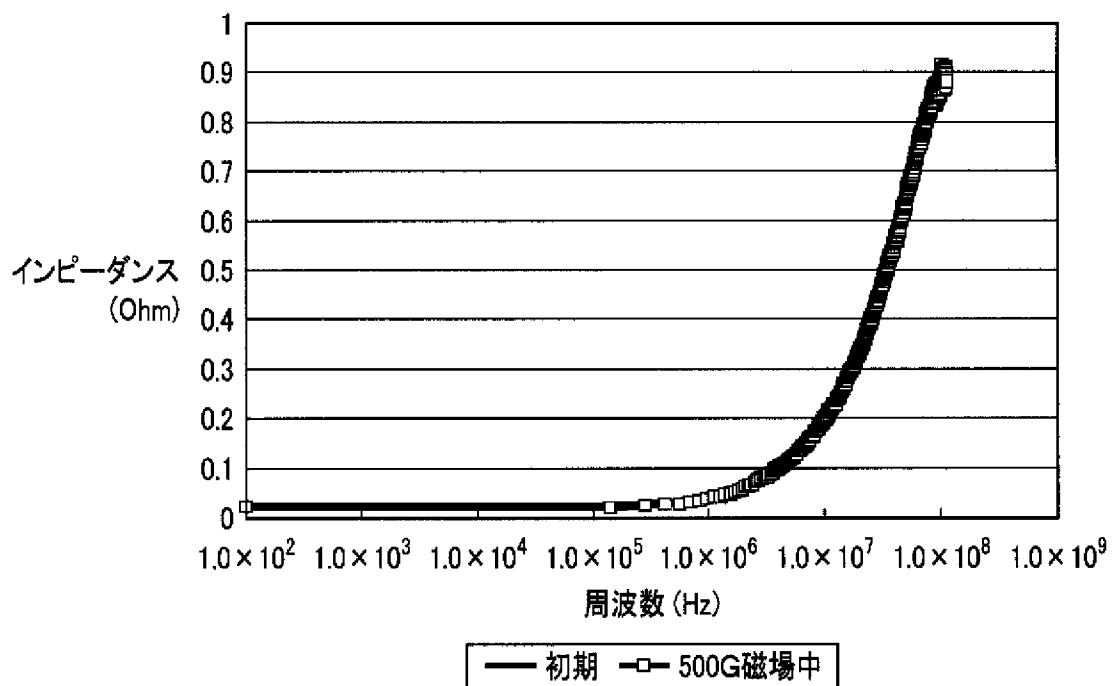


[図3]



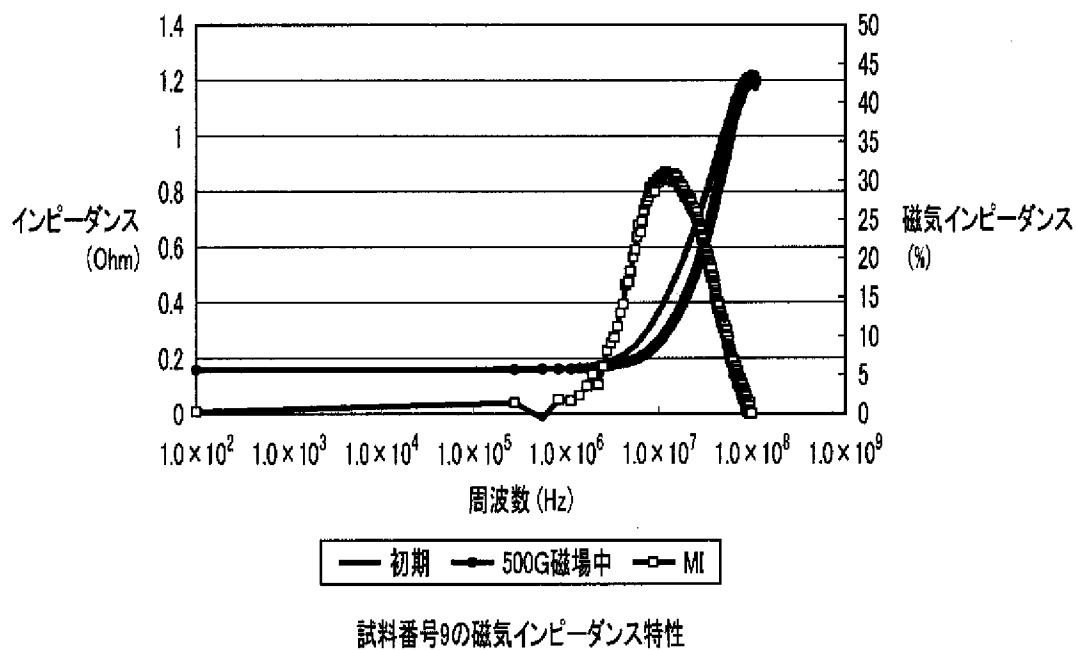
試料番号1の磁気インピーダンス特性

[図4]

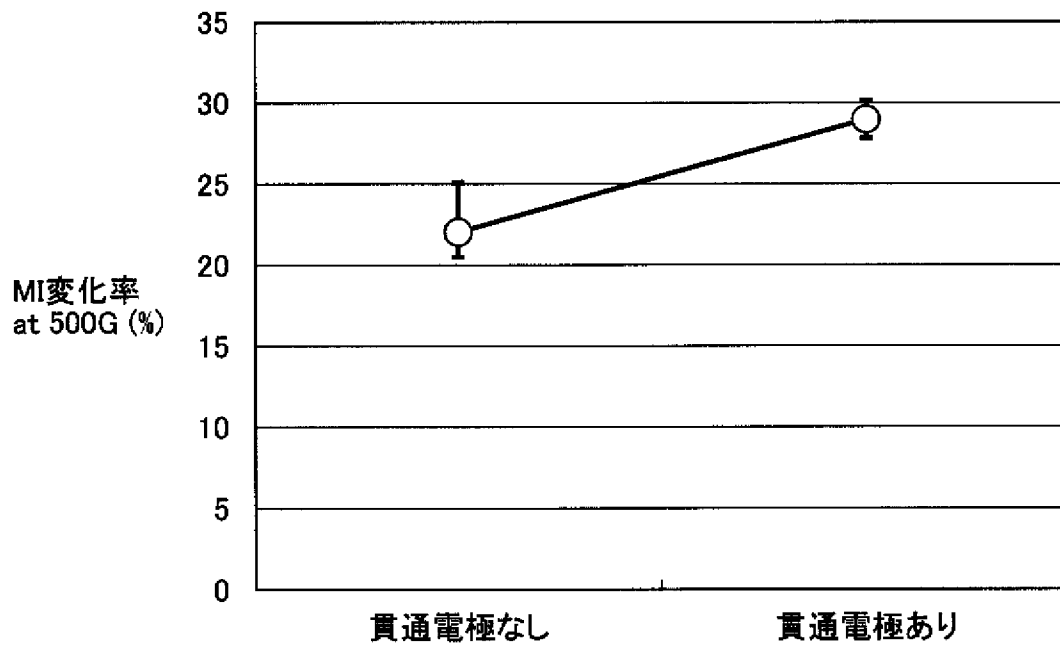


試料番号1の磁気インピーダンス特性

[図5]

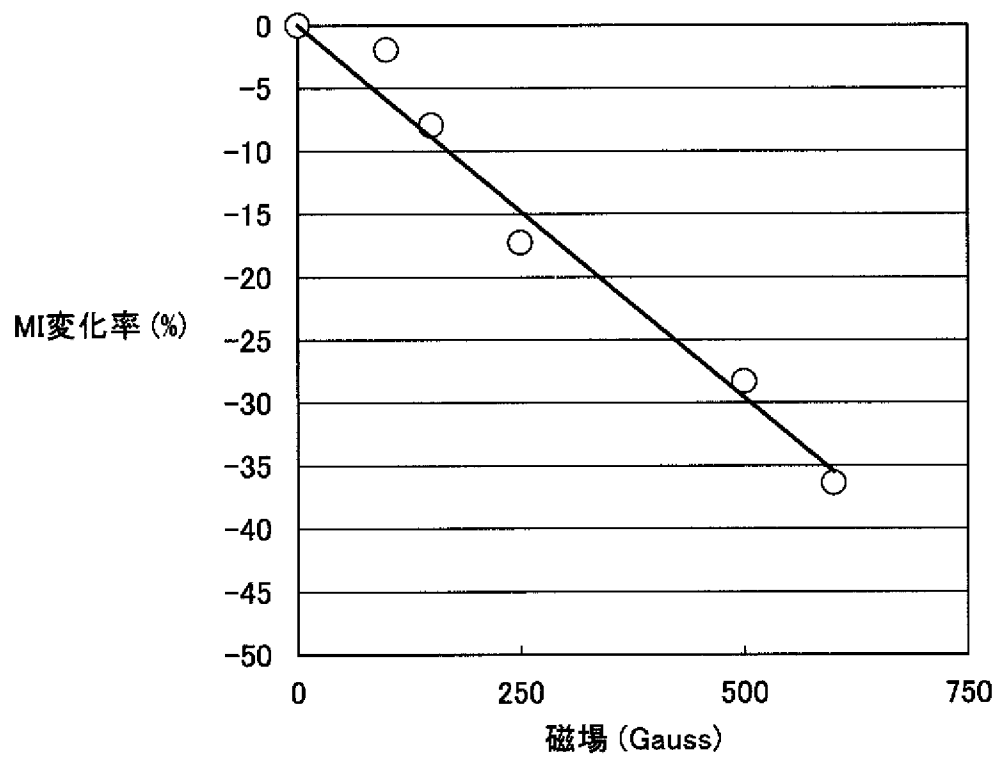


[図6]



貫通導体有り無し試料(30個)の500Gにおける磁気インピーダンス効果

[図7]



磁場を変化させたときのMI変化率の推移 セラミックスの組成はNo.7(27)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/054588

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L43/00(2006.01)i, G01R33/02(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)

H01L43/00, G01R33/02

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 Citation Index Expanded(Web of Science)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 10-233541 A (Tokin Corp.), 02 September 1998 (02.09.1998), entire text (Family: none)	1-6
Y	JP 2000-174359 A (Toshiba Corp.), 23 June 2000 (23.06.2000), paragraphs [0016] to [0034] (Family: none)	1-6
Y	JP 2005-062000 A (Sankyo Seiki Mfg. Co., Ltd.), 10 March 2005 (10.03.2005), paragraphs [0012] to [0047] (Family: none)	5

☒ 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
10 June, 2010 (10.06.10)Date of mailing of the international search report
22 June, 2010 (22.06.10)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/054588

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	K.-I. Kobayashi et al., Room-temperature magnetoresistance in an oxide material with an ordered double-perovskite structure, Nature, 1998.10.15, Vol.395, P.677-680	1-6

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））
Int.Cl. H01L43/00(2006.01)i, G01R33/02(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. H01L43/00, G01R33/02

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 Citation Index Expanded(Web of Science)

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
Y	JP 10-233541 A（株式会社トーキン）1998.09.02, 全文（ファミリーなし）	1-6
Y	JP 2000-174359 A（株式会社東芝）2000.06.23, 段落【0016】－【0034】（ファミリーなし）	1-6
Y	JP 2005-062000 A（株式会社三協精機製作所）2005.03.10, 段落【0012】－【0047】（ファミリーなし）	5

☒ 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 0 . 0 6 . 2 0 1 0

国際調査報告の発送日

2 2 . 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 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）

川村 裕二

電話番号 0 3－3 5 8 1－1 1 0 1 内線 3 4 6 2

4 M

3 3 4 9

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
A	K.-I. Kobayashi et al., Room-temperature magnetoresistance in an oxide material with an ordered double-perovskite structure, Nature, 1998.10.15, Vol.395, P.677-680	1-6