

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2008 年 4 月 24 日 (24.04.2008)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2008/047854 A1

- (51) 国際特許分類:
C04B 35/38 (2006.01) H01F 1/34 (2006.01)
H01F 1/00 (2006.01) H05K 9/00 (2006.01)
- (72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてののみ): 伊藤 進朗 (ITO, Shinroh). 三吉 康晴 (MIYOSHI, Yasuharu).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2007/070319
- (22) 国際出願日: 2007 年 10 月 18 日 (18.10.2007)
- (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 2006-285225
2006 年 10 月 19 日 (19.10.2006) JP
特願 2006-346591
2006 年 12 月 22 日 (22.12.2006) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 日立金属株式会社 (HITACHI METALS, LTD.) [JP/JP]; 〒1058614 東京都港区芝浦 1 丁目 2 番 1 号 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 河野 登夫 (KOHNO, Takao); 〒5400035 大阪府大阪市中央区釣鐘町二丁目 4 番 3 号 河野特許事務所 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, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, 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, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

[続葉有]

(54) Title: RADIO WAVE ABSORPTION MATERIAL AND RADIO WAVE ABSORBER

(54) 発明の名称: 電波吸収材料及び電波吸収体

	組成 (モル%)						CoO (重量%)	反射係数 (dB)	
	Fe ₂ O ₃ (Li除)	Mn ₂ O ₃	MnO	ZnO	(Li _{0.5} Fe _{0.5})O	CuO			
A	実施例1	38.3	11.7	24.1	19.7	2.7	3.5	0.67	-21
B	実施例2	40.0	10.0	24.1	19.7	2.7	3.5	0.60	-27
C	実施例3	41.5	8.5	24.1	19.7	2.7	3.5	0.67	-24
D	実施例4	43.0	7.0	24.1	19.7	2.7	3.5	0.84	-23
E	実施例5	45.2	4.8	20.9	22.7	2.9	3.5	0.67	-23
F	実施例6	45.4	4.6	28.3	21.2	0.5	0.0	0.5	-23
G	実施例7	47.5	2.5	28.1	21.0	0.9	0.0	0.57	-21
H	比較例1	26.0	24.0	24.1	19.7	2.7	3.5	0.20	Tc<R. T.
I	比較例2	51.0	0	23.1	19.7	2.7	3.5	0.85	-16

A EXAMPLE 1
B EXAMPLE 2
C EXAMPLE 3
D EXAMPLE 4
E EXAMPLE 5
F EXAMPLE 6
G EXAMPLE 7H COMPARATIVE EXAMPLE 1
I COMPARATIVE EXAMPLE 2
J Fe₂O₃ (EXCLUDING Li)
K COMPOSITION (MOL%)
L CoO (WT%)
M REFLECTION COEFFICIENT (dB)

(57) Abstract: Disclosed is a radio wave absorption material prepared by burning a ferrite material comprising an oxide magnetic material as the main component and CoO added to the oxide magnetic material in an amount of 0.1 to 2 wt% as an auxiliary component, wherein the oxide magnetic material comprises 30 to 49.5 mol% of Fe₂O₃, 0.5 to 20 mol% of Mn₂O₃, 5 to 35 mol% of ZnO and 0.2 to 15 mol% of (Li_{0.5}Fe_{0.5})O, with the remainder being MnO. In the composition, a part of ZnO may be replaced by 20 mol% or less of CuO. The radio wave absorption material has high strength and high hygro-stability and has an excellent radio wave absorption property in spite of a fact that the radio wave absorption material can be produced at low cost.

(57) 要約: 主成分として、30～49.5モル%のFe₂O₃、0.5～20モル%のMn₂O₃、5～35モル%のZnO、0.2～15モル%の(Li_{0.5}Fe_{0.5})O、及び残部としてのMnOを含む酸化物磁性材に、副成分として

[続葉有]

WO 2008/047854 A1



(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, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK,

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

添付公開書類:

— 国際調査報告書

0. 1～2重量%のCoOを加えたフェライト材料を焼成してなる電波吸収材料。上記組成にあつて、ZnOの一部を20モル%以下のCuOで置き換えても良い。この電波吸収材料は、高い強度と湿度安定性を有し、しかも低コストであつても優れた電波吸収性能を有する。

明 細 書

電波吸収材料及び電波吸収体

技術分野

[0001] 本発明は、不要な電波を吸収する焼結フェライト材からなる電波吸収材料、及びその電波吸収材料を用いてなる電波吸収体に関する。

背景技術

[0002] 通信技術、航空機等の電波誘導技術の発達、またはテレビ、ラジオ、携帯電話機などの各種の電気・電子機器の普及に伴い、制御装置の誤動作の防止用、各種の電気・電子機器のノイズフィルタ用、電波吸収壁用、または電波暗室用として、不要信号となる高周波ノイズを遮断するために、それぞれの周波数帯域に整合した電波吸収体が求められている。

[0003] 従来の電波吸収体としては、導電性を有する金属板または薄膜、カーボンなどを、ゴム、プラスチックなどで保持したものが一般的であった。また、磁氣的吸収体として知られたカーボニル鉄を用いたり、ゴムなどに複合したものの、誘電体損失を利用した発泡スチロールなども知られていた。さらに、Ni-Zn系、Ni-Cu-Zn系等のフェライト粉末をゴム系、シリコン、エポキシ等の高分子化合物と複合した複合材料、アルミニウム等の金属箔片を混入したプラスチック材料、導電性繊維を用いたものなども提案されている。

[0004] 近年では、磁気共鳴現象を利用した磁気フェライトすなわちNi-Cu-Zn系の焼結フェライト板に金属板を裏張りした構成は、電波吸収能力にすぐれ、かつ比較的薄板として利用できるため、その実用化が進んでいる。また、上述したような各種の材料を組み合わせたり、積層したりした複合材料も提案されている。

[0005] 従来の電波吸収材料には、固有の整合周波数帯域があり、例えば、各種の実験、測定に用いる電波暗室は、室内で発生させた電波を壁で反射させないこと、外部からの電波を遮断できることが要求され、広帯域における電波吸収能力にすぐれた材料が求められる。

[0006] そこで、比較的広帯域で反射係数も低く、薄板化または小片化が可能で、製造量

産性にすぐれる、各種の電気・電子機器用、または電波暗室用に最適な電波吸収材料として、Ni-Cu-Zn系のフェライト焼結材を使用する技術が種々提案されている（特許文献1～5参照）。

[0007] Ni-Cu-Zn系のフェライト焼結材では、フェライトに用いる主原料の中でも高価であるNiOが使用されているため、電波吸収体として作製したNi-Cu-Zn系のフェライトタイルのコストが高くなるという問題がある。

[0008] そこで、NiOのような高価な主原料を用いることなく、Ni-Cu-Zn系フェライト焼結材と同等の性能を有する電波吸収材料として、Mn-Zn系フェライト焼結材が提案されている（特許文献6、7参照）。

特許文献1:特許第2794293号

特許文献2:特許第2898343号

特許文献3:特許第3178885号

特許文献4:特許第3278373号

特許文献5:特許第3422709号

特許文献6:特開2004-247602号公報

特許文献7:特開2004-247603号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0009] しかしながら、特許文献6、7に記載されたMn-Zn系フェライト焼結材を用いた電波吸収体では、粒界にCaOなどで形成される絶縁相を配置しているため、粒界破断が起きやすくてフェライト材の強度が低下してしまう。フェライト材の強度が低い場合、焼結体の切削加工時または組み付け時に破損しやすく、歩留まりを悪化させる要因となるだけでなく、電波暗室用の電波吸収体として使用し難いという問題がある。また、CaOによる粒界相の吸水によって湿度に対する誘電率の変化が著しいという問題がある。

[0010] 本発明は斯かる事情に鑑みてなされたものであり、高い強度と湿度安定性とを有し、しかもNi-Cu-Zn系フェライト焼結材と同等以上の性能を有する電波吸収材料、及びその電波吸収材料を用いてなる電波吸収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

- [0011] 本発明に係る電波吸収材料は、30～49.5モル%の Fe_2O_3 、0.5～20モル%の Mn_2O_3 、5～35モル%の ZnO 、0.2～15モル%の $(\text{Li}_{0.5}\text{Fe}_{0.5})\text{O}$ 、及び残部としての MnO を含む酸化物磁性材に、0.1～2重量%の CoO を加えたフェライト材料を焼成してなることを特徴とする。
- [0012] 本発明の電波吸収材料は、主成分として、 Fe_2O_3 :30～49.5モル%、 Mn_2O_3 :0.5～20モル%、 ZnO :5～35モル%、 $(\text{Li}_{0.5}\text{Fe}_{0.5})\text{O}$:0.2～15モル%、 MnO :残部を含む酸化物磁性材に、副成分として、 CoO :0.1～2重量%を加えた材料を焼成して得られる。本発明の電波吸収材料は、 NiO が含まれておらず低コストである。また、特許文献6または7記載の Mn-Zn 系フェライト焼結材と比べて、強度にすぐれており、水分吸収に起因する誘電率の変化は見られない。さらに、 Ni-Cu-Zn 系フェライト焼結材と同等以上の電波吸収性能を呈する。
- [0013] 本発明に係る電波吸収材料は、20モル%以下の CuO を含むことを特徴とする。
- [0014] 本発明の電波吸収材料にあつては、 ZnO の一部を20モル%以下の CuO で置き換えている。 CuO で置き換えることにより、低温焼結が可能となる。
- [0015] 本発明に係る電波吸収材料は、0.001～0.5重量%の Al_2O_3 、0.005～1.0重量%の NiO 、0.005～0.4重量%の Cr_2O_3 の少なくとも1種を含むことを特徴とする。
- [0016] 本発明の電波吸収材料にあつては、副成分として、 Al_2O_3 :0.001～0.5重量%、 NiO :0.005～1.0重量%、 Cr_2O_3 :0.005～0.4重量%のうちの少なくとも1種を含むことにより、18～30℃の広い温度域で-20dB以下の良好な反射係数を得ることが可能となる。
- [0017] 本発明に係る電波吸収材料は、 SO_3 換算で0.002～0.095重量%の硫黄化合物、 Cl 換算で0.002～0.08重量%の塩素化合物の少なくとも1種を含むことを特徴とする。
- [0018] 本発明の電波吸収材料にあつては、副成分として、硫黄化合物: SO_3 換算で0.002～0.095重量%、塩素化合物: Cl 換算で0.002～0.08重量%のうちの少なくとも1種を含むことにより、高い水準で電波吸収性能のばらつきが少ない焼結体の提供

が可能となる。

[0019] 本発明に係る電波吸収材料は、0.002～0.3重量%の SiO_2 、0.003～0.3重量%のCaOの少なくとも1種を含むことを特徴とする。

[0020] 本発明の電波吸収材料にあつては、副成分として、 SiO_2 :0.002～0.3重量%、CaO:0.003～0.3重量%のうちの少なくとも1種を含んでいる。電波吸収材の焼結体の切削加工時にチッピングが発生した場合には電波吸収性能の局所的なばらつきが生じるため、チッピングは少ない方が好ましい。 SiO_2 及び／またはCaOを含むことにより、切削加工時のチッピングの発生を抑えることが可能となる。

[0021] 本発明に係る電波吸収材料は、 SiO_2 及びCaOの両方を含む場合には、両方の合計が0.5重量%以下であることを特徴とする。

[0022] 本発明の電波吸収材料にあつては、 SiO_2 及びCaOの合計量を0.5重量%以下とすることにより、切削加工時のチッピングの発生を抑えることが可能となる。

[0023] 本発明に係る電波吸収材料は、 P_2O_5 換算で0.001～0.08重量%のリン化合物を含むことを特徴とする。

[0024] 本発明の電波吸収材料にあつては、副成分として、リン化合物: P_2O_5 換算で0.001～0.08重量%を含むことにより、焼結性を高めることができ、大型の成形体を焼結する場合にも安定した焼結が可能となる。

[0025] 本発明に係る電波吸収体は、上記電波吸収材料を用いてなることを特徴とする。

[0026] 本発明の電波吸収体は、上述した組成を有して得られる電波吸収材料を用いて作製される。よって、安価で信頼性に優れ、高い電波吸収性能を有する電波吸収体が得られる。

[0027] 本発明に係る電波吸収体は、8mm以下の厚さでの30MHzの電波に対する反射係数が－20dB以下であることを特徴とする。

[0028] 本発明の電波吸収体にあつては、8mm以下の厚さで30MHzの電波に対する反射係数が－20dB以下である。よって、厚さが薄くても低い反射係数(高い吸収性能)が得られる。

発明の効果

[0029] 本発明では、高い強度と湿度安定性とを有し、しかも電波吸収性能がNi－Cu－Z

n系フェライト焼結体と同等以上である安価な電波吸収材料を得ることができる。そして、この電波吸収材料を用いて作製した電波吸収体を使用することにより、従来と同等以上の性能を有する電波暗室を低コストで設営することが可能である。

図面の簡単な説明

[0030] [図1]実施例1～7、比較例1, 2の電波吸収材料における組成比と反射係数とを示した図表である。

[図2]実施例8～11、比較例3, 4の電波吸収材料における組成比と反射係数とを示した図表である。

[図3]実施例12～14、比較例5, 6の電波吸収材料における組成比と反射係数とを示した図表である。

[図4]実験例A, B, Cの電波吸収材料における組成比を示した図表である。

[図5]実験例A, B, CにおけるCoOの重量%と反射係数との関係を示すグラフである。

[図6]実施例15～29、比較例7～15の電波吸収材料における組成比と反射係数と焼結体の結晶の平均粒径とを示した図表である。

[図7]実施例30～37、比較例16～21の電波吸収材料における組成比と反射係数と電波吸収性能のばらつきと焼結体の結晶の平均粒径とを示した図表である。

[図8]実施例38～46、比較例22～29の電波吸収材料における組成比と反射係数と抗折強度とチップングの程度とを示した図表である。

[図9]実施例47～50、比較例30～32の電波吸収材料における組成比と反射係数と焼結体の相対密度と段間の特性ばらつきと抗折強度とを示した図表である。

[図10]実施例の電波吸収材料における温度と反射係数との関係を示すグラフである。

発明を実施するための最良の形態

[0031] 本発明の電波吸収材料は、主成分として、Fe、Mn、Zn、Liの各成分をそれぞれ酸化物換算で、 Fe_2O_3 :30～49.5モル%、 Mn_2O_3 :0.5～20モル%、 ZnO :5～35モル%、 $(\text{Li}_{0.5}\text{Fe}_{0.5})\text{O}$:0.2～15モル%、 MnO :残部の比率になるように調整し、さらに CoO :0.1～2重量%を加えたフェライト成形体を焼成することによって得ら

れる。

[0032] なお、上記主成分の組成にあつて、ZnOの一部を20モル%以下のCuOで置き換えるようにしても良い。

[0033] 以下、各酸化物の組成の数値限定の理由について説明する。

(Fe_2O_3 :30~49.5モル%)

Fe_2O_3 が30モル%未満である場合には、Tc (キュリー温度)が低くなるため実用的ではない。一方、 Fe_2O_3 が49.5モル%を超えた場合には、材料の比抵抗が低下し、その低下に伴って誘電率が増加するため電波吸収性能が劣化する。

[0034] (Mn_2O_3 :0.5~20モル%)

金属酸化物からなるスピネル型のフェライト材にあつては、3価の金属酸化物と2価の金属酸化物との割合を同じにすることが一般的である。よつて、本発明の組成では、3価の金属酸化物である Fe_2O_3 と Mn_2O_3 との合計量が50モル%となるように配合されているため、 Fe_2O_3 量に応じて Mn_2O_3 量が規定される。 Fe_2O_3 は前述したように30~49.5モル%であるので、これに応じて Mn_2O_3 は0.5~20モル%となる。

[0035] (ZnO:5~35モル%)

ZnOが5モル%未満である場合には、Tcが高くなることに伴つて μ' (複素比透磁率の実数部)が高くなり、電波吸収性能が劣化する。一方、ZnOが35モル%を超えた場合には、 μ'' (複素比透磁率の虚数部)が低下するため、十分な電波吸収効果が得られなくなる。

[0036] ($(\text{Li}_{0.5}\text{Fe}_{0.5})\text{O}$:0.2~15モル%)

$(\text{Li}_{0.5}\text{Fe}_{0.5})\text{O}$ が0.2モル%未満である場合には、 μ'' が低下するため、十分な電波吸収性能が得られない。一方、 $(\text{Li}_{0.5}\text{Fe}_{0.5})\text{O}$ が15モル%を超えた場合には、Tcが高くなることに伴つて μ' が高くなり、電波吸収性能が劣化する。

[0037] (CuO:20モル%以下)

低温焼結するために、ZnOをCuOで置換しても良い。但し、20モル%を超えて置換した場合には、十分な電波吸収効果が得られなくなるため、置換量の上限は20モル%である。

[0038] (MnO:残部)

Fe_2O_3 、 Mn_2O_3 、 ZnO 、 $(\text{Li}_{0.5}\text{Fe}_{0.5})\text{O}$ 、 CuO 、及び MnO の合計量が100モル％になるように、前述した Fe_2O_3 、 Mn_2O_3 、 ZnO 、 $(\text{Li}_{0.5}\text{Fe}_{0.5})\text{O}$ 、 CuO の各規定量に応じた残部として MnO を含有させる。

[0039] (CoO :0.1～2重量％)

CoO が0.1重量％未満である場合には、高い μ'' が得られないため、十分な電波吸収効果が得られなくなる。一方、 CoO が2重量％を超えた場合には、 μ' が高くなって電波吸収性能が劣化する。

[0040] 上記のような組成の電波吸収材料に対して、0.001～0.5重量％の Al_2O_3 、0.05～1.0重量％の NiO 、0.005～0.4重量％の Cr_2O_3 の中の少なくとも1種、 SO_3 換算で0.002～0.095重量％の硫黄化合物、 Cl 換算で0.002～0.08重量％の塩素化合物の中の少なくとも1種、0.002～0.3重量％の SiO_2 、0.003～0.3重量％の CaO の中の少なくとも1種、 P_2O_5 換算で0.001～0.08重量％のリン化合物を含むようにする。以下、添加されるこれらの副成分の数値(重量％)限定の理由について説明する。

[0041] (Al_2O_3 :0.001～0.5重量％、 NiO :0.005～1.0重量％、 Cr_2O_3 :0.005～0.4重量％)

上記数値範囲の各副成分を含めることにより、18～30℃の広い温度域で－20dB以下の良好な反射係数を得ることが可能となる。何れの副成分にあっても、含有量が上記下限値未満では、この効果が得られない。一方、何れの副成分にあっても、含有量が上記上限値を超える場合には、結晶粒径が微細になって磁気特性が劣化する。

[0042] (硫黄化合物: SO_3 換算で0.002～0.095重量％、塩素化合物: Cl 換算で0.002～0.08重量％)

上記数値範囲の各副成分を含めることにより、電波吸収特性が高水準でばらつきが少ない焼結体を得ることができる。何れの副成分にあっても、含有量が上記下限値未満では、この効果が得られない。一方、何れの副成分にあっても、含有量が上記上限値を超える場合には、結晶粒径が微細になり、 μ' の上昇にともなって電波吸収特性が劣化する。

[0043] (SiO_2 :0.002~0.3重量%、 CaO :0.003~0.3重量%)

上記数値範囲の各副成分を含めることにより、焼結体の切削加工時のチッピングの発生を抑制することができる。何れの副成分にあっても、含有量が上記下限値未満では、この効果が得られない。一方、何れの副成分にあっても、含有量が上記上限値を超える場合には、粒界相の厚みの増加と結晶粒の微細化とにより、粒界破断が非常に進行する構造になってしまって、電波吸収材料の強度が低下する。

[0044] ($\text{SiO}_2 + \text{CaO}$:0.5重量%以下)

SiO_2 と CaO との合計量を上記数値範囲とすることにより、チッピングの発生を抑制することができる。合計量が上記上限値を超える場合には、粒界相の厚みの増加と結晶粒の微細化とにより、粒界破断が非常に進行する構造になってしまって、電波吸収材料の強度が低下する。

[0045] (リン化合物: P_2O_5 換算で0.001~0.08重量%)

上記数値範囲のリン化合物を含めることにより、焼結性を向上させることができる。リン化合物の含有量が上記下限値未満では、この効果が得られない。一方、リン化合物の含有量が上記上限値を超える場合には、結晶粒の成長が不均一で過度に進行する状態、すなわち異常粒成長が生じるため、軟磁気特性の劣化と機械的強度の低下とが起こる。

[0046] ところで、本発明における上述した各副成分の含有量は僅かな量であるので、特許文献6、7に記載されているような強度または湿度安定性には問題がなく、高い強度と湿度安定性とを有する電波吸収材料が得られる。

[0047] 次に、各金属酸化物の組成比を変化させた種々の実施例、比較例の電波吸収材料を作製し、作製した電波吸収材料を用いた電波吸収体の性能(反射係数)を測定した結果について説明する。これらの実施例、比較例における電波吸収材料の作製条件、及び性能(反射係数)の測定条件は以下のようにした。

[0048] 最終的に後述するような組成比になるように原料粉末を混合し、大気中で850℃で3時間仮焼きした。得られた仮焼粉をボールミルで湿式粉碎した後に乾燥させた。乾燥後の得られた粉末にポリビニルアルコール7重量%溶液を14重量%添加して造粒し、その造粒粉を直径62mm×厚さ10mmの円板状に1.5ton/cm²で成形した。

得られた成形体を、大気中で150℃/時間以下の速さで1300℃まで昇温させて3時間保持した。その後、雰囲気を窒素に切り替えて、200℃/時間以下の速さで室温まで降温させた。得られた板状の焼結体から、外径約39mm×内径約17mm×厚さ6.7mmのリング状の試験片を切り出して、ネットワークアナライザにて試験片のインピーダンスを測定した。

[0049] 厚さ6.7mmにてインピーダンス整合がとれている試験片については、その試験片をそのまま同軸管に入れて、ネットワークアナライザで30MHzの電波に対する反射量の大きさを測定した。厚さ6.7mmにてインピーダンス整合がとれていない試験片のうち、整合厚さが6.7mmを超える試験片についてはそのまま、6.7mm未満の厚さで整合可能な試験片については整合厚さになるようにさらに研削加工を施した後、その試験片を同軸管に入れて、ネットワークアナライザで30MHzの電波に対する反射量の大きさを測定した。

[0050] 図1は、実施例1～7、比較例1, 2の電波吸収材料における各金属酸化物の組成比と測定した30MHzの電波に対する反射係数とを示した図表である。これらの実施例1～7、比較例1, 2は、 Fe_2O_3 の組成比を異ならせた組み合わせである。

[0051] Fe_2O_3 :30～49.5モル%の条件を満たす実施例1～7ではすべてにおいて、-20dB以下の反射係数を実現できている。これに対して、 Fe_2O_3 の組成比が26モル%である比較例1では、 T_c (キュリー温度)がR.T.(室温)より低くなっている。また、 Fe_2O_3 の組成比が51モル%である比較例2では、反射係数が-16dBであって、電波吸収性能が低い。これは、材料の比抵抗が低下して、誘電率が増加したことに起因すると考えられる。

[0052] 図2は、実施例8～11、比較例3, 4の電波吸収材料における各金属酸化物の組成比と測定した30MHzの電波に対する反射係数とを示した図表である。これらの実施例8～11、比較例3, 4は、 ZnO の組成比を異ならせた組み合わせである。

[0053] ZnO :5～35モル%の条件を満たす実施例8～11ではすべてにおいて、-20dB以下の反射係数を実現できている。これに対して、 ZnO の組成比が2モル%である比較例3では、反射係数が-14dBであって、電波吸収性能が低くなっている。これは、 T_c が高くなって μ' が高くなったことに起因すると考えられる。また、 ZnO の組

成比が37モル%である比較例4では、 T_c がR.T.より低くなっている。

[0054] 図3は、実施例12～14、比較例5, 6の電波吸収材料における各金属酸化物の組成比と測定した30MHzの電波に対する反射係数とを示した図表である。これらの実施例12～14、比較例5, 6は、 $(\text{Li}_{0.5}\text{Fe}_{0.5})\text{O}$ の組成比を異ならせた組み合わせである。

[0055] $(\text{Li}_{0.5}\text{Fe}_{0.5})\text{O}$:0.2～15モル%の条件を満たす実施例12～14ではすべてにおいて、-20dB以下の反射係数を実現できている。これに対して、 $(\text{Li}_{0.5}\text{Fe}_{0.5})\text{O}$ の組成比が0モル%である比較例5では、 T_c がR.T.より低くなっている。また、 $(\text{Li}_{0.5}\text{Fe}_{0.5})\text{O}$ の組成比が17モル%である比較例6では、反射係数が-16dBであって、低い電波吸収性能しか得られていない。これは、 T_c が高くなって μ' が高くなったことに起因すると考えられる。

[0056] 図4は、実験例A, B, Cの電波吸収材料における各金属酸化物の組成比を示した図表である。また、図5は、実験例A, B, CにおいてCoOの重量%を変化させた場合におけるCoOの重量%と測定した30MHzの電波に対する反射係数との関係を示すグラフである。

[0057] 主成分の組成が異なっている実験例A, B, Cでは、反射係数のCoO重量%依存性に異なる傾向が見られるが、本発明における主成分の組成範囲にあつては、CoOの重量%を0.1～2重量%とした場合に最も低い反射係数(最も良好な電波吸収性能)が得られていることが分かる。

[0058] 以上のように、本発明の組成比の条件を満たす実施例1～14のすべての電波吸収材料における反射係数は-20dB以下であり、すぐれた電波吸収性能を有するフェライト焼結材が本発明によって得られることが分かる。また、30MHzの電波に対する反射係数について説明したが、電波暗室用に要求される例えば30～数百MHzの周波数帯域の電波に対してすぐれた電波吸収性能(-20dB以下の反射係数)が得られている。

[0059] ところで、上述した実施例1～14のすべての電波吸収材料において、 μ' (複素比透磁率の実数部)は50以下であつて、 μ'' (複素比透磁率の虚数部)は200以上であることを確認できており、良好な電波吸収材料としての特性を有している。

[0060] 次に、副成分の含有重量%を変化させた種々の実施例、比較例の電波吸収材料を作製し、作製した電波吸収材料を用いた各種の電波吸収体の特性を測定した結果について説明する。これらの実施例、比較例における電波吸収材料の作製条件、及び反射係数の測定条件は、前述したものと同様である。

[0061] 図6は、実施例15～29、比較例7～15の電波吸収材料における組成比と30MHzの電波に対する18～30℃での反射係数と焼結体の結晶の平均粒径とを示した図表である。これらの実施例15～29、比較例7～15は、 Al_2O_3 、NiO、 Cr_2O_3 の少なくとも1種の含有量(重量%)を異ならせた組み合わせである。

[0062] Al_2O_3 :0.001～0.5重量%、NiO:0.005～1.0重量%、 Cr_2O_3 :0.005～0.4重量%の条件を満たす実施例では、すべてにおいて、電波暗室内の平均温度25℃を中間として18～30℃の広い温度域で-20dB以下の良好な反射係数を維持していることが分かる。これに対して、各比較例では、-20dB以下の反射係数が得られない温度域が存在する。

[0063] 図7は、実施例30～37、比較例16～21の電波吸収材料における組成比と30MHzの電波に対する反射係数と電波吸収性能のばらつきと焼結体の結晶の平均粒径とを示した図表である。これらの実施例30～37、比較例16～21は、硫黄化合物、塩素化合物の少なくとも1種の含有量(SO_3 換算での重量%、Cl換算での重量%)を異ならせた組み合わせである。

[0064] 電波吸収性能のばらつきは、以下のように測定した。同時に焼結した30個の焼結体における反射係数の最高値と最低値との差に基づいて、焼結体間の電波吸収性能のばらつきの大小を評価した。具体的には、反射係数の最高値と最低値との差が2dB以下である場合には電波吸収性能のばらつきが小さい(図7で○)とし、その差が2dBを超える場合には電波吸収性能のばらつきが大きい(図7で×)とした。

[0065] 硫黄化合物: SO_3 換算で0.002～0.095重量%、塩素化合物:Cl換算で0.002～0.08重量%の条件を満たす実施例では、すべてにおいて、-20dB以下の良好な反射係数を実現できており、電波吸収性能(反射係数)のばらつきも小さいことが分かる。これに対して、各比較例では、-20dB以下の反射係数が得られないか、または、得られたとしても電波吸収性能(反射係数)のばらつきが大きくなっている。

[0066] 図8は、実施例38～46、比較例22～29の電波吸収材料における組成比と30MHzの電波に対する反射係数と抗折強度とチップングの程度とを示した図表である。これらの実施例38～46、比較例22～29は、 SiO_2 、 CaO の少なくとも1種の含有量(重量%)を異ならせた組み合わせである。

[0067] 抗折強度は、JIS-R1601に準じた3点曲げ試験による測定結果である。また、チップングの程度については、#120の砥石で両面研削機にて厚み加工した際に、試料端部に生じたカケの大きさが5mm未満である場合にはチップングが小さい(図8で○)と評価し、その大きさが5mm以上である場合にはチップングが大きい(図8で×)と評価した。

[0068] SiO_2 または CaO の何れか一方を含み、 SiO_2 :0.002～0.3重量%、 CaO :0.003～0.3重量%の条件を満たす実施例38～44では、すべてにおいて、-20dB以下の良好な反射係数を実現できており、しかも抗折強度が140～160MPa程度の高い強度を有しながらも、研削加工時にチップングがほとんど見られないことが分かる。これに対して、上記範囲外の SiO_2 または CaO の何れか一方を含む各比較例22～25では、-20dB以下の反射係数が得られないか、または、得られたとしても研削加工時に大きなチップングが発生している。

[0069] そして、 SiO_2 及び CaO の両方を含有し、その合計量が0.5重量%以下の条件を満たす実施例45、46では、-20dB以下の良好な反射係数を実現できており、しかも抗折強度が140～160MPa程度の高い強度を有しながらも、研削加工時にチップングがほとんど見られない。これに対して、 SiO_2 と CaO との合計量が0.5重量%を超える各比較例27～29では、-20dB以下の反射係数が得られない。また、 SiO_2 及び CaO の合計量が0.5重量%以下であっても SiO_2 、 CaO の各含有量が上記範囲を満たさない比較例26では、研削加工時に大きなチップングが発生している。

[0070] 図9は、実施例47～50、比較例30～32の電波吸収材料における組成比と30MHzの電波に対する反射係数と焼結体の相対密度と段間の特性ばらつきと抗折強度とを示した図表である。これらの実施例47～50、比較例30～32は、リン化合物の含有量(P_2O_5 換算での重量%)を異ならせた組み合わせである。

[0071] 得られる焼結体の相対密度を比較することにより、焼結性の評価が可能である。具

体的に、相対密度が98%以上である場合には焼結性が良く、相対密度が98%未満である場合には焼結性が悪いと評価できる。

[0072] 段間の特性ばらつき(焼結体の性能ばらつき)は、以下の方法にて評価した。炉内に耐火物製の150mm×150mm×厚さ5mmの板と15mm×15mm×15mmのスパーサとを組み合わせることによって5段の焼結棚を形成し、その各段に直径62mm×厚さ10mmの円板状に1.5ton/cm²で成形して得られた成形体を1つずつ置き、前述した条件で焼成した。その後、前述したのと同様に、リング状試験片を切り出してそのインピーダンスを測定した。そして、前述した測定条件により、30MHzの電波に対する反射量の大きさを測定して、各段で得られた焼結体の反射係数のばらつきを比較評価した。整合厚さが6.7mmを超える試験片については6.7mmでの測定値を用い、整合厚さが6.7mm未満の試験片については整合厚さに加工したのちの測定値を用いて比較した。具体的に、測定値(反射係数)のばらつきは、5段の焼結棚で同時に焼成して得られた5個の焼結体における反射係数の最高値と最低値との差に基づいて、その差が2dB未満である場合にはばらつきが小さいと評価し、その差が2dB以上である場合にはばらつきが大きいと評価した。

[0073] 抗折強度は、前述した例と同様であって、JIS-R1601に準じた3点曲げ試験による測定結果である。

[0074] リン化合物:P₂O₅ 換算で0.001~0.08重量%の条件を満たす実施例では、すべてにおいて、-20dB以下の良好な反射係数を実現できている。また、適量のリン化合物を含んでいるため、相対密度が98%以上である優れた焼結性が実現されている。また、段間における反射係数のばらつきも2dB未満であって、ばらつきが小さい。更に、抗折強度は150MPa以上の高い値が得られている。これに対して、各比較例では、焼結性が悪く、抗折強度も低く、段間における反射係数のばらつきも大きい。

[0075] 本発明における他の実施例として、Fe₂O₃:41.5モル%、Mn₂O₃:8.5モル%、MnO:24.1モル%、ZnO:19.7モル%、(Li_{0.5}Fe_{0.5})O:2.7モル%、CuO:3.5モル%の主成分に対して、CoO:0.67重量%、Cr₂O₃:0.028重量%、硫黄化合物:SO₃ 換算で0.065重量%、SiO₂:0.013重量%、リン化合物:P₂O₅ 換算で0

. 026重量%の副成分を含有させた電波吸収材料は、18～30℃の広い温度域で－20dB以下の良好な反射係数を呈し、かつ焼結安定性が良好であり、性能ばらつき、切削加工時のチッピングの発生という問題はなく、優れた電波吸収性能と製造安定性とを共に実現することができる。

[0076] また、副成分として、上記所定範囲内の Al_2O_3 、 NiO 、 Cr_2O_3 、硫黄化合物、塩素化合物、 SiO_2 、 CaO 、リン化合物のすべてを含んだ電波吸収材料は、18～30℃の広い温度域での－20dB以下の良好な反射係数、電波吸収特性の高い水準での小さなばらつき、チッピング発生の抑制、大型の成形体の安定焼結のすべてを実現することができる。

[0077] 本発明における更に他の実施例として、 Fe_2O_3 :45.2モル%、 Mn_2O_3 :4.8モル%、 MnO :29.8モル%、 ZnO :19.1モル%、 $(\text{Li}_{0.5}\text{Fe}_{0.5})\text{O}$:1.1モル%の主成分に対して、 CoO :0.55重量%、 Al_2O_3 :0.006重量%、 NiO :0.012重量%、 Cr_2O_3 :0.013重量%の副成分を含有させた平均粒径13 μm の電波吸収材料を作製し、作製した電波吸収材料を用いた電波吸収体の30MHzの電波に対する反射係数を10～40℃の温度域で測定した。その測定結果を図10に示す。この実施例では、図10に示すように、10～40℃の広い温度域で－20dB以下の良好な反射係数を呈している。

請求の範囲

- [1] 30～49.5モル%の Fe_2O_3 、0.5～20モル%の Mn_2O_3 、5～35モル%の ZnO 、0.2～15モル%の $(\text{Li}_{0.5}\text{Fe}_{0.5})\text{O}$ 、及び残部としての MnO を含む酸化物磁性材に、0.1～2重量%の CoO を加えたフェライト材料を焼成してなることを特徴とする電波吸収材料。
- [2] 前記酸化物磁性材は、20モル%以下の CuO を含むことを特徴とする請求項1記載の電波吸収材料。
- [3] 0.001～0.5重量%の Al_2O_3 、0.005～1.0重量%の NiO 、0.005～0.4重量%の Cr_2O_3 の少なくとも1種を含むことを特徴とする請求項1記載の電波吸収材料。
- [4] SO_3 換算で0.002～0.095重量%の硫黄化合物、 Cl 換算で0.002～0.08重量%の塩素化合物の少なくとも1種を含むことを特徴とする請求項1記載の電波吸収材料。
- [5] 0.002～0.3重量%の SiO_2 、0.003～0.3重量%の CaO の少なくとも1種を含むことを特徴とする請求項1記載の電波吸収材料。
- [6] SiO_2 及び CaO の両方を含む場合には、両方の合計が0.5重量%以下であることを特徴とする請求項5記載の電波吸収材料。
- [7] P_2O_5 換算で0.001～0.08重量%のリン化合物を含むことを特徴とする請求項1記載の電波吸収材料。
- [8] 請求項1乃至7の何れかに記載の電波吸収材料を用いてなることを特徴とする電波吸収体。
- [9] 8mm以下の厚さでの30MHzの電波に対する反射係数が－20dB以下であることを特徴とする請求項8記載の電波吸収体。

[図1]

	組成(モル%)						CoO (重量%)	反射係数 (dB)
	Fe ₂ O ₃ (Li除)	Mn ₂ O ₃	MnO	ZnO	(Li _{0.5} Fe _{0.5})O	CuO		
実施例1	38.3	11.7	24.1	19.7	2.7	3.5	0.67	-21
実施例2	40.0	10.0	24.1	19.7	2.7	3.5	0.60	-27
実施例3	41.5	8.5	24.1	19.7	2.7	3.5	0.67	-24
実施例4	43.0	7.0	24.1	19.7	2.7	3.5	0.84	-23
実施例5	45.2	4.8	20.9	22.7	2.9	3.5	0.67	-23
実施例6	45.4	4.6	28.3	21.2	0.5	0.0	0.5	-23
実施例7	47.5	2.5	28.1	21.0	0.9	0.0	0.57	-21
比較例1	26.0	24.0	24.1	19.7	2.7	3.5	0.20	T _c <R. T.
比較例2	51.0	0	23.1	19.7	2.7	3.5	0.85	-16

[図2]

	組成(モル%)						CoO (重量%)	反射係数 (dB)
	Fe ₂ O ₃ (Li除)	Mn ₂ O ₃	MnO	ZnO	(Li _{0.5} Fe _{0.5})O	CuO		
実施例8	41.5	8.5	27.2	17.9	1.4	3.5	0.64	-23
実施例9	41.5	8.5	25.0	20.1	1.4	3.5	0.54	-22
実施例10	43.0	7.0	24.1	20.9	1.4	3.5	0.67	-25
実施例11	45.2	4.8	20.9	22.7	2.9	3.5	0.67	-23
比較例3	30.0	20.0	43.1	2.0	1.4	3.5	0.20	-14
比較例4	49.5	0.5	8.1	37	1.4	3.5	0.80	T _c <R. T.

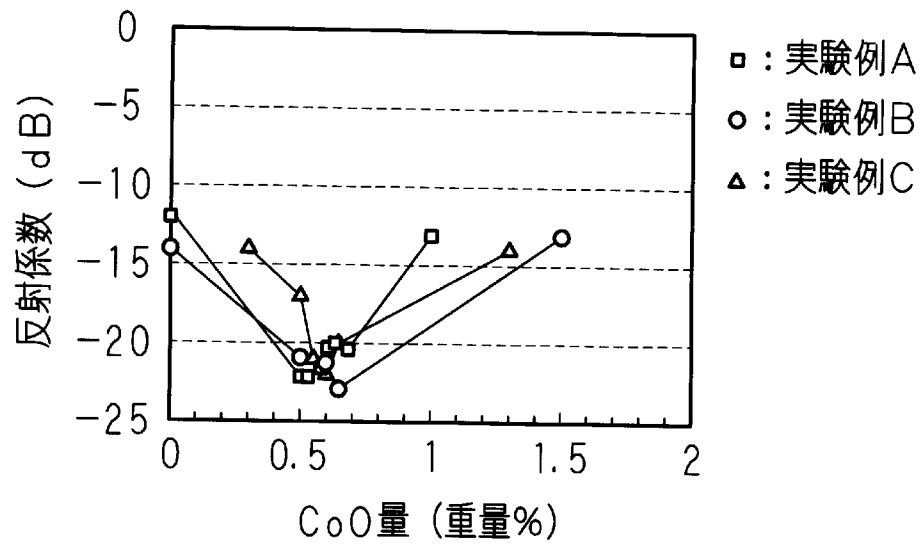
[図3]

	組成(モル%)						CoO (重量%)	反射係数 (dB)
	Fe ₂ O ₃ (Li除)	Mn ₂ O ₃	MnO	ZnO	(Li _{0.5} Fe _{0.5})O	CuO		
実施例12	41.5	8.5	25.0	20.1	1.4	3.5	0.54	-22
実施例13	41.5	8.5	24.1	19.7	2.7	3.5	0.60	-24
実施例14	41.5	8.5	20.0	21.2	5.3	3.5	0.80	-22
比較例5	41.5	8.5	17.6	29.0	0.0	3.5	0.67	T _c <R. T.
比較例6	38.3	11.7	5.2	24.3	17.0	3.5	0.45	-16

[図4]

	組成(モル%)						CoO (重量%)
	Fe ₂ O ₃ (Li除)	Mn ₂ O ₃	MnO	ZnO	(Li _{0.5} Fe _{0.5})O	CuO	
実験例A	41.5	8.5	25.0	20.1	1.4	3.5	0~1
実験例B	45.2	4.8	20.9	22.7	2.9	3.5	0~1.5
実験例C	45.4	4.6	31.3	18.2	0.5	0	0.3~1.3

[図5]



[図6]

	組成 (モル%)							CoO (重量%)	Al ₂ O ₃ (重量%)	NiO (重量%)	Cr ₂ O ₃ (重量%)	反射係数 (dB)			平均 粒径 (μ m)
	Fe ₂ O ₃ (Li除)	Mn ₂ O ₃	MnO	ZnO	(Li _{0.5} Fe _{0.5})O	CuO	18°C					25°C	30°C		
実施例15	48.5	1.5	20.1	23.7	2.7	3.5	1.20	0.0015	0	0	0	-21	-24	-23	13
実施例16	48.5	1.5	20.1	23.7	2.7	3.5	1.20	0.0521	0	0	0	-21	-23	-23	13
実施例17	48.5	1.5	20.1	23.7	2.7	3.5	1.20	0.1830	0	0	0	-22	-23	-22	13
実施例18	48.5	1.5	20.1	23.7	2.7	3.5	1.20	0.4722	0	0	0	-22	-22	-23	12
比較例7	48.5	1.5	20.1	23.7	2.7	3.5	1.20	0.0008	0	0	0	-16	-24	-22	15
比較例8	48.5	1.5	20.1	23.7	2.7	3.5	1.20	0.5277	0	0	0	-16	-18	-16	7
実施例19	48.5	1.5	20.1	23.7	2.7	3.5	1.20	0	0.0052	0	0	-21	-23	-23	13
実施例20	48.5	1.5	20.1	23.7	2.7	3.5	1.20	0	0.1199	0	0	-21	-23	-23	13
実施例21	48.5	1.5	20.1	23.7	2.7	3.5	1.20	0	0.7261	0	0	-22	-23	-22	13
実施例22	48.5	1.5	20.1	23.7	2.7	3.5	1.20	0	0.9880	0	0	-20	-22	-20	12
比較例9	48.5	1.5	20.1	23.7	2.7	3.5	1.20	0	0.0041	0	0	-16	-23	-22	14
比較例10	48.5	1.5	20.1	23.7	2.7	3.5	1.20	0	1.2210	0	0	-14	-17	-16	7
実施例23	48.5	1.5	20.1	23.7	2.7	3.5	1.20	0	0	0.0057	0	-22	-24	-23	13
実施例24	48.5	1.5	20.1	23.7	2.7	3.5	1.20	0	0	0.0950	0	-22	-23	-22	13
実施例25	48.5	1.5	20.1	23.7	2.7	3.5	1.20	0	0	0.3550	0	-21	-21	-20	11
比較例11	48.5	1.5	20.1	23.7	2.7	3.5	1.20	0	0	0.0044	0	-17	-23	-23	14
比較例12	48.5	1.5	20.1	23.7	2.7	3.5	1.20	0	0	0.4105	0	-16	-16	-17	6
実施例26	48.5	1.5	20.1	23.7	2.7	3.5	1.20	0.0612	0.0100	0.0420	0	-20	-23	-22	13
実施例27	41.5	8.5	24.1	19.7	2.7	3.5	0.67	0	0.0107	0.0282	0	-21	-25	-23	14
実施例28	41.5	8.5	24.1	19.7	2.7	3.5	0.67	0.4155	0	0.3782	0	-22	-24	-23	12
実施例29	41.5	8.5	24.1	19.7	2.7	3.5	0.67	0.0351	0.9652	0	0	-20	-23	-21	14
比較例13	41.5	8.5	24.1	19.7	2.7	3.5	0.67	0	0.0030	0.0010	0	-17	-25	-23	15
比較例14	41.5	8.5	24.1	19.7	2.7	3.5	0.67	0.4820	0	0.9500	0	-15	-16	-12	4
比較例15	41.5	8.5	24.1	19.7	2.7	3.5	0.67	0	1.0330	0.5120	0	-17	-15	-14	5

[図7]

	組成(モル%)						CoO (重量%)	SO ₃ (重量%)	Cl (重量%)	反射係数 (dB)	性能ばらつき ○:小(≤2dB) ×:大(>2dB)	平均 粒径 (μm)
	Fe ₂ O ₃ (Li除)	Mn ₂ O ₃	MnO	ZnO	(Li _{0.5} Fe _{0.5})O	CuO						
実施例30	41.5	8.5	22.4	20.5	3.6	3.5	0.75	0.0020	0	-21	○	17
実施例31	41.5	8.5	22.4	20.5	3.6	3.5	0.75	0.0223	0	-21	○	17
実施例32	41.5	8.5	22.4	20.5	3.6	3.5	0.75	0.0920	0	-20	○	15
比較例16	41.5	8.5	22.4	20.5	3.6	3.5	0.75	0.0016	0	-21	×	18
比較例17	41.5	8.5	22.4	20.5	3.6	3.5	0.75	0.1022	0	-18	○	11
実施例33	41.5	8.5	22.4	20.5	3.6	3.5	0.75	0	0.0023	-22	○	17
実施例34	41.5	8.5	22.4	20.5	3.6	3.5	0.75	0	0.0455	-21	○	16
実施例35	41.5	8.5	22.4	20.5	3.6	3.5	0.75	0	0.0789	-20	○	16
比較例18	41.5	8.5	22.4	20.5	3.6	3.5	0.75	0	0.0012	-21	×	17
比較例19	41.5	8.5	22.4	20.5	3.6	3.5	0.75	0	0.0930	-16	○	10
実施例36	41.5	8.5	24.1	19.7	2.7	3.5	0.67	0.0366	0.0080	-24	○	16
実施例37	41.5	8.5	24.1	19.7	2.7	3.5	0.67	0.0891	0.0776	-22	○	15
比較例20	41.5	8.5	24.1	19.7	2.7	3.5	0.67	0.0010	0.0011	-21	×	17
比較例21	41.5	8.5	24.1	19.7	2.7	3.5	0.67	0.0992	0.0817	-14	○	8

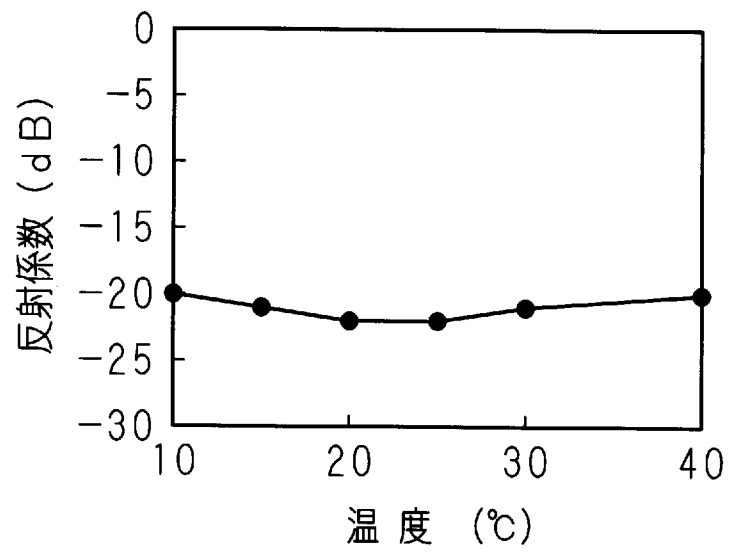
[図8]

	組成(モル%)						CoO (重量%)	SiO ₂ (重量%)	CaO (重量%)	反射 係数 (dB)	抗折 強度 (MPa)	チップング ○:小(カケ<5mm) ×:大(カケ≥5mm)
	Fe ₂ O ₃ (Li除)	Mn ₂ O ₃	MnO	ZnO	(Li _{0.5} Fe _{0.5})O	CuO						
実施例38	41.5	8.5	20.0	19.3	7.2	3.5	1.05	0.0020	0	-22	159	○
実施例39	41.5	8.5	20.0	19.3	7.2	3.5	1.05	0.0421	0	-21	157	○
実施例40	41.5	8.5	20.0	19.3	7.2	3.5	1.05	0.1050	0	-20	150	○
実施例41	41.5	8.5	20.0	19.3	7.2	3.5	1.05	0.2933	0	-20	146	○
比較例22	41.5	8.5	20.0	19.3	7.2	3.5	1.05	0.0010	0	-22	191	×
比較例23	41.5	8.5	20.0	19.3	7.2	3.5	1.05	0.3300	0	-18	114	○
実施例42	41.5	8.5	20.0	19.3	7.2	3.5	1.05	0	0.0032	-22	157	○
実施例43	41.5	8.5	20.0	19.3	7.2	3.5	1.05	0	0.1777	-21	148	○
実施例44	41.5	8.5	20.0	19.3	7.2	3.5	1.05	0	0.2820	-20	144	○
比較例24	41.5	8.5	20.0	19.3	7.2	3.5	1.05	0	0.0017	-21	189	×
比較例25	41.5	8.5	20.0	19.3	7.2	3.5	1.05	0	0.3202	-17	109	○
実施例45	41.5	8.5	20.0	19.3	7.2	3.5	1.05	0.0145	0.0116	-21	154	○
実施例46	41.5	8.5	20.0	19.3	7.2	3.5	1.05	0.2218	0.2692	-20	140	○
比較例26	41.5	8.5	20.0	19.3	7.2	3.5	1.05	0.0015	0.0012	-21	182	×
比較例27	41.5	8.5	20.0	19.3	7.2	3.5	1.05	0.2850	0.2520	-17	121	○
比較例28	41.5	8.5	20.0	19.3	7.2	3.5	1.05	0.4300	0.5200	-16	100	○
比較例29	41.5	8.5	20.0	19.3	7.2	3.5	1.05	2.0100	0.2000	-13	91	○

[図9]

	組成(モル%)						CoO (重量%)	P ₂ O ₅ (重量%)	反射 係数 (dB)	相対密度(%)	段間特性 ばらつき (dB)	抗折強度 (MPa)
	Fe ₂ O ₃ (Li除)	Mn ₂ O ₃	MnO	ZnO	(Li _{0.5} Fe _{0.5})O	CuO						
実施例47	41.5	8.5	22.4	20.5	3.6	3.5	0.75	0.0012	-21	98.2	1.7	169
実施例48	41.5	8.5	22.4	20.5	3.6	3.5	0.75	0.0101	-22	98.1	1.5	166
実施例49	41.5	8.5	22.4	20.5	3.6	3.5	0.75	0.0359	-21	98.6	1.5	170
実施例50	41.5	8.5	22.4	20.5	3.6	3.5	0.75	0.0780	-20	98.6	1.2	155
比較例30	41.5	8.5	22.4	20.5	3.6	3.5	0.75	0.0003	-20	95.5	2.9	132
比較例31	41.5	8.5	22.4	20.5	3.6	3.5	0.75	0.0831	-18	94.1(異常粒)	2.6	126
比較例32	41.5	8.5	22.4	20.5	3.6	3.5	0.75	0.1280	-15	92.3(異常粒)	2.9	102

[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2007/070319

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C04B35/38(2006.01)i, H01F1/00(2006.01)i, H01F1/34(2006.01)i, H05K9/00(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)

C04B35/38, H01F1/00, H01F1/34, H05K9/00

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	1996-2008
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2008	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2008

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

CA (STN), REGISTRY (STN)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2001-151565 A (Minebea Co., Ltd.), 05 June, 2001 (05.06.01), Full text & US 6440323 B1 & EP 1101736 A1	1-9
A	JP 2004-247603 A (Minebea Co., Ltd.), 02 September, 2004 (02.09.04), Full text & US 2004/0185289 A1 & EP 1447392 A1	1-9

☐ 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
11 January, 2008 (11.01.08)

Date of mailing of the international search report
22 January, 2008 (22.01.08)

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. C04B35/38(2006.01)i, H01F1/00(2006.01)i, H01F1/34(2006.01)i, H05K9/00(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. C04B35/38, H01F1/00, H01F1/34, H05K9/00

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 0 8 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 0 8 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 0 8 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)

CA (STN), REGISTRY (STN)

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 請求の範囲の番号
A	JP 2001-151565 A (ミネベア株式会社) 2001.06.05, 全文 & US 6440323 B1 & EP 1101736 A1	1-9
A	JP 2004-247603 A (ミネベア株式会社) 2004.09.02, 全文 & US 2004/0185289 A1 & EP1447392 A1	1-9

☐ 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 1 . 0 1 . 2 0 0 8

国際調査報告の発送日

2 2 . 0 1 . 2 0 0 8

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)

武石 卓

4 T

3 7 6 7

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 4 6 5