

(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
2016年9月29日(29.09.2016)



(10) 国際公開番号

WO 2016/152270 A1

- (51) 国際特許分類:
C22C 38/00 (2006.01) H01F 1/14 (2006.01)
B22F 1/00 (2006.01) H01F 1/22 (2006.01)
B22F 3/00 (2006.01) H01F 27/255 (2006.01)
B22F 9/08 (2006.01) H01F 27/36 (2006.01)
C22C 45/02 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/053324
- (22) 国際出願日: 2016年2月4日(04.02.2016)
- (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 2015-057526 2015年3月20日(20.03.2015) JP
- (71) 出願人: アルプス電気株式会社(ALPS ELECTRIC CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1458501 東京都大田区雪谷大塚町1番7号 Tokyo (JP). 国立大学法人東北大学(TOHOKU UNIVERSITY) [JP/JP]; 〒9808577 宮城県仙台市青葉区片平二丁目1番1号 Miyagi (JP).
- (72) 発明者: 尾藤 三津雄(BITO, Mitsuo); 〒1458501 東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプス電気株式会社内 Tokyo (JP). 阿部 宗光(ABE, Munemitsu); 〒1458501 東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプス電気株式会社内 Tokyo (JP). 陰山 淳(KAGEYAMA, Jun); 〒1458501 東京都大田区雪

谷大塚町1番7号 アルプス電気株式会社内 Tokyo (JP). 清水 雄太(SHIMIZU, Yuta); 〒1458501 東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプス電気株式会社内 Tokyo (JP). 吉田 健二(YOSHIDA, Kenji); 〒1458501 東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプス電気株式会社内 Tokyo (JP). 牧野 彰宏(MAKINO, Akihiro); 〒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).

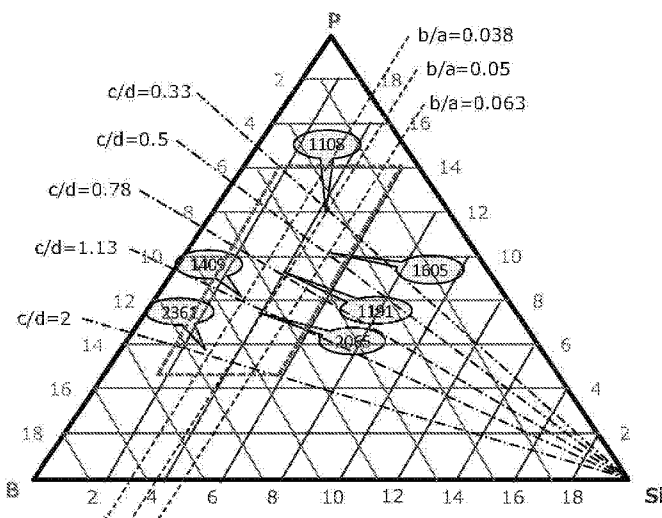
- (74) 代理人: 大窪 克之(OKUBO, Katsuyuki); 〒1020085 東京都千代田区六番町13番地12-201 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, 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,

[続葉有]

(54) Title: Fe-BASED ALLOY COMPOSITION, SOFT MAGNETIC POWDER, MOLDED MEMBER, DUST CORE, ELECTRIC/ELECTRONIC COMPONENT, ELECTRIC/ELECTRONIC DEVICE, MAGNETIC SHEET, COMMUNICATIONS COMPONENT, COMMUNICATIONS DEVICE, AND ELECTROMAGNETIC INTERFERENCE-SUPPRESSING MEMBER

(54) 発明の名称: Fe基合金組成物、軟磁性体粉末、成形部材、圧粉コア、電気・電子部品、電気・電子機器、磁性シート、通信部品、通信機器および電磁干渉抑制部材

[図9]



(57) Abstract: Provided is an Fe-based alloy composition whereby a gas atomization method can be applied and a soft magnetic material having an amorphous phase as the main phase thereof formed. The Fe-based alloy composition has a compositional formula $\text{Fe}_a\text{Si}_b\text{B}_c\text{P}_d\text{X}_e$ ($a + b + c + d + e = 100 \text{ at\%}$). X is any added element and is at least one type selected from the group consisting of Ni, Co, Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Cr, Mo, W, Mn, Re, platinum-group elements, Au, Ag, Cu, Zn, In, Sn, As, Sb, Bi, S, Y, N, O, C, and rare earth elements. The Fe-based alloy composition fulfils one of the following conditions 1 to 3. Condition 1: $79.5 \text{ at\%} \leq a \leq 80.5 \text{ at\%}$; $1.8 \text{ at\%} \leq b \leq 6 \times a \text{ at\%}$; $0.5 \text{ at\%} \leq c \leq 13.5 \times a \text{ at\%}$; $4.5 \text{ at\%} \leq d \leq 14 \times a \text{ at\%}$; $0 \text{ at\%} \leq e \leq (1 - a) \times (b + c + d)$; and $0.8 \leq a \leq 1.0$. Condition 2: $80.5 \text{ at\%} \leq a \leq 81.5 \text{ at\%}$; $1 \text{ at\%} \leq b \leq 4.8 \times a \text{ at\%}$; $4.3 \text{ at\%} \leq c \leq 12 \times a \text{ at\%}$; $6.5 \text{ at\%} \leq d \leq 11 \times a \text{ at\%}$; $0 \text{ at\%} \leq e \leq (1 - a) \times (b + c + d)$; and $0.8 \leq a \leq 1.0$. Condition 3: $80.5 \text{ at\%} \leq a \leq 81.5 \text{ at\%}$; $1 \times a \text{ at\%} \leq b \leq 2.8 \times a \text{ at\%}$; $2.8 \times a \text{ at\%} \leq c \leq 8 \times a \text{ at\%}$; $11 \times a \text{ at\%} \leq d \leq 14.5 \times a \text{ at\%}$; $0 \text{ at\%} \leq e \leq (1 - a) \times (b + c + d)$; and $0.8 \leq a \leq 1.0$.

(57) 要約:

[続葉有]



MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユー
ロシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨー
ロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE,
ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV,
MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,

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

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

ガスアトマイズ法を適用してアモルファス相を主相とする軟磁性材料を形成することが可能な Fe 基合金組成物として、組成式が $Fe_aSi_bB_cP_dX$ 。(ただし、 $a+b+c+d+e=100$ 原子%) で表され、X は任意添加元素であって、Ni, Co, Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Cr, Mo, W, Mn, Re, 白金族元素, Au, Ag, Cu, Zn, In, Sn, As, Sb, Bi, S, Y, N, O, C および希土類元素からなる群から選ばれる 1 種または 2 種以上からなり、下記の条件 1 から 3 のいずれかを満たす Fe 基合金組成物が提供される。(条件 1) $79.5 \text{ 原子}\% \leq a \leq 80.5 \text{ 原子}\%$ 、 $1.8 \text{ 原子}\% \leq b \leq 6 \times a \text{ 原子}\%$ 、 $0.5 \text{ 原子}\% \leq c \leq 13.5 \times a \text{ 原子}\%$ 、 $4.5 \text{ 原子}\% \leq d \leq 14 \times a \text{ 原子}\%$ 、 $0 \text{ 原子}\% \leq e \leq (1-a) \times (b+c+d)$ 、かつ $0.8 \leq a \leq 1.0$ (条件 2) $80.5 \text{ 原子}\% \leq a \leq 81.5 \text{ 原子}\%$ 、 $1 \text{ 原子}\% \leq b \leq 4.8 \times a \text{ 原子}\%$ 、 $4.3 \text{ 原子}\% \leq c \leq 12 \times a \text{ 原子}\%$ 、 $6.5 \text{ 原子}\% \leq d \leq 11 \times a \text{ 原子}\%$ 、 $0 \text{ 原子}\% \leq e \leq (1-a) \times (b+c+d)$ 、かつ $0.8 \leq a \leq 1.0$ (条件 3) $80.5 \text{ 原子}\% \leq a \leq 81.5 \text{ 原子}\%$ 、 $1 \times a \text{ 原子}\% \leq b \leq 2.8 \times a \text{ 原子}\%$ 、 $2.8 \times a \text{ 原子}\% \leq c \leq 8 \times a \text{ 原子}\%$ 、 $11 \times a \text{ 原子}\% \leq d \leq 14.5 \times a \text{ 原子}\%$ 、 $0 \text{ 原子}\% \leq e \leq (1-a) \times (b+c+d)$ 、かつ $0.8 \leq a \leq 1.0$

明 細 書

発明の名称：

F e 基合金組成物、軟磁性体粉末、成形部材、圧粉コア、電気・電子部品、電気・電子機器、磁性シート、通信部品、通信機器および電磁干渉抑制部材

技術分野

[0001] 本発明は、F e 基合金組成物に関し、詳しくは、軟磁性材料として用いられるF e 基合金組成物に関する。また、本発明は、上記のF e 基合金組成物からなる軟磁性体粉末、当該軟磁性体粉末を含有する成形部材、上記の成形部材からなる圧粉コア、当該圧粉コアを備える電気・電子部品、当該電気・電子部品を備える電気・電子機器、上記の成形部材からなる磁性シート、当該磁性シートを備える通信部品、当該通信部品を備える通信機器、上記の磁性シートを備える電磁干渉抑制部材および当該電磁干渉抑制部材を備える電気・電子機器に関する。

背景技術

[0002] 優れた磁気特性を有する軟磁性材料として、アモルファス相を有するF e 基合金組成物が注目されている。

[0003] そのようなF e 基合金組成物を用いて形成される圧粉磁心として、例えば、特許文献1には、一般式： $(Fe_{1-a}M_a)_bSi_cB_dX_eM'_f$ （原子％）（ただし、上記式においてMはCo及び／又はNiであり、XはC、P、S、Ga、Ge、Snから選ばれる1種類以上の元素であり、M'はNb、W、Ta、Hf、Co、Ti、V、Cr、Mn、Y、Pd、Ruから選ばれる1種類以上の元素であり、a、b、c、d、e、fはそれぞれ $0 \leq a \leq 50$ 、 $76 \leq b \leq 84$ 、 $0 \leq c \leq 12$ 、 $8 \leq d \leq 18$ 、 $0.01 \leq e \leq 10$ 、 $0 \leq f \leq 10$ を満たす）により表される組成と不可避不純物からなるアモルファス薄帯に180℃以上かつ350℃以下の温度で脆化のための熱処理を施し、粉碎し、これにより得られた軟磁性体粉末と結着剤を混合して圧粉体と

することを特徴とする圧粉磁心の製造方法が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2006-237368号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0005] Fe基合金組成物におけるFeの含有量を高めることは、Fe基合金組成物から形成される軟磁性材料の飽和磁束密度 B_s （単位：T）を高める観点から好ましい。ところが、軟磁性材料におけるアモルファス相の形成しやすさも、Fe基合金組成物に含有されるFeの含有量に大きく影響を受け、Fe基合金組成物におけるFe含有量が高い場合には、溶湯から固化する際の冷却速度を高めなければ、アモルファス相以外にFeのbcc結晶（ α -Fe）が析出しやすくなる。上記の特許文献1では、冷却速度を高めることが比較的容易な急冷薄帯法を適用して製造することが前提となっている。

[0006] しかしながら、急冷薄帯法により製造されるアモルファス薄帯から軟磁性体粉末を得ようとする場合には、粉体化のために粉砕工程が必要とされる。この粉砕の程度を厳密に制御することは容易でない。このため、優れた工業的生産性の観点から、アモルファス薄帯から均一性の高い軟磁性体粉末を得ることは容易でない。

[0007] これに対し、ガスアトマイズ法は、粉末の形状制御が容易であり、しかも雰囲気を適切に制御することによって、粉末の酸化の程度や腐食の程度をも適切に制御することが可能である。ところが、ガスアトマイズ法は、上記の急冷薄帯法や、水アトマイズ法などに比べると、冷却速度を高めることが容易でない。このため、従来は、ガスアトマイズ法を適用する場合には、軟磁性材料の原料となるFe基合金組成物におけるFeの含有量は、他の製造方法を適用する場合のFe基合金組成物におけるFeの含有量に比べて、低く設定される、具体的には、75原子%程度以下に設定されることが通常であ

った。

[0008] 本発明は、Feの含有量が75原子%を超えるような場合、特に、80～81原子%であっても、ガスアトマイズ法を適用して、アモルファス相を主相とする軟磁性材料を形成することが可能な、Fe基合金組成物を提供することを目的とする。本発明は、かかるFe基合金組成物からなる軟磁性体粉末、当該軟磁性体粉末を含有する成形部材、上記の成形部材からなる圧粉コア、当該圧粉コアを備える電気・電子部品、当該電気・電子部品を備える電気・電子機器、上記の成形部材からなる磁性シート、当該磁性シートを備える通信部品、当該通信部品を備える通信機器、上記の磁性シートを備える電磁干渉抑制部材および当該電磁干渉抑制材を備える電気・電子機器を提供することも目的とする。

課題を解決するための手段

[0009] 本発明者らは、Fe基合金組成物におけるFeの含有量が高いと飽和磁束密度 B_s は高くなるがアモルファス相が形成されにくくなることを勘案して、Fe基合金組成物におけるFeの含有量を80～81原子%に設定し、この場合に、どのような元素を添加すれば、アモルファス相の形成のしやすさと、磁気特性を向上させること、特に飽和磁束密度 B_s を高めることとを両立できるかについて検討した。かかる検討により完成された発明は次のとおりである。

[0010] 本発明は、一態様として、組成式が $Fe_aSi_bB_cP_dX_e$ 。(ただし、 $a+b+c+d+e=100$ 原子%)で表され、Xは任意添加元素であって、Ni, Co, Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Cr, Mo, W, Mn, Re, 白金族元素, Au, Ag, Cu, Zn, In, Sn, As, Sb, Bi, S, Y, N, O, Cおよび希土類元素からなる群から選ばれる1種または2種以上からなり、下記の条件1から3のいずれかを満たすことを特徴とするFe基合金組成物を提供する。

[0011] (条件1)

79.5原子% $\leq a \leq 80.5$ 原子%、

1. $8 \text{ 原子}\% \leq b \leq 6 \times \alpha \text{ 原子}\%$ 、
 0. $5 \text{ 原子}\% \leq c \leq 13.5 \times \alpha \text{ 原子}\%$ 、
 4. $5 \text{ 原子}\% \leq d \leq 14 \times \alpha \text{ 原子}\%$ 、
 $0 \text{ 原子}\% \leq e \leq (1 - \alpha) \times (b + c + d)$ 、かつ
 $0.8 \leq \alpha \leq 1.0$

(条件2)

80. $5 \text{ 原子}\% \leq a \leq 81.5 \text{ 原子}\%$ 、
 1 $\text{ 原子}\% \leq b \leq 4.8 \times \alpha \text{ 原子}\%$ 、
 4. $3 \text{ 原子}\% \leq c \leq 12 \times \alpha \text{ 原子}\%$ 、
 6. $5 \text{ 原子}\% \leq d \leq 11 \times \alpha \text{ 原子}\%$ 、
 $0 \text{ 原子}\% \leq e \leq (1 - \alpha) \times (b + c + d)$ 、かつ
 $0.8 \leq \alpha \leq 1.0$

(条件3)

80. $5 \text{ 原子}\% \leq a \leq 81.5 \text{ 原子}\%$ 、
 1 $\text{ 原子}\% \leq b \leq 2.8 \times \alpha \text{ 原子}\%$ 、
 2. $8 \text{ 原子}\% \leq c \leq 8 \times \alpha \text{ 原子}\%$ 、
 11 $\text{ 原子}\% \leq d \leq 14.5 \times \alpha \text{ 原子}\%$ 、
 $0 \text{ 原子}\% \leq e \leq (1 - \alpha) \times (b + c + d)$ 、かつ
 $0.8 \leq \alpha \leq 1.0$

[0012] 上記のFe基合金組成物に対してガスアトマイズ法を適用した場合であっても、主相をアモルファス相とする軟磁性粉末を製造することが容易となる。

[0013] 上記の各条件のFe基合金組成物は、下記の2式の少なくとも一方をさらに満たすことが好ましい。

(条件1の場合)

- $0.038 \leq a/b \leq 0.063$
 $0.33 \leq c/d \leq 2.0$

(条件2の場合)

$$0.019 \leq a/b \leq 0.037$$

$$0.4 \leq c/d \leq 1.1$$

(条件3の場合)

$$0.015 \leq a/b \leq 0.023$$

$$0.2 \leq c/d \leq 0.5$$

[0014] 各条件において、上記の2式のいずれか、好ましくは両方を満たすことにより、主相がアモルファスである軟磁性体粉末がFe基合金組成物から得られやすくなる。

[0015] 本発明は、他の一態様として、上記のFe基合金組成物からなり、主相がアモルファスである軟磁性体粉末を提供する。上記のFe基合金組成物はアモルファス相の形成のしやすさと飽和磁束密度Bsの高まりやすさを適切に両立しているため、急冷薄帯法のような冷却速度が高い方法だけでなく、ガスアトマイズ法が適用されたものであっても、得られた軟磁性体粉末は優れた磁気特性を有することができる。

[0016] 上記の軟磁性体粉末は、結晶相を有していてもよい。その場合には、CoのK α 特性X線を用いて測定された、前記軟磁性体粉末についてのX線回折スペクトルにおける、2 θ が40°から50°の範囲の α -Fe(110)由来の回折ピークの強度の積算値の、 α -Feからなる軟磁性粉末についてのX線回折スペクトルにおける、2 θ が40°から50°の範囲の α -Fe(110)由来の回折ピークの強度の積算値に対する比率(単位：%)が、20%以下であることが好ましい。

[0017] 上記の軟磁性体粉末は、結晶相を有していてもよい。その場合には、CoのK α 特性X線を用いて測定されたX線回折スペクトルにおける α -Fe(110)由来の回折ピークに基づいて、シェラーの式から算出される結晶粒径が600nm以下であることが好ましい。

[0018] 上記の軟磁性体粉末は、ガスアトマイズ法により製造されてもよい。ガスアトマイズ法により製造された軟磁性体粉末は、形状均一性が高く、表面状態、とくに酸化の程度や腐食の程度を制御することが容易である。

- [0019] 上記の軟磁性体粉末は、メジアン径（ D_{50} ）が $120\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい場合がある。
- [0020] 前記軟磁性体粉末は、最長軸の長さの最短軸の長さに対する比が 1.5 以下である粉末を含んでいてもよい。
- [0021] 前記軟磁性体粉末は、飽和磁束密度が 1.4T 超であることが好ましい。
- [0022] 本発明は別の一態様として、上記の軟磁性体粉末を含有する成形部材を提供する。
- [0023] 上記の成形部材は結着成分をさらに含有していてもよい。その際、結着成分は樹脂材料に基づく成分を含んでいてもよい。樹脂材料に基づく成分の具体例として、樹脂材料が熱分解して得られる残渣が挙げられる。
- [0024] 本発明は、また別の一態様として、上記の成形部材からなる圧粉コア；その圧粉コア、コイルおよび前記コイルのそれぞれの端部に接続された接続端子を備える電子部品であって、前記圧粉コアの少なくとも一部は、前記接続端子を介して前記コイルに電流を流したときに前記電流により生じた誘導磁界内に位置するように配置されている電気・電子部品；およびその電気・電子部品が実装された電気・電子機器であって、前記電気・電子部品は前記接続端子にて基板に接続されている電気・電子機器を提供する。
- [0025] 本発明は、さらに別の一態様として、電子デバイスの内部および外部からの電磁ノイズを抑制する電磁干渉抑制部材として使用されたり、通信部品の通信を補助するコアとして使用されたりすることが可能な、上記のFe基合金組成物の粉末を含む磁性シートを提供する。また、その磁性シートを備える通信部品であって、前記通信部品はアンテナおよびICチップを備えるタグと金属部材とをさらに備え、前記磁性シートは前記タグと前記金属部材との間に挿入される通信部品；およびその通信部品を備える通信機器を提供する。さらに、上記の磁性シートを備える電磁干渉抑制部材およびその電磁干渉抑制部材を備える電気・電子機器を提供する。

発明の効果

- [0026] 本発明によれば、ガスアトマイズ法を用いても優れた磁気特性を有する軟

磁性体粉末を製造可能なF e 基合金組成物が提供される。また、本発明によれば、上記のF e 基合金組成物からなる、優れた磁気特性を有する軟磁性体粉末、当該軟磁性体粉末を含有する成形部材、上記の成形部材からなる圧粉コア、当該圧粉コアを備える電気・電子部品、当該電気・電子部品を備える電気・電子機器、上記の成形部材からなる磁性シート、当該磁性シートを備える通信部品、当該通信部品を備える通信機器、上記の磁性シートを備える電磁干渉抑制部材および当該電磁干渉抑制材を備える電気・電子機器も提供される。

図面の簡単な説明

[0027] [図1]ガスアトマイズ法による合金粉末の製造に好適に用いられる高圧ガス噴霧装置の一例を示す断面模式図である。

[図2]本発明の一実施形態に係る圧粉コアの形状を概念的に示す斜視図である。

[図3]造粒粉を製造する方法の一例において使用されるスプレードライヤー装置およびその動作を概念的に示す図である。

[図4]本発明の一実施形態に係る磁性シートの製造方法に使用されるドクターブレード装置の構成を概念的に示す断面図である。

[図5]本発明の一実施形態に係る圧粉コアを備える電子部品であるトロイダルコイルの形状を概念的に示す斜視図である。

[図6]本発明の別の一実施形態に係る圧粉コアを備える電子部品であるインダクタンス素子の全体構成を一部透視して示す斜視図である。

[図7]図6に示すインダクタンス素子を実装基板上に実装した状態を示す部分正面図である。

[図8]本発明の一実施形態に係る通信部品であるRFIDデバイスおよびリーダーライタの模式図である。

[図9]実施例において製造したF e 基合金組成物（F e の添加量は80.00原子％）からなる軟磁性粉末の飽和磁化 B_s とF e 基合金組成物の組成（Siの添加量 b 、Bの添加量 c およびPの添加量 d ）との関係を示す擬三元図

である。

[図10]実施例において製造したFe基合金組成物（Feの添加量は81.0原子%）からなる軟磁性粉末の飽和磁化BsとFe基合金組成物の組成（Siの添加量b，Bの添加量cおよびPの添加量d）との関係を示す擬三元図である。

発明を実施するための最良の形態

[0028] 以下、本発明の実施形態について詳しく説明する。

[0029] 1. Fe基合金組成物

（第一の実施形態）

本発明の第一の実施形態に係るFe基合金組成物の組成は、組成式が $Fe_a Si_b B_c P_d X_e$ 。（ただし、 $a + b + c + d + e = 100$ 原子%）で表され、下記式を満たす。Xは任意添加元素であって、Ni, Co, Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Cr, Mo, W, Mn, Re, 白金族元素, Au, Ag, Cu, Zn, In, Sn, As, Sb, Bi, S, Y, N, O, Cおよび希土類元素からなる群から選ばれる1種または2種以上からなる。

$79.5 \text{ 原子}\% \leq a \leq 80.5 \text{ 原子}\%$ 、

$1.8 \text{ 原子}\% \leq b \leq 6 \times \alpha \text{ 原子}\%$ 、

$0.5 \text{ 原子}\% \leq c \leq 13.5 \times \alpha \text{ 原子}\%$ 、

$4.5 \text{ 原子}\% \leq d \leq 14 \times \alpha \text{ 原子}\%$ 、

$0 \text{ 原子}\% \leq e \leq (1 - \alpha) \times (b + c + d)$ 、かつ

$0.8 \leq \alpha \leq 1.0$

[0030] 以下、各成分元素について説明する。本実施形態に係るFe基合金組成物は、下記の成分以外に、不可避免の不純物を含有していてもよい。

[0031] (1) Si：1.8原子%以上6原子%以下

Siは、Fe基合金組成物の熱的安定性を高め、優れたアモルファス形成能を有する。しかしながら、Fe基合金組成物内にSiを過度に添加すると、逆に軟磁性材料中にアモルファス相が形成されることを困難とし、軟磁性材料の磁気特性を低下させる傾向を示すこともある。したがって、Fe基

金組成物におけるS iの添加量は、1.8原子%以上6原子%以下とされる。磁気特性に与える影響を抑えつつアモルファス形成能を高めることをより安定的に実現させる観点から、Fe基合金組成物におけるS iの添加量を、2.5原子%以上5.5原子%以下とすることが好ましく、3原子%以上5原子%以下とすることがより好ましい。

[0032] S iの添加量のFeの含有量に対する比率は0.038以上0.063以下であること、すなわち、上記組成式に基づけば $0.038 \leq a/b \leq 0.063$ であることが好ましい。S iの添加量とFeの含有量とが上記の関係を満たすことにより、磁気特性に与える影響を抑えつつアモルファス形成能を高めることがより安定的に実現される。

[0033] (2) B: 0.5原子%以上13.5原子%以下

Bは優れたアモルファス形成能を有する。しかしながら、Fe基合金組成物内にBを過度に添加させると、Fe基合金組成物から形成された軟磁性材料の第1結晶化温度 T_{x1} (単位: °C)と第2結晶化温度 T_{x2} (単位: °C、 $T_{x1} < T_{x2}$)の温度差 ΔT ($= T_{x2} - T_{x1}$, 単位: °C)が小さくなる傾向がみられる場合があり、この場合には、軟磁性材料の熱処理条件範囲が狭くなったり、熱処理後の軟磁性材料の組織の均一性が低下しやすくなったりする。したがって、Fe基合金組成物におけるBの添加量は、0.5原子%以上13.5原子%以下とされる。 ΔT を適切な大きさに確保しつつアモルファス形成能を適切に発揮させる観点から、Fe基合金組成物におけるBの添加量を、2原子%以上12原子%以下とすることが好ましく、3原子%以上11.4原子%以下とすることがより好ましい。

[0034] Bの添加量のPの添加量に対する比率は0.33以上2.0以下であること、すなわち、上記組成式に基づけば $0.33 \leq c/d \leq 2.0$ であることが好ましい。Bの添加量とPの添加量とが上記の関係を満たすことにより、磁気特性に与える影響を抑えつつアモルファス形成能を高めることがより安定的に実現される。

[0035] (3) P: 4.5原子%以上14原子%以下

Pはアモルファス形成元素であり、Fe基合金組成物の主相をアモルファス相とすることに寄与する。また、Fe基合金組成物の融点 T_m （単位：℃）を低下させることにも寄与する。Fe基合金組成物の融点 T_m が低いことは、Fe基合金組成物の溶湯から軟磁性材料を製造する際の溶湯の粘度を低下させることが可能であることを意味する。したがって、ガスアトマイズ法のようなアトマイズプロセスを含む製造方法で粉末状の軟磁性材料を製造する際に、球状の粉末が得られやすくなる。しかしながら、Fe基合金組成物内にPを過度に添加すると、軟磁性材料の飽和磁束密度 B_s が低下して、その磁気特性を低下させる傾向を示すこともある。さらに、一方、Fe基合金組成物内におけるP添加量が過大であると、軟磁性材料の脆性が促進される、キュリー温度 T_c （単位：℃）が低下する、熱的安定性が低下する、アモルファス形成能が低下するといった現象がみられる可能性もある。したがって、Fe基合金組成物におけるPの添加量は、4.5原子%以上14原子%以下とされる。Fe基合金組成物にPを添加したことに基づく利益を享受することをより安定的に実現させる観点から、Fe基合金組成物におけるPの添加量を、5原子%以上13原子%以下とすることが好ましく、5.7原子%以上12原子%以下とすることがより好ましい。

[0036] (4) X：任意添加元素

本実施形態に係るFe基合金組成物は、上記の3添加元素（Si, B, P）に加えて、Ni, Co, Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Cr, Mo, W, Mn, Re, 白金族元素, Au, Ag, Cu, Zn, In, Sn, As, Sb, Bi, S, Y, N, O, Cおよび希土類元素からなる群から選ばれる1種または2種以上からなる任意添加元素Xを添加してもよい。任意添加元素Xは、上記の3添加元素（Si, B, P）の添加量の総和の一部を置き換えることにより添加すればよい。すなわち、下記式のように、Fe基合金組成物のFeの含有量を 80.0 ± 0.5 原子%に固定して、主要な残部である3添加元素（Si, B, P）の添加量の総和の一部を置き換えて、上記の任意添加元素Xを添加すればよい。

$$e \leq (1 - \alpha) \times (b + c + d) \text{、かつ}$$

$$0.8 \leq \alpha \leq 1.0$$

前述のように、本実施形態に係る Fe 基合金組成物の組成式は、 $Fe_a Si_b B_c P_d X_e$ 。(ただし、 $a + b + c + d + e = 100$ 原子%) で表される。

[0037] 以下、任意添加元素 X のうち主要なものについて説明する。任意添加元素 X の添加量が過度に高い場合には、上記の 3 添加元素 (Si, B, P) の添加量が相対的に低下して、これらの元素を添加したことに基づく利益を享受しにくくなることもある。任意添加元素 X の添加量の上限は、この点を考慮して設定される。

[0038] Co は、キュリー温度 T_c を高めることや、飽和磁化 M_s (単位: T) を高めることが可能である。したがって、Fe 基合金組成物が Co を含有する場合には、Co の添加量を、0.5 原子%以上とすることが好ましい。

[0039] Cr は、Fe 基合金組成物から形成された軟磁性材料に不動態化酸化皮膜を形成することが可能である。また、Fe 基軟磁性合金から形成された軟磁性材料の耐食性を向上させることも可能である。したがって、Fe 基合金組成物が Cr を含有する場合には、Cr の添加量を、0.5 原子%以上とすることが好ましい。Fe 基合金組成物が Cr を含有する場合には、Cr の添加量を 2 原子%以下とすることが好ましい。特に、Fe 基軟磁性合金から軟磁性材料を形成するにあたり、水アトマイズ法を適用する場合には、形成された軟磁性体粉末の表面が酸化したり腐食されたりしやすいため、Fe 基合金組成物は Cr を含有することが好ましい。

[0040] Nb は、Cr と同様に、Fe 基軟磁性合金から形成された軟磁性材料の耐食性を向上させることができる。したがって、Fe 基合金組成物が Nb を含有する場合には、Nb の添加量を、0.5 原子%以上とすることが好ましい。Fe 基合金組成物が Nb を含有する場合には、Nb の添加量を 2 原子%以下とすることが好ましい。

[0041] Ni は、Fe 基合金組成物から形成された軟磁性材料の耐食性を向上させることができる。したがって、Fe 基合金組成物が Ni を含有する場合には

、Niの添加量を、0.5原子%以上とすることが好ましい。

[0042] Cuは、アモルファス形成能を有する。また、Fe基合金組成物から形成された軟磁性材料をナノ結晶含有材料とする場合には、Fe基合金組成物にCuを含有させることにより、軟磁性材料内にナノ結晶が生成しやすくなる。その一方で、Fe基合金組成物がCuを過度に含有すると、Fe基合金組成物から形成された軟磁性材料のアモルファス相が非均質となりやすい。このため、軟磁性材料を熱処理して軟磁性材料内にナノ結晶を適切に生成させることが困難となる場合もある。したがって、Fe基合金組成物がCuを含有する場合には、Cuの添加量を、0原子%以上0.4原子%以下とすることが好ましく、0.05原子%以上0.3原子%以下とすることがより好ましく、0.1原子%以上0.2原子%以下とすることが特に好ましい。

[0043] Cは、Fe基合金組成物の熱的安定性を高め、優れたアモルファス形成能を有する。したがって、Fe基合金組成物がCを含有する場合には、Cの添加量を、0.01原子%以上とすることが好ましく、0.1原子%以上とすることがより好ましい。

[0044] 前述の3添加元素(Si, B, P)を含有させたことに基づく利益を享受することと、任意添加元素Xを含有させたことに基づく利益を享受することとのバランスを考慮して、上記式における α は設定される。 α は、0.85以上とすることが好ましい場合があり、0.9以上とすることがより好ましい場合があり、0.95以上とすることが特に好ましい場合がある。

[0045] (第二の実施形態)

本発明の第二の実施形態に係るFe基合金組成物の組成は、組成式が $\text{Fe}_a\text{Si}_b\text{B}_c\text{P}_d\text{X}_e$ 。(ただし、 $a+b+c+d+e=100$ 原子%)で表され、下記式を満たす。Xは任意添加元素であって、Ni, Co, Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Cr, Mo, W, Mn, Re, 白金族元素, Au, Ag, Cu, Zn, In, Sn, As, Sb, Bi, S, Y, N, O, Cおよび希土類元素からなる群から選ばれる1種または2種以上からなる。

$80.5\text{原子}\% \leq a \leq 81.5\text{原子}\%$ 、

$$\begin{aligned}
 &1 \text{ 原子}\% \leq b \leq 4.8 \times \alpha \text{ 原子}\%, \\
 &4.3 \text{ 原子}\% \leq c \leq 12 \times \alpha \text{ 原子}\%, \\
 &6.5 \text{ 原子}\% \leq d \leq 11 \times \alpha \text{ 原子}\%, \\
 &0 \text{ 原子}\% \leq e \leq (1 - \alpha) \times (b + c + d), \text{ かつ} \\
 &0.8 \leq \alpha \leq 1.0
 \end{aligned}$$

[0046] 以下、各成分元素について説明する。本実施形態に係る Fe 基合金組成物は、下記の成分以外に、不可避免の不純物を含有していてもよい。

[0047] (1) Si : 1 原子%以上 4.8 原子%以下

Si は、Fe 基合金組成物の熱的安定性を高め、優れたアモルファス形成能を有する。しかしながら、Fe 基合金組成物内に Si を過度に添加すると、逆に軟磁性材料中にアモルファス相が形成されることを困難とし、軟磁性材料の磁気特性を低下させる傾向を示すこともある。したがって、Fe 基合金組成物における Si の添加量は、1 原子%以上 4.8 原子%以下とされる。磁気特性に与える影響を抑えつつアモルファス形成能を高めることをより安定的に実現させる観点から、Fe 基合金組成物における Si の添加量を、1.5 原子%以上 4 原子%以下とすることが好ましく、1.5 原子%以上 3 原子%以下とすることがより好ましい。

[0048] Si の添加量の Fe の含有量に対する比率は 0.019 以上 0.037 以下であること、すなわち、上記組成式に基づけば $0.019 \leq a/b \leq 0.037$ であることが好ましい。Si の添加量と Fe の含有量とが上記の関係を満たすことにより、磁気特性に与える影響を抑えつつアモルファス形成能を高めることがより安定的に実現される。

[0049] (2) B : 4.3 原子%以上 12 原子%以下

B は優れたアモルファス形成能を有する。しかしながら、Fe 基合金組成物内に B を過度に添加させると、Fe 基合金組成物から形成された軟磁性材料の第 1 結晶化温度 T_{x1} (単位: °C) と第 2 結晶化温度 T_{x2} (単位: °C、 $T_{x1} < T_{x2}$) の温度差 ΔT ($= T_{x2} - T_{x1}$ 、単位: °C) が小さくなる傾向がみられる場合があり、この場合には、軟磁性材料の熱処理条件範囲が狭くな

ったり、熱処理後の軟磁性材料の組織の均一性が低下しやすくなったりする。したがって、Fe基合金組成物におけるBの添加量は、4.3原子%以上12原子%以下とされる。 ΔT を適切な大きさに確保しつつアモルファス形成能を適切に発揮させる観点から、Fe基合金組成物におけるBの添加量を、5原子%以上10原子%以下とすることが好ましく、6原子%以上8原子%以下とすることがより好ましい。

[0050] Bの添加量のPの添加量に対する比率は0.4以上1.1以下であること、すなわち、上記組成式に基づけば $0.4 \leq c/d \leq 1.1$ であることが好ましい。Bの添加量とPの添加量とが上記の関係を満たすことにより、磁気特性に与える影響を抑えつつアモルファス形成能を高めることがより安定的に実現される。

[0051] (3) P：6.5原子%以上11原子%以下

Pはアモルファス形成元素であり、Fe基合金組成物の主相をアモルファス相とすることに寄与する。また、Fe基合金組成物の融点 T_m （単位：℃）を低下させることにも寄与する。Fe基合金組成物の融点 T_m が低いことは、Fe基合金組成物の溶湯から軟磁性材料を製造する際の溶湯の粘度を低下させることが可能であることを意味する。したがって、ガスアトマイズ法のようなアトマイズプロセスを含む製造方法で粉末状の軟磁性材料を製造する際に、球状の粉末が得られやすくなる。しかしながら、Fe基合金組成物内にPを過度に添加すると、軟磁性材料の飽和磁束密度 B_s が低下して、その磁気特性を低下させる傾向を示すこともある。さらに、一方、Fe基合金組成物内におけるP添加量が過大であると、軟磁性材料の脆性が促進される、キュリー温度 T_c （単位：℃）が低下する、熱的安定性が低下する、アモルファス形成能が低下するといった現象がみられる可能性もある。したがって、Fe基合金組成物におけるPの添加量は、6.5原子%以上11原子%以下とされる。Fe基合金組成物にPを添加したことに基づく利益を享受することをより安定的に実現させる観点から、Fe基合金組成物におけるPの添加量を、7原子%以上11原子%以下とすることが好ましく、8原子%以

上11原子%以下とすることがより好ましい。

[0052] (4) X：任意添加元素

本実施形態に係るFe基合金組成物は、上記の3添加元素(Si, B, P)に加えて、Ni, Co, Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Cr, Mo, W, Mn, Re, 白金族元素, Au, Ag, Cu, Zn, In, Sn, As, Sb, Bi, S, Y, N, O, Cおよび希土類元素からなる群から選ばれる1種または2種以上からなる任意添加元素Xを添加してもよい。任意添加元素Xは、上記の3添加元素(Si, B, P)の添加量の総和の一部を置き換えることにより添加すればよい。すなわち、下記式のように、Fe基合金組成物のFeの含有量を 81.0 ± 0.5 原子%に固定して、主要な残部である3添加元素(Si, B, P)の添加量の総和の一部を置き換えて、上記の任意添加元素Xを添加すればよい。

$$e \leq (1 - \alpha) \times (b + c + d)、かつ$$

$$0.8 \leq \alpha \leq 1.0$$

前述のように、本実施形態に係るFe基合金組成物の組成式は、 $Fe_a Si_b B_c P_d X_e$ 。(ただし、 $a + b + c + d + e = 100$ 原子%)で表される。

[0053] 以下、任意添加元素Xのうち主要なものについて説明する。任意添加元素Xの添加量が過度に高い場合には、上記の3添加元素(Si, B, P)の添加量が相対的に低下して、これらの元素を添加したことに基づく利益を享受しにくくなることもある。任意添加元素Xの添加量の上限は、この点を考慮して設定される。

[0054] Coは、キュリー温度 T_c を高めることや、飽和磁化 M_s (単位：T)を高めることが可能である。したがって、Fe基合金組成物がCoを含有する場合には、Coの添加量を、0.5原子%以上とすることが好ましい。

[0055] Crは、Fe基合金組成物から形成された軟磁性材料に不動態化酸化皮膜を形成することが可能である。また、Fe基軟磁性合金から形成された軟磁性材料の耐食性を向上させることも可能である。したがって、Fe基合金組成物がCrを含有する場合には、Crの添加量を、0.5原子%以上とする

ことが好ましい。F e 基合金組成物がC rを含有する場合には、C rの添加量を2原子%以下とすることが好ましい。特に、F e基軟磁性合金から軟磁性材料を形成するにあたり、水アトマイズ法を適用する場合には、形成された軟磁性体粉末の表面が酸化したり腐食されたりしやすいため、F e基合金組成物はC rを含有することが好ましい。

[0056] N bは、C rと同様に、F e基軟磁性合金から形成された軟磁性材料の耐食性を向上させることができる。したがって、F e基合金組成物がN bを含有する場合には、N bの添加量を、0.5原子%以上とすることが好ましい。F e基合金組成物がN bを含有する場合には、N bの添加量を2原子%以下とすることが好ましい。

[0057] N iは、F e基合金組成物から形成された軟磁性材料の耐食性を向上させることができる。したがって、F e基合金組成物がN iを含有する場合には、N iの添加量を、0.5原子%以上とすることが好ましい。

[0058] C uは、アモルファス形成能を有する。また、F e基合金組成物から形成された軟磁性材料をナノ結晶含有材料とする場合には、F e基合金組成物にC uを含有させることにより、軟磁性材料内にナノ結晶が生成しやすくなる。その一方で、F e基合金組成物がC uを過度に含有すると、F e基合金組成物から形成された軟磁性材料のアモルファス相が非均質となりやすい。このため、軟磁性材料を熱処理して軟磁性材料内にナノ結晶を適切に生成させることが困難となる場合もある。したがって、F e基合金組成物がC uを含有する場合には、C uの添加量を、0原子%以上0.4原子%以下とすることが好ましく、0.05原子%以上0.3原子%以下とすることがより好ましく、0.1原子%以上0.2原子%以下とすることが特に好ましい。

[0059] Cは、F e基合金組成物の熱的安定性を高め、優れたアモルファス形成能を有する。したがって、F e基合金組成物がCを含有する場合には、Cの添加量を、0.01原子%以上とすることが好ましく、0.1原子%以上とすることがより好ましい。

[0060] 前述の3添加元素(S i, B, P)を含有させたことに基づく利益を享受

することと、任意添加元素Xを含有させたことに基づく利益を享受することとのバランスを考慮して、上記式における α は設定される。 α は、0.85以上とすることが好ましい場合があり、0.9以上とすることがより好ましい場合があり、0.95以上とすることが特に好ましい場合がある。

[0061] (第三の実施形態)

本発明の第三の実施形態に係るFe基合金組成物の組成は、組成式が $\text{Fe}_a\text{Si}_b\text{B}_c\text{P}_d\text{X}_e$ (ただし、 $a+b+c+d+e=100$ 原子%) で表され、下記式を満たす。Xは任意添加元素であって、Ni, Co, Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Cr, Mo, W, Mn, Re, 白金族元素, Au, Ag, Cu, Zn, In, Sn, As, Sb, Bi, S, Y, N, O, Cおよび希土類元素からなる群から選ばれる1種または2種以上からなる。

$$80.5\text{原子}\% \leq a \leq 81.5\text{原子}\%,$$

$$1\text{原子}\% \leq b \leq 2.8 \times \alpha\text{原子}\%,$$

$$2.8\text{原子}\% \leq c \leq 8 \times \alpha\text{原子}\%,$$

$$1.1\text{原子}\% \leq d \leq 14.5 \times \alpha\text{原子}\%,$$

$$0\text{原子}\% \leq e \leq (1 - \alpha) \times (b + c + d), \text{かつ}$$

$$0.8 \leq \alpha \leq 1.0$$

[0062] 以下、各成分元素について説明する。本実施形態に係るFe基合金組成物は、下記の成分以外に、不可避免の不純物を含有していてもよい。

[0063] (1) Si: 1原子%以上2.8原子%以下

Siは、Fe基合金組成物の熱的安定性を高め、優れたアモルファス形成能を有する。しかしながら、Fe基合金組成物内にSiを過度に添加すると、逆に軟磁性材料中にアモルファス相が形成されることを困難とし、軟磁性材料の磁気特性を低下させる傾向を示すこともある。したがって、Fe基合金組成物におけるSiの添加量は、1原子%以上2.8原子%以下とされる。磁気特性に与える影響を抑えつつアモルファス形成能を高めることをより安定的に実現させる観点から、Fe基合金組成物におけるSiの添加量を、1.2原子%以上2.5原子%以下とすることが好ましく、1.5原子%以

上2原子%以下とすることがより好ましい。

[0064] Siの添加量のFeの含有量に対する比率は0.015以上0.023以下であること、すなわち、上記組成式に基づけば $0.015 \leq a/b \leq 0.023$ であることが好ましい。Siの添加量とFeの含有量とが上記の関係を満たすことにより、磁気特性に与える影響を抑えつつアモルファス形成能を高めることがより安定的に実現される。

[0065] (2) B: 2.8原子%以上8原子%以下

Bは優れたアモルファス形成能を有する。しかしながら、Fe基合金組成物内にBを過度に添加させると、Fe基合金組成物から形成された軟磁性材料の第1結晶化温度 T_{x1} （単位：℃）と第2結晶化温度 T_{x2} （単位：℃、 $T_{x1} < T_{x2}$ ）の温度差 ΔT （ $= T_{x2} - T_{x1}$ 、単位：℃）が小さくなる傾向がみられる場合があり、この場合には、軟磁性材料の熱処理条件範囲が狭くなったり、熱処理後の軟磁性材料の組織の均一性が低下しやすくなったりする。したがって、Fe基合金組成物におけるBの添加量は、2.8原子%以上8原子%以下とされる。 ΔT を適切な大きさに確保しつつアモルファス形成能を適切に発揮させる観点から、Fe基合金組成物におけるBの添加量を、3.5原子%以上7原子%以下とすることが好ましく、5原子%以上6.6原子%以下とすることがより好ましい。

[0066] Bの添加量のPの添加量に対する比率は0.2以上0.5以下であること、すなわち、上記組成式に基づけば $0.2 \leq c/d \leq 0.5$ であることが好ましい。Bの添加量とPの添加量とが上記の関係を満たすことにより、磁気特性に与える影響を抑えつつアモルファス形成能を高めることがより安定的に実現される。

[0067] (3) P: 11原子%以上14.5原子%以下

Pはアモルファス形成元素であり、Fe基合金組成物の主相をアモルファス相とすることに寄与する。また、Fe基合金組成物の融点 T_m （単位：℃）を低下させることにも寄与する。Fe基合金組成物の融点 T_m が低いことは、Fe基合金組成物の溶湯から軟磁性材料を製造する際の溶湯の粘度を低

下させることが可能であることを意味する。したがって、ガスアトマイズ法のようなアトマイズプロセスを含む製造方法で粉末状の軟磁性材料を製造する際に、球状の粉末が得られやすくなる。しかしながら、F e 基合金組成物内にPを過度に添加すると、軟磁性材料の飽和磁束密度B_sが低下して、その磁気特性を低下させる傾向を示すこともある。さらに、一方、F e 基合金組成物内におけるP添加量が過大であると、軟磁性材料の脆性が促進される、キュリー温度T_c（単位：℃）が低下する、熱的安定性が低下する、アモルファス形成能が低下するといった現象がみられる可能性もある。したがって、F e 基合金組成物におけるPの添加量は、11原子%以上14.5原子%以下とされる。F e 基合金組成物にPを添加したことに基づく利益を享受することをより安定的に実現させる観点から、F e 基合金組成物におけるPの添加量を、11原子%以上13.5原子%以下とすることが好ましく、11原子%以上12.5原子%以下とすることがより好ましい。

[0068] (4) X：任意添加元素

本実施形態に係るF e 基合金組成物は、上記の3添加元素（S i，B，P）に加えて、N i，C o，T i，Z r，H f，V，N b，T a，C r，M o，W，M n，R e，白金族元素，A u，A g，C u，Z n，I n，S n，A s，S b，B i，S，Y，N，O，Cおよび希土類元素からなる群から選ばれる1種または2種以上からなる任意添加元素Xを添加してもよい。任意添加元素Xは、上記の3添加元素（S i，B，P）の添加量の総和の一部を置き換えることにより添加すればよい。すなわち、下記式のように、F e 基合金組成物のF eの含有量を81.0±0.5原子%に固定して、主要な残部である3添加元素（S i，B，P）の添加量の総和の一部を置き換えて、上記の任意添加元素Xを添加すればよい。

$$e \leq (1 - \alpha) \times (b + c + d)、かつ$$

$$0.8 \leq \alpha \leq 1.0$$

前述のように、本実施形態に係るF e 基合金組成物の組成式は、F e_aS i_bB_cP_dX_e。（ただし、a + b + c + d + e = 100原子%）で表される。

- [0069] 以下、任意添加元素Xのうち主要なものについて説明する。任意添加元素Xの添加量が過度に高い場合には、上記の3添加元素（Si，B，P）の添加量が相対的に低下して、これらの元素を添加したことに基づく利益を享受しにくくなることもある。任意添加元素Xの添加量の上限は、この点を考慮して設定される。
- [0070] Coは、キュリー温度 T_c を高めることや、飽和磁化 M_s （単位：T）を高めることが可能である。したがって、Fe基合金組成物がCoを含有する場合には、Coの添加量を、0.5原子%以上とすることが好ましい。
- [0071] Crは、Fe基合金組成物から形成された軟磁性材料に不動態化酸化皮膜を形成することが可能である。また、Fe基軟磁性合金から形成された軟磁性材料の耐食性を向上させることも可能である。したがって、Fe基合金組成物がCrを含有する場合には、Crの添加量を、0.5原子%以上とすることが好ましい。Fe基合金組成物がCrを含有する場合には、Crの添加量を2原子%以下とすることが好ましい。特に、Fe基軟磁性合金から軟磁性材料を形成するにあたり、水アトマイズ法を適用する場合には、形成された軟磁性体粉末の表面が酸化したり腐食されたりしやすいため、Fe基合金組成物はCrを含有することが好ましい。
- [0072] Nbは、Crと同様に、Fe基軟磁性合金から形成された軟磁性材料の耐食性を向上させることができる。したがって、Fe基合金組成物がNbを含有する場合には、Nbの添加量を、0.5原子%以上とすることが好ましい。Fe基合金組成物がNbを含有する場合には、Nbの添加量を2原子%以下とすることが好ましい。
- [0073] Niは、Fe基合金組成物から形成された軟磁性材料の耐食性を向上させることができる。したがって、Fe基合金組成物がNiを含有する場合には、Niの添加量を、0.5原子%以上とすることが好ましい。
- [0074] Cuは、アモルファス形成能を有する。また、Fe基合金組成物から形成された軟磁性材料をナノ結晶含有材料とする場合には、Fe基合金組成物にCuを含有させることにより、軟磁性材料内にナノ結晶が生成しやすくなる

。その一方で、F e 基合金組成物がC u を過度に含有すると、F e 基合金組成物から形成された軟磁性材料のアモルファス相が非均質となりやすい。このため、軟磁性材料を熱処理して軟磁性材料内にナノ結晶を適切に生成させることが困難となる場合もある。したがって、F e 基合金組成物がC u を含有する場合には、C u の添加量を、0 原子%以上0.4 原子%以下とすることが好ましく、0.05 原子%以上0.3 原子%以下とすることがより好ましく、0.1 原子%以上0.2 原子%以下とすることが特に好ましい。

[0075] C は、F e 基合金組成物の熱的安定性を高め、優れたアモルファス形成能を有する。したがって、F e 基合金組成物がC を含有する場合には、C の添加量を、0.01 原子%以上とすることが好ましく、0.1 原子%以上とすることがより好ましい。

[0076] 前述の3 添加元素 (S i , B , P) を含有させたことに基づく利益を享受することと、任意添加元素X を含有させたことに基づく利益を享受することとのバランスを考慮して、上記式における α は設定される。 α は、0.85 以上とすることが好ましい場合があり、0.9 以上とすることがより好ましい場合があり、0.95 以上とすることが特に好ましい場合がある。

[0077] 2. 軟磁性体粉末

本発明の一実施形態に係る軟磁性体粉末は、上記の本発明の第一実施形態から第三実施形態のいずれかに係るF e 基合金組成物からなり、主相がアモルファスである。本明細書において、「主相がアモルファスである」とは、軟磁性体粉末の組織において、アモルファス相が最も体積分率が高いことを意味する。

[0078] 上記の本発明の第一実施形態から第三実施形態のいずれかに係るF e 基合金組成物から本発明の一実施形態に係る軟磁性体粉末を製造する方法は限定されない。主相がアモルファスである軟磁性体粉末を得ることを容易にする観点から、ガスアトマイズ法、水アトマイズ法等のアトマイズ法、単ロール法、双ロール法等の急冷薄帯法などにより製造することが好ましい。こうした製造方法の一例として、ガスアトマイズ法について図1 を参照しつつ説明

する。

[0079] 図1は、ガスアトマイズ法による合金粉末の製造に好適に用いられる高圧ガス噴霧装置の一例を示す断面模式図である。この高圧ガス噴霧装置101は、溶湯るつぼ102と、ガス噴霧器103と、チャンバー104とを主体として構成されている。溶湯るつぼ102の内部には合金溶湯105が充填されている。また溶湯るつぼ102には加熱手段たるコイル102aが備えられており、合金溶湯105を加熱して溶融状態に保つように構成されている。そして、溶湯るつぼ102の底部には溶湯ノズル106が設けられており、合金溶湯105は溶湯ノズル106からチャンバー104の内部に向けて滴下されるか、若しくは溶湯るつぼ102内に不活性ガスを加圧状態で導入して合金溶湯105を溶湯ノズル106から噴出させる。

[0080] ガス噴霧器103は溶湯るつぼ102の下側に配設されている。このガス噴霧器103にはAr、窒素等の不活性ガスの導入流路107と、この導入流路107の先端部であるガス噴射ノズル108とが設けられている。不活性ガスは、図示しない加圧手段によってあらかじめ2～15MPa程度に加圧されており、導入流路107によってガス噴射ノズル108まで導かれ、このノズル108からチャンバー104内部へガス流gとなって噴出される。

[0081] チャンバー104の内部には、ガス噴霧器103から噴出される不活性ガスと同種の不活性ガスが充填されている。チャンバー104内部の圧力は70～100kPa程度に保たれており、また温度は室温程度に保たれている。

[0082] 軟磁性体粉末を製造するには、まず、溶湯るつぼ102に充填された合金溶湯105を溶湯ノズル106からチャンバー104内に滴下する。同時に、ガス噴霧器103のガス噴射ノズル108から不活性ガスを噴射する。噴射された不活性ガスは、ガス流gとなって滴下された溶湯まで達し、噴霧点pにおいて溶湯に衝突して溶湯を霧化する。霧状にされた合金溶湯はチャンバー104内で急凝固し、アモルファス相を主相とする略球状の粒子とな

ってチャンバー 104 の底部に堆積する。このようにして軟磁性体粉末が得られる。

[0083] 軟磁性体粉末の粒径は、噴出する不活性ガスの圧力、溶湯の滴下速度、溶湯ノズル 106 の内径等により調整することができ、数 μm ～百数十 μm の粒径のものを得ることができる。

[0084] 本発明の一実施形態に係る軟磁性体粉末の粒径は限定されない。かかる粒径を、メジアン径 D50（レーザー回折散乱法により測定された軟磁性体粉末の粒径の体積分布における体積累積値が 50% のときの粒径）により規定すれば、当該メジアン径 D50 は 1 μm から 120 μm の範囲内であることが好ましい。軟磁性体粉末の取扱い性を高める観点、成形部材における軟磁性体粉末の充填密度を高める観点などから、軟磁性体粉末のメジアン径 D50 は、2 μm 以上 106 μm 以下とすることが好ましく、3 μm 以上 53 μm 以下とすることがより好ましく、4 μm 以上 38 μm 以下とすることが特に好ましい。

[0085] 本発明の一実施形態に係る軟磁性体粉末の形状は限定されない。軟磁性体粉末の形状は球状であってもよいし非球状であってもよい。非球状である場合には、鱗片状、楕円球状、液滴状、針状といった形状異方性を有する形状であってもよいし、特段の形状異方性を有しない不定形であってもよい。

[0086] 本発明の一実施形態に係る軟磁性体粉末の形状は、軟磁性体粉末を製造する段階で得られた形状であってもよいし、製造された粉末を二次加工することにより得られた形状であってもよい。前者の形状としては、球状、楕円球状、液滴状、針状などが例示され、軟磁性体粉末の製造方法として上記のガスアトマイズ法が例示される。後者の形状としては、扁平形状、鱗片状が例示され、軟磁性体粉末の二次加工方法としてアトライタ等による扁平加工が例示される。

[0087] 本発明の一実施形態に係る軟磁性体粉末の形状は、最長軸の長さの最短軸の長さに対する比が 1.5 以下である粉末を含むことが好ましい場合がある。上記比が 1 に近いほど、軟磁性体粉末の形状は、球体に近づく。球体に近

い形状を有していることが有利な場合には、上記比は、1.3以下であることが好ましく、1.1以下であることがより好ましい。

[0088] 本発明の一実施形態に係る軟磁性体粉末の飽和磁束密度 B_s は、1.4 T 超であることが好ましく、1.5 T 以上であることがより好ましい。軟磁性体粉末の飽和磁束密度 B_s の上限は設定されず、高ければ高いほどよい。

[0089] 本発明の一実施形態に係る軟磁性体粉末は結晶相を有していてもよい。この場合において、Coの $K\alpha$ 特性X線を用いて測定された、本発明の一実施形態に係る軟磁性体粉末についてのX線回折スペクトルにおける、 2θ が 40° から 50° の範囲の $\alpha\text{-Fe}(110)$ 由来の回折ピークの強度の積算値 I_1 の、 $\alpha\text{-Fe}$ からなる軟磁性粉末についてのX線回折スペクトルにおける、 2θ が 40° から 50° の範囲の $\alpha\text{-Fe}(110)$ 由来の回折ピークの強度の積算値 I_0 に対する比率 I_1/I_0 （結晶化度）が、20%以下であることが好ましい。結晶化度が20%以下であることにより、軟磁性体粉末のアモルファス性を高めることが可能となる。本発明の一実施形態に係る軟磁性体粉末のアモルファス性を高めることをより安定的に実現させる観点から、結晶化度は、17.5%以下であることが好ましく、15%以下であることがより好ましく、12.5%以下であることが特に好ましい。

[0090] 本発明の一実施形態に係るFe基合金組成物が結晶相を有する場合において、本発明の一実施形態に係る軟磁性体粉末内の $\alpha\text{-Fe}$ 結晶の粒径はX線回折スペクトルから見積もることが可能である。本発明の一実施形態に係る軟磁性体粉末内の $\alpha\text{-Fe}$ の結晶の粒径 D （単位：nm、本明細書において「結晶粒径 D 」と略記することもある。）は、Coの $K\alpha$ 特性X線を用いて測定されたX線回折スペクトルにおける、 $2\theta=100^\circ$ 付近（ 98° から 102° の範囲）の $\alpha\text{-Fe}$ 由来の回折ピークに基づいて下記式（i）に示されるシェラーの式から算出した値とする。

$$D = K\lambda / (\beta \cos \theta) \quad (i)$$

ここで、 K は定数であって0.9、 λ はCoの $K\alpha$ 特性X線の波長（1.79 Å）、 β は $2\theta=100^\circ$ 付近の $\alpha\text{-Fe}$ 由来の回折ピークの半値全幅

(単位：ラジアン)、 θ はブラッグ角(単位：°)である。

[0091] 本発明の一実施形態に係る軟磁性体粉末内の α -Feの結晶の粒径は、上記式(i)から求められる結晶粒径Dとして、600nm以下であることが好ましい。結晶粒径Dが600nm以下であることにより、軟磁性体粉末のアモルファス性を高めることが可能となる。本発明の一実施形態に係る軟磁性体粉末のアモルファス性を高めることをより安定的に実現させる観点から、結晶粒径Dは400nm以下であることが好ましく、300nm以下であることがより好ましく、200nm以下であることがさらに好ましく、100nm以下であることが特に好ましい。

[0092] 3. 成形部材

本発明の一実施形態に係るFe軟磁性体粉末を備える部材の形態は限定されない。磁気特性に優れる部材を効率的に製造できることから、本発明の一実施形態に係る軟磁性体粉末を含有する成形部材であることが好ましい。かかる成形部材は、軟磁性体粉末を含む材料を成形する工程を経て製造された成形部材であることにより得られる。上記の成形が行われる際に、軟磁性体粉末が含有するFe基合金組成物は、 α -Feの結晶が析出していてもよいし、 α -Feの結晶が析出していなくてもよい。 α -Feの結晶が析出していない場合には、その後熱処理を行って軟磁性体粉末内に α -Feの結晶を析出させればよい。

[0093] 本発明の一実施形態に係る成形部材における軟磁性体粉末の含有量は限定されない。成形部材が所望の磁気特性を有するように適宜設定される。

[0094] 本発明の一実施形態に係る成形部材は結着成分を含有していてもよい。結着成分は、軟磁性体粉末同士または軟磁性体粉末と他の材料とを固定するために用いられる材料であり、この目的が果たされる限り、結着成分の組成は限定されない。

[0095] 結着成分を構成する材料として、樹脂材料および樹脂材料の熱分解残渣(本明細書において、これらを「樹脂材料に基づく成分」と総称する。)などの有機系の材料、無機系の材料などが例示される。樹脂材料として、アクリ

ル樹脂、シリコン樹脂、ポリプロピレン、塩素化ポリエチレン、ポリエチレン、エチレン・プロピレン・ジエン・ターポリマ（EPDM）、クロロブレン、ポリウレタン、塩化ビニル、飽和ポリエステル、ニトリル樹脂、エポキシ樹脂、フェノール樹脂、尿素樹脂、メラミン樹脂などが例示される。無機系の材料からなる結着成分は水ガラスなどガラス系材料が例示される。結着成分は一種類の材料から構成されていてもよいし、複数の材料から構成されていてもよい。結着成分は有機系の材料と無機系の材料との混合体であってもよい。結着成分として、通常、絶縁性の材料が使用される。これにより、成形部材の絶縁性を高めることが可能となる。

[0096] 成形部材は、リン酸エステル、赤燐、三酸化アンチモン、カーボンブラック、水酸化マグネシウム、水酸化アルミニウム、ヘキサブロモベンゼン、メラミン誘導体、臭素系、塩素系、白金系等の難燃剤をさらに含有していてもよい。

[0097] 成形部材の具体的な形状は限定されない。用途に合わせて適宜設定される。凹凸を有する三次元的な形状を有していてもよいし、二次元的なシート状の形状を有していてもよい。三次元的な形状を有する成形部材の具体例の一つに、図2に示される圧粉コアが挙げられる。

[0098] 4. 成形部材の製造方法

上記の本発明の一実施形態に係る成形部材の製造方法は限定されない。次に説明する方法により製造すれば、本発明の一実施形態に係る成形部材を効率的に製造することができる。

[0099] 本発明の一実施形態に係る成形部材の製造方法は、次に説明する成形工程および必要に応じ行われる熱処理工程を備える。熱処理工程と成形工程との実施タイミングの前後関係は限定されない。成形部材の種類に応じて適宜設定される。

[0100] (1) 成形工程

成形工程では、熱処理工程を経る前の軟磁性体粉末、すなわち、前述の組成を有しアモルファスを主相とする軟磁性体粉末、または熱処理工程を経た

後の軟磁性体粉末、すなわち、 α -Feの結晶が析出した軟磁性体粉末、および上記の結着成分を与える成分を含有する混合組成物を成形する。成形方法は限定されず、成形部材の形状等に応じて適宜設定される。

[0101] 以下、成形部材が圧粉成形体である場合、および成形部材がシート状成形部材である場合を具体例として、成形工程および熱処理工程について説明する。

[0102] (2) 圧粉成形体

成形部材が圧粉成形体である場合には、成形工程の後に熱処理工程が行われてもよい。成形工程では、アモルファスを主相とする軟磁性体粉末を含む混合組成物を加圧成形して成形製造物を得る。そして、必要に応じて行われる熱処理工程では成形製造物が含む軟磁性体粉末を加熱して、 α -Feの結晶が析出したFe基合金組成物の粉末を含む圧粉成形体を得る。

[0103] 圧粉成形体を製造する場合には、混合組成物が含有する結着成分を与える成分は、熱処理工程を経ることによって結着成分を形成するものであって、樹脂材料などの有機系材料、水ガラスなどの無機系の材料などが例示される。

[0104] 加圧成形における加圧条件は限定されず、混合組成物が含有する結着成分を与える成分の組成などに基つき適宜決定される。例えば、結着成分を与える成分が熱硬化性の樹脂を含有する場合には、加圧とともに加熱して、金型内で樹脂の硬化反応を進行させることが好ましい。一方、圧縮成形の場合には、加圧力が高いものの、加熱は必要条件とならず、短時間の加圧となる。

[0105] 以下、混合組成物が造粒粉であって、圧縮成形を行う場合について、やや詳しく説明する。造粒粉は取り扱い性に優れるため、成形時間が短く生産性に優れ、成形工程の作業性を向上させることができる。

[0106] (2-1) 造粒粉

造粒粉は、軟磁性体粉末および結着成分を与える成分を含有する。造粒粉における結着成分を与える成分の含有量は特に限定されない。かかる含有量が過度に低い場合には、結着成分を与える成分が軟磁性体粉末を保持しにく

くなる。また、結着成分を与える成分の含有量が過度に低い場合には、熱処理工程を経て得られた圧粉成形体中で、結着成分を与える成分の熱分解残渣からなる結着成分が、複数の軟磁性体粉末を互いに他から絶縁しにくくなる。一方、上記の結着成分を与える成分の含有量が過度に高い場合には、熱処理工程を経て得られた圧粉成形部材に含有される結着成分の含有量が高くなりやすい。圧粉成形部材中の結着成分の含有量が高くなると、圧粉成形体の磁気特性が低下しやすくなる。それゆえ、造粒粉中の結着成分を与える成分の含有量は、造粒粉全体に対して、0.5質量%以上5.0質量%以下となる量にすることが好ましい。圧粉成形体の磁気特性が低下する可能性をより安定的に低減させる観点から、造粒粉中の結着成分を与える成分の含有量は、造粒粉全体に対して、1.0質量%以上3.5質量%以下となる量にすることが好ましく、1.2質量%以上3.0質量%以下となる量にすることがより好ましい。

[0107] 造粒粉は、上記の軟磁性体粉末および結着成分を与える成分以外の材料を含有してもよい。そのような材料として、潤滑剤、カップリング剤、絶縁性のフィラー、難燃剤などが例示される。潤滑剤を含有させる場合において、その種類は特に限定されない。有機系の潤滑剤であってもよいし、無機系の潤滑剤であってもよい。有機系の潤滑剤の具体例として、ステアリン酸亜鉛、ステアリン酸アルミニウムなどの金属石鹸が挙げられる。こうした有機系の潤滑剤は、熱処理工程が行われた場合には気化し、圧粉成形体にはほとんど残留していないと考えられる。

[0108] 造粒粉の製造方法は特に限定されない。上記の造粒粉を与える成分をそのまま混練し、得られた混練物を公知の方法で粉砕するなどして造粒粉を得てもよいし、上記の成分に分散媒（水が一例として挙げられる。）を添加してなるスラリーを調製し、このスラリーを乾燥させて粉砕することにより造粒粉を得てもよい。粉砕後にふるい分けや分級を行って、造粒粉の粒度分布を制御してもよい。

[0109] 上記のスラリーから造粒粉を得る方法の一例として、スプレードライヤー

を用いる方法が挙げられる。図3に示されるように、スプレードライヤー装置200内には回転子201が設けられ、装置上部からスラリーSを回転子201に向けて注入する。回転子201は所定の回転数により回転しており、装置200内部のチャンバーにてスラリーSを遠心力により小滴状として噴霧する。さらに装置200内部のチャンバーに熱風を導入し、これにより小滴状のスラリーSに含有される分散媒（水）を、小滴形状を維持したまま揮発させる。その結果、スラリーSから造粒粉Pが形成される。この造粒粉Pを装置200の下部から回収する。回転子201の回転数、スプレードライヤー装置200内に導入する熱風温度、チャンバー下部の温度など各パラメータは適宜設定すればよい。これらのパラメータの設定範囲の具体例として、回転子201の回転数として4000～6000rpm、スプレードライヤー装置200内に導入する熱風温度として130～170℃、チャンバー下部の温度として80～90℃が挙げられる。またチャンバー内の雰囲気およびその圧力も適宜設定すればよい。一例として、チャンバー内をエア（空気）雰囲気として、その圧力を2mmH₂O（約0.02kPa）とすることが挙げられる。得られた造粒粉Pの粒度分布をふるい分けなどによりさらに制御してもよい。

[0110] （2-2）加圧条件

圧縮成形における加圧条件は特に限定されない。造粒粉の組成、成形製造物の形状などを考慮して適宜設定すればよい。造粒粉を圧縮成形する際の加圧力が過度に低い場合には、成形製造物の機械的強度が低下する。このため、成形製造物の取り扱い性が低下する、成形製造物から得られた圧粉成形体の機械的強度が低下する、といった問題が生じやすくなる。また、圧粉成形体の磁気特性が低下したり絶縁性が低下したりする場合もある。一方、造粒粉を圧縮成形する際の加圧力が過度に高い場合には、その圧力に耐えうる成形金型を作成するのが困難になってくる。成形工程が圧粉成形体の機械特性や磁気特性に悪影響を与える可能性をより安定的に低減させ、工業的に大量生産を容易に行う観点から、造粒粉を圧縮成形する際の加圧力は、0.3G

Pa以上2 GPa以下とすることが好ましく、0.5 GPa以上2 GPa以下とすることがより好ましく、1 GPa以上2 GPa以下とすることが特に好ましい。

[0111] 圧縮成形では、加熱しながら加圧を行ってもよいし、常温で加圧を行ってもよい。

[0112] (3) シート状成形部材

成形部材がシート状成形部材である場合には、熱処理工程が行われるときには、当該工程は成形工程の前に行われる。成形工程では、熱処理工程により得られた α -Feの結晶が析出した軟磁性体粉末を含む混合組成物をシート状に成形することを含んでシート状成形部材を得る。シート状成形部材は、単層の構造体であってもよいし、積層構造体であってもよい。シート状に成形された混合組成物の成形体は、そのままシート状成形部材となってもよいし、かかる成形体に熱処理を加えてシート状成形部材を得てもよい。

[0113] 以下、ドクターブレード法によりシート状成形部材を得る方法を具体例として説明する。

[0114] まず、必要に応じて熱処理工程を経た軟磁性体粉末、結着成分を与える成分および溶剤を含むスラリー状の材料を用意する。

[0115] 磁気特性の観点から、軟磁性体粉末の形状は扁平形状を有していることが好ましい場合もある。軟磁性体粉末の形状は、アトライタなどを用いることによって扁平形状にすることができる。このような形状加工によって軟磁性体粉末に歪が蓄積される場合もあるが、この場合には、形状加工の後に熱処理工程を実施することにより、軟磁性体粉末内の歪が緩和されることもある。

[0116] 結着成分を与える成分として樹脂材料が例示され、具体例として、アクリル樹脂、シリコン樹脂、ポリプロピレン、塩素化ポリエチレン、ポリエチレン、エチレン・プロピレン・ジエン・ターポリマ (EPDM)、クロロブレン、ポリウレタン、塩化ビニル、飽和ポリエステル、ニトリル樹脂が挙げられる。溶剤の種類は、軟磁性体粉末および結着成分を与える成分の組成に

応じて適宜設定すればよい。また、スラリー状の材料Cの固形分における軟磁性体粉末の含有量（体積％）も適宜設定すればよく、一例を挙げれば、10～70体積％であり、20～50体積％とすることが好ましい場合がある。スラリー状の材料は、さらに潤滑剤、カップリング剤、絶縁性のフィラー、難燃剤などを含有していてもよい。

[0117] このスラリー状の材料を、ドクターブレード法により基材（キャリアテープ）301上にシート状に成形する。図4を参照して具体的に説明すれば、ドクターブレード装置300内にスラリー状の材料Cを供給し、基材（キャリアテープ）301を一方向（図4中矢印A）に移動させると、ブレード302により所定の厚さに設定されたスラリー状の材料Cの薄膜Fが基材22上に形成される。この薄膜Fに含有される溶剤を蒸発させる乾燥を行うことにより、磁性シート（シート状成形部材）を得ることができる。

[0118] 成形条件（温度、基材301の移動速度、乾燥時間など）は限定されない。スラリー状の材料Cの組成、得られる薄膜Fの厚さなどに応じて適宜設定すればよい。乾燥条件（温度、時間、雰囲気など）も限定されない。溶剤の種類や薄膜Fの厚さなどを考慮して適宜設定すればよい。乾燥温度の限定されない例として、室温（25℃）～70℃が挙げられ、30～55℃程度とすることが好ましい場合がある。

[0119] 磁性シートは複数の薄膜の積層体から構成されていてもよい。具体的には、一度基材301を移動させて薄膜Fを成形した後、基材301を巻き戻して、得られた薄膜Fの上にさらにスラリー状の材料Cの薄膜を形成してもよい。この場合において、下層側の薄膜Fからの溶剤の蒸発が進行する前に上層側の薄膜を形成して層間密着性を高めてもよいし、下層側の薄膜Fを予備的に乾燥して薄膜F内の溶剤をある程度蒸発させておいてもよい。

[0120] （4）熱処理工程

前述の組成を有しアモルファスを主相とする軟磁性体粉末を加熱する熱処理を行うことにより、軟磁性体粉末内に α -Feの結晶を析出させることができる場合がある。

[0121] 熱処理を行う場合において、熱処理条件は、アモルファスを主相とする軟磁性体粉末内に上記の α -Feの結晶を適切に析出できる限り、限定されない。限定されない一例を挙げれば、300℃程度以上とすることにより、上記の α -Feの結晶を適切に析出させることができる場合がある。

[0122] ここで、本発明の一実施形態に係るFe基合金組成物から形成された軟磁性体粉末内は、複数の結晶化温度を有する場合がある。この場合には、結晶化温度間の温度差 ΔT が大きいことが好ましい。本発明の一実施形態に係るFe基合金組成物を用いることにより、優れた磁気特性を有する成形部材が得られやすい。

[0123] 熱処理の際の雰囲気は特に限定されない。酸化性雰囲気の場合には軟磁性体粉末の酸化が進行する可能性が高まるため、窒素、アルゴンなどの不活性雰囲気や、水素などの還元性雰囲気で熱処理を行うことが好ましい。

[0124] 4. 成形部材の適用例

(1) 圧粉コア

本発明の一実施形態に係る成形部材の具体的な適用例として、圧粉コアが挙げられる。図2に示す本発明の一実施形態に係る圧粉コア1は、その外観がリング状のトロイダルコアである。圧粉コア1は前述の圧粉成形体を製造する方法によって製造することができる。圧粉コア1は、本発明の一実施形態に係るFe基合金組成物を備えるため、優れた磁気特性を有する。

[0125] 本発明の一実施形態に係る電子部品は、上記の本発明の一実施形態に係る圧粉コア1、コイルおよびこのコイルのそれぞれの端部に接続された接続端子を備える。ここで、圧粉コア1の少なくとも一部は、接続端子を介してコイルに電流を流したときにこの電流により生じた誘導磁界内に位置するように配置されている。

[0126] このような電子部品の一例として、図5に示されるトロイダルコイル10が挙げられる。トロイダルコイル10は、リング状の圧粉コア（トロイダルコア）1に、被覆導電線2を巻回することによって形成されたコイル2aを備える。巻回された被覆導電線2からなるコイル2aと被覆導電線2の端部

2 b, 2 c との間に位置する導電線の部分において、コイル 2 a の端部 2 d, 2 e を定義することができる。このように、本実施形態に係る電子部品は、コイルを構成する部材と接続端子を構成する部材とが同一の部材から構成されていてもよい。

[0127] 本発明の一実施形態に係る電子部品の別の一例は、上記の本発明の一実施形態に係る圧粉コア 1 とは異なる形状を有する圧粉コアを備える。そのような電子部品の具体例として、図 6 に示されるインダクタンス素子 20 が挙げられる。図 6 は、本発明の一実施形態に係るインダクタンス素子 20 の全体構成を一部透視して示す斜視図である。図 6 では、インダクタンス素子 20 の下面（実装面）が上向きの姿勢で示されている。図 7 は、図 6 に示すインダクタンス素子 20 を実装基板 100 上に実装した状態を示す部分正面図である。

[0128] 図 6 に示すインダクタンス素子 20 は、圧粉コア 3 と、圧粉コア 3 の内部に埋め込まれたコイルとしての空芯コイル 5 と、溶接によって空芯コイル 5 に電氣的に接続される接続端子としての一对の端子部 4 とを備えて構成される。圧粉コア 3 は、本発明の一実施形態に係る Fe 基合金組成物を備える部材の一つであり、具体的には圧粉成形体からなる。したがって、優れた磁気特性を有する。

[0129] 空芯コイル 5 は、絶縁被膜された導線を巻回して形成されたものである。空芯コイル 5 は、巻回部 5 a と巻回部 5 a から引き出された引出端部 5 b, 5 b とを有して構成される。空芯コイル 5 の巻き数は必要なインダクタンスに応じて適宜設定される。

[0130] 図 6 に示すように、圧粉コア 3 において、実装基板 100 に対する実装面 3 a に、端子部 4 の一部を収納するための収納凹部 30 が形成されている。収納凹部 30 は、実装面 3 a の両側に形成されており、圧粉コア 3 の側面 3 b, 3 c に向けて解放されて形成されている。圧粉コア 3 の側面 3 b, 3 c から突出する端子部 4 の一部が実装面 3 a に向けて折り曲げられて、収納凹部 30 の内部に収納される。

- [0131] 端子部4は、薄板状のCu基材で形成されている。端子部4は圧粉コア3の内部に埋設されて空芯コイル5の引出端部5b、5bに電氣的に接続される接続端部40と、圧粉コア3の外面に露出し、前記圧粉コア3の側面3b、3cから実装面3aにかけて順に折り曲げ形成される第1曲折部42aおよび第2曲折部42bとを有して構成される。接続端部40は、空芯コイル5に溶接される溶接部である。第1曲折部42aと第2曲折部42bは、実装基板100に対して半田接合される半田接合部である。半田接合部は、端子部4のうちの圧粉コア3から露出している部分であって、少なくとも圧粉コア3の外側に向けられる表面を意味している。
- [0132] 端子部4の接続端部40と空芯コイル5の引出端部5bとは、抵抗溶接によって接合されている。
- [0133] 図7に示すように、インダクタンス素子20は、実装基板100上に実装される。
- [0134] 実装基板100の表面には外部回路と導通する導体パターンが形成され、この導体パターンの一部によって、インダクタンス素子20を実装するための一対のランド部110が形成されている。
- [0135] 図7に示すように、インダクタンス素子20においては、実装面3aが実装基板100側に向けられて、圧粉コア3から外部に露出している第1曲折部42aと第2曲折部42bが実装基板100のランド部110との間で半田層120にて接合される。
- [0136] 半田付け工程は、ランド部110にペースト状の半田が印刷工程で塗布された後に、ランド部110に第2曲折部42bが対面するようにしてインダクタンス素子20が実装され、加熱工程で半田が溶融する。図6と図7に示すように、第2曲折部42bは実装基板100のランド部110に対向し、第1曲折部42aはインダクタンス素子20の側面3b、3cに露出しているため、フィレット状の半田層120は、ランド部110に固着するとともに、半田接合部である第2曲折部42bと第1曲折部42aの双方の表面に十分に広がって固着される。

[0137] 本発明の一実施形態に係る電気・電子機器は、上記の本発明の一実施形態に係る圧粉コアを備える電気・電子部品が実装されたものである。そのような電気・電子機器として、電源スイッチング回路、電圧昇降回路、平滑回路等を備えた電源装置や小型携帯通信機器等が例示される。

[0138] (2) 磁性シート

本発明の一実施形態に係る成形部材の他の一具体例として、磁性シートが挙げられる。磁性シートは前述のシート状成形部材を製造する方法により製造することができる。磁性シートは、通信部品の通信を補助する部材として使用されたり、電子デバイスの内部および外部からの電磁ノイズを抑制する電磁干渉抑制部材として使用されたりする。

[0139] 磁性シートに含有される軟磁性体粉末の形状、粒径および含有量は限定されない。磁性シートが優れた磁気特性を有することをより安定的に達成する観点から、磁性シートが備える軟磁性体粉末はアトライタなどにより二次加工された扁平形状を有することが好ましい。磁性シートが備える軟磁性体粉末が扁平形状を有する場合には、磁性シート内の軟磁性体粉末は、磁性シートの厚さ方向と軟磁性体粉末の短軸の方向とが揃うように配置されている、すなわち、軟磁性体粉末が配向性を有して配置されていることが好ましいこともある。この磁性シート内の軟磁性体粉末の配向性の程度は、磁性シートの厚さ方向に沿って異なってもよい。例えば、磁性シート的一方の主面における軟磁性体粉末の配向性の程度と、磁性シートの他方の主面における軟磁性体粉末の配向性の程度とが異なってもよい。

[0140] 磁性シートは可撓性を有していることが好ましい場合もある。前述のドクターブレード法により磁性シートを製造する場合には、可撓性を有する磁性シートを任意の厚さで製造することが可能である。磁性シートは可撓性が低く、硬い板状であってもよい。そのような磁性シートは、例えば、ドクターブレード法により製造したシート状成形部材を熱処理することにより得られる場合もある。

[0141] (2-1) R F I D用磁気シート

本発明の一実施形態に係る磁性シートの具体的な適用例として、通信部品としてのRFID (Radio Frequency ID) デバイスに用いられるRFID用磁気シートが挙げられる。

[0142] 図8は、本発明の一実施形態に係る通信部品の一例としてのRFIDデバイスおよびリーダライタの模式図である。図8に示すように、RFIDデバイス60は、アンテナおよびICチップを備えるRFIDタグ61、金属部材62およびRFID用磁気シート63を備え、RFID用磁気シート63は、RFIDタグ61と金属部材62との間に配置されている。RFID用磁気シート63は、本発明の一実施形態に係る磁性シートからなる。このように、図7に示されるRFIDデバイス60では、RFIDタグ61の近傍に金属部材62が配置されている。

[0143] RFIDタグ61は、基板上にアンテナおよびICチップが形成された形態である。金属部材62は例えば筐体の一部を成しており、Al、Co、Ti、Cr等で形成される。金属部材62の膜厚は、0.05～0.5mm程度である。

[0144] RFIDタグ61が金属部材62の近傍に配置される場合、具体的には、RFIDタグ61に金属部材62が直接積層されている場合には、リーダライタ601からの磁束Hは、RFIDタグ61を貫通して金属部材62に到達する。このため、金属部材62に渦電流が発生し、この発生した渦電流による反磁界が、無線通信に必要な磁界を低減させてしまうおそれがある。

[0145] しかしながら、図8に示されるように、RFIDタグ61と金属部材62との間にRFID用磁気シート63が配置されることにより、リーダライタ601からの磁束HはRFID用磁気シート63内を通り、RFIDデバイス60とリーダライタ601との間で還流磁束が形成される。この結果、RFIDタグ61のアンテナにて受信した信号出力の減衰量を小さくでき、RFID特性の向上を効果的に図ることができる。また、RFIDデバイス60とリーダライタ601との間の最大通信距離L1の範囲を効果的に広げることができ、無線通信を安定的に行うことが可能である。

[0146] 以上説明したように、本発明の一実施形態に係る通信部品において、本発明の一実施形態に係る磁性シートは、通信部品外からの電磁波（リーダライタからの電磁波）に基づく還流磁場を形成し、通信部品の通信効率を高めるものとして機能している。また、RFIDデバイスのアンテナモジュールにおいて、磁性シートは補助コアとして使用されうる。

[0147] 本発明の一実施形態に係る通信機器は、上記のRFIDデバイスなど、本発明の一実施形態に係る通信部品を備える。かかる通信機器として、非接触ICカード、リーダライタ等のRFID関連機器、スマートフォン等の小型携帯通信機器などが例示される。こうした通信機器は、本発明の一実施形態に係る磁気特性に優れる磁性シートを用いた通信部品を備えるため、小型であっても効率的な通信が可能であり、通信に要する消費電力を低減させることが可能である。

[0148] (2-2) 電磁干渉抑制体

本発明の一実施形態に係る磁性シートは電磁干渉抑制体として使用することも可能である。電磁干渉抑制部材を電子デバイスに貼り付けるなど、電子デバイスに近位な位置に配置すれば、電子デバイスの内部および外部から発生した電磁ノイズを有効に抑制することができる。

[0149] 本発明の一実施形態に係る電子機器は、上記の本発明の一実施形態に係る電磁干渉抑制体を備える。そのような電子機器として、タブレット端末、ノートパソコン等の携帯型パソコンが例示される。こうした電子機器は、本発明の一実施形態に係る磁気特性に優れる磁性シートを備える電磁干渉抑制部材が組み込まれているため、小型であっても、優れた動作安定性（ノイズ耐性）を有することが可能である。

[0150] 以上説明した実施形態は、本発明の理解を容易にするために記載されたものであって、本発明を限定するために記載されたものではない。したがって、上記実施形態に開示された各要素は、本発明の技術的範囲に属する全ての設計変更や均等物をも含む趣旨である。

実施例

[0151] 以下、実施例等により本発明をさらに具体的に説明するが、本発明の範囲はこれらの実施例等に限定されるものではない。

[0152] (実施例1)

表1または2に示される組成のFe基合金組成物を溶製し、単ロール法により薄帯からなる軟磁性材料を、またはガスアトマイズ法により粉体からなる軟磁性材料（軟磁性体粉末）を得た。

[0153] [表1]

実験No.	Fe _a Si _b B _c P _d				b/a	c/d
	a (原子%)	b (原子%)	c (原子%)	d (原子%)		
1-1	80.00	4.00	4.00	12.00	0.050	0.33
1-2	80.00	4.00	7.00	9.00	0.050	0.78
1-3	80.00	5.00	5.00	10.00	0.063	0.50
1-4	80.00	3.00	9.00	8.00	0.038	1.13
1-5	80.00	4.00	8.70	7.30	0.050	1.19
1-6	79.90	3.00	11.40	5.70	0.050	2.00

[0154] [表2]

実験No.	Fe _a Si _b B _c P _d				b/a	c/d
	a (原子%)	b (原子%)	c (原子%)	d (原子%)		
2-1	81.00	3.00	2.67	13.33	0.037	0.2
2-2	81.00	3.00	4.57	11.43	0.037	0.4
2-3	81.00	3.00	6.00	10.00	0.037	0.6
2-4	81.00	1.50	2.92	14.58	0.019	0.2
2-5	81.00	1.50	5.00	12.50	0.019	0.4
2-6	81.00	1.50	6.56	10.94	0.019	0.6
2-7	81.00	5.00	2.33	11.67	0.062	0.2
2-8	81.00	5.00	4.00	10.00	0.062	0.4
2-9	81.00	5.00	5.25	8.75	0.062	0.6
2-10	81.00	1.90	5.70	11.40	0.023	0.5
2-11	83.60	1.50	7.80	7.10	0.018	1.1
2-12	78.40	3.00	9.70	8.90	0.038	1.1

- [0155] 得られた薄帯のいくつかを測定対象として、示差走査熱量計を用いて、ガラス転移温度 T_g （単位：℃）、第1結晶化温度 T_{x1} （単位：℃）および第1結晶化温度 T_{x1} と第2結晶化温度中 T_{x2} （単位：℃、 $T_{x1} < T_{x2}$ ）の温度差 ΔT （ $= T_{x2} - T_{x1}$ 、単位：℃）を測定した。結果を表3および4に示す。実験No. 2-7から2-9は、明確なガラス転移温度 T_g および第2結晶化温度が認められなかった。
- [0156] ガスアトマイズ法により製造された軟磁性体粉末を分級して、 $38\mu\text{m}$ 未満の範囲の粒径を有する軟磁性体粉末、および $38\mu\text{m}$ 以上 $50\mu\text{m}$ 未満の範囲の粒径を有する軟磁性体粉末を得た。得られた軟磁性体粉末のいくつかについて、Coの $K\alpha$ 特性X線を用いてX線回折スペクトルを測定した。得られたX線回折スペクトルから、 2θ が 40° から 50° の範囲に位置する $\alpha\text{-Fe}(110)$ 由来のピーク高さを求めるとともに、かかるピークの半値全幅に基づいて、 $\alpha\text{-Fe}$ の結晶粒径をシェラーの式から算出した。結果を表3および4に示す。
- [0157] また、Coの $K\alpha$ 特性X線を用いて測定された、実施例に係る軟磁性体粉末についてのX線回折スペクトルにおける、 2θ が 40° から 50° の範囲の $\alpha\text{-Fe}(110)$ 由来の回折ピークの強度の積算値 I_1 の、 $\alpha\text{-Fe}$ からなる軟磁性粉末についてのX線回折スペクトルにおける、 2θ が 40° から 50° の範囲の $\alpha\text{-Fe}(110)$ 由来の回折ピークの強度の積算値 I_0 に対する比率 I_1/I_0 （結晶化度）を求めた。結果を表3および4に示す。
- [0158] 上記の軟磁性粉末の $\alpha\text{-Fe}(110)$ 由来のピーク高さおよびFe基合金組成物の組成（Siの添加量b、Bの添加量cおよびPの添加量d）との関係を示す擬三元図を図9および10に示す。図9中、破線で囲まれた領域が、本発明の範囲（条件1）である。図10中、破線で囲まれた2つの領域が、本発明の範囲（条件2および3）である。
- [0159] また、上記の $38\mu\text{m}$ から $50\mu\text{m}$ の範囲の粒径を有する軟磁性体粉末のいくつかについて、振動試料型磁力計（VSM）を用いて、 $-10\sim 10\text{ kA/m}$ の磁場にて、飽和磁束密度を測定した（測定装置：東英工業社製「V

SM-5-10」)。結果を表2に示す。

[0160] [表3]

実験No.	粉体XRD (～38μm)			粉体XRD (38～50μm)			飽和磁束 密度Bs (T)	摘要
	ピーク高さ	結晶粒径D (nm)	結晶化度	ピーク高さ	結晶粒径D (nm)	結晶化度		
1-1	665	300	6.2%	1108	300	9.7%	1.51	本発明例
1-2	430	500	4.9%	1191	500	11.6%	1.55	本発明例
1-3	548	300	5.0%	1605	300	29.2%	1.55	本発明例
1-4	807	300	7.3%	1409	400	36.4%	1.57	本発明例
1-5	516	600	1.9%	2065	400	17.5%	1.52	本発明例
1-6	2065	400	25.6%	2361	500	35.3%	1.59	本発明例

[0161] [表4]

実験No.	薄層DSC測定結果 (°C)			粉末XRD (~38μm)			粉末XRD (38~50μm)			飽和磁束 密度Bs (T)	摘要
	Tg	T _{x1}	ΔT	ピーク高さ	結晶粒径D (nm)	結晶化度	ピーク高さ	結晶粒径D (nm)	結晶化度		
2-1	437.0	459.6	22.6				3614	500	34.2%	1.63	比較例
2-2	438.2	466.2	27.9				3546	500	42.1%	1.61	比較例
2-3	438.0	473.1	35.0	1061	700	5.1%	2230	500	23.3%	1.64	本発明例
2-4	421.6	453.2	31.6				3957	500	38.1%	1.62	比較例
2-5	428.0	463.8	35.8	849	200	8.1%	2148	400	29.7%	1.59	本発明例
2-6	441.9	471.6	29.6								本発明例
2-7	-	458.3	-				5197	800	65.5%	1.65	比較例
2-8	-	468.9	-								比較例
2-9	-	471.6	-								比較例
2-10				594	500	4.9%	1669	600	23.1%	1.57	本発明例
2-11				1249	300	11.4%	1932	600	30.7%	1.59	比較例
2-12				1732	600	9.8%	2302	600	26.4%	1.59	比較例

[0162] 表3および4に示されるように、本発明の範囲の組成を有するFe基合金

組成物を用いることにより、ガスアトマイズ法によって、1.4 T 超の飽和磁束密度を有する軟磁性体粉末を製造することができた。

産業上の利用可能性

[0163] 本発明の軟磁性体粉末を備える圧粉コアを用いた電気・電子部品は、パワーインダクタ、ハイブリッド自動車等の昇圧回路、発電、変電設備に用いられるリアクトル、トランスやチョークコイル、モータ用の磁芯などとして好適に使用されうる。本発明のFe基合金組成物を備える磁性シートを用いた通信部品は、RFID関連機器のRFIDデバイスや携帯通信機器等のアンテナモジュールとして好適に使用されうる。

符号の説明

[0164] 1…圧粉コア（トロイダルコア）
200…スプレードライヤー装置
201…回転子
S…スラリー
P…造粒粉
300…ドクターブレード装置
301…基材（キャリアテープ）
302…ブレード
C…スラリー状の材料
F…薄膜
10…トロイダルコイル
2…被覆導電線
2a…コイル
2b, 2c…被覆導電線2の端部
2d, 2e…コイル2aの端部
20…インダクタンス素子
3…圧粉コア
3a…圧粉コア3の実装面

3 b, 3 c …圧粉コア 3 の側面

4 …端子部

5 …空芯コイル

5 a …空芯コイル 5 の巻回部

5 b …空芯コイル 5 の引出端部

3 0 …収納凹部

4 0 …接続端部

4 2 a …第 1 曲折部

4 2 b …第 2 曲折部

1 0 0 …実装基板

1 1 0 …ランド部

1 2 0 …半田層

6 0 …R F I D デバイス

6 1 …R F I D タグ

6 2 …金属部材

6 3 …R F I D 用磁気シート

請求の範囲

[請求項1] 組成式が $\text{Fe}_a\text{Si}_b\text{B}_c\text{P}_d\text{X}_e$ (ただし、 $a + b + c + d + e = 100$ 原子%) で表され、

Xは任意添加元素であって、Ni, Co, Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Cr, Mo, W, Mn, Re, 白金族元素, Au, Ag, Cu, Zn, In, Sn, As, Sb, Bi, S, Y, N, O, C および希土類元素からなる群から選ばれる1種または2種以上からなり、

下記の条件1から3のいずれかを満たすことを特徴とするFe基合金組成物。

(条件1)

79.5 原子% $\leq a \leq 80.5$ 原子%、

1.8 原子% $\leq b \leq 6 \times \alpha$ 原子%、

0.5 原子% $\leq c \leq 13.5 \times \alpha$ 原子%、

4.5 原子% $\leq d \leq 14 \times \alpha$ 原子%、

0 原子% $\leq e \leq (1 - \alpha) \times (b + c + d)$ 、かつ

0.8 $\leq \alpha \leq 1.0$

(条件2)

80.5 原子% $\leq a \leq 81.5$ 原子%、

1 原子% $\leq b \leq 4.8 \times \alpha$ 原子%、

4.3 原子% $\leq c \leq 12 \times \alpha$ 原子%、

6.5 原子% $\leq d \leq 11 \times \alpha$ 原子%、

0 原子% $\leq e \leq (1 - \alpha) \times (b + c + d)$ 、かつ

0.8 $\leq \alpha \leq 1.0$

(条件3)

80.5 原子% $\leq a \leq 81.5$ 原子%、

1 原子% $\leq b \leq 2.8 \times \alpha$ 原子%、

2.8 原子% $\leq c \leq 8 \times \alpha$ 原子%、

$1.1 \text{ 原子}\% \leq d \leq 14.5 \times \alpha \text{ 原子}\%$ 、

$0 \text{ 原子}\% \leq e \leq (1 - \alpha) \times (b + c + d)$ 、かつ

$0.8 \leq \alpha \leq 1.0$

[請求項2] 前記条件1の場合には、さらに $0.038 \leq a/b \leq 0.063$ を満たし、

前記条件2の場合には、さらに $0.019 \leq a/b \leq 0.037$ を満たし、

前記条件3の場合には、さらに $0.015 \leq a/b \leq 0.023$ を満たす、

請求項1に記載のFe基合金組成物。

[請求項3] 前記条件1の場合には、さらに $0.33 \leq c/d \leq 2.0$ を満たし、

前記条件2の場合には、さらに $0.4 \leq c/d \leq 1.1$ を満たし、

前記条件3の場合には、さらに $0.2 \leq c/d \leq 0.5$ を満たす、
請求項1または2に記載のFe基合金組成物。

[請求項4] 請求項1から3のいずれか一項に記載されるFe基合金組成物からなり、主相がアモルファスである軟磁性体粉末。

[請求項5] CoのK α 特性X線を用いて測定された、前記軟磁性体粉末についてのX線回折スペクトルにおける、 2θ が 40° から 50° の範囲の $\alpha\text{-Fe}(110)$ 由来の回折ピークの強度の積算値の、 $\alpha\text{-Fe}$ からなる軟磁性粉末についてのX線回折スペクトルにおける、 2θ が 40° から 50° の範囲の $\alpha\text{-Fe}(110)$ 由来の回折ピークの強度の積算値に対する比率（単位：%）が、20%以下である、請求項4に記載の軟磁性体粉末。

[請求項6] CoのK α 特性X線を用いて測定されたX線回折スペクトルにおける $\alpha\text{-Fe}(110)$ 由来の回折ピークに基づいて、シェラーの式から算出される結晶粒径が600nm以下である、請求項4または5に記載の軟磁性体粉末。

- [請求項7] ガスアトマイズ法により製造される、請求項4から6のいずれか一項に記載の軟磁性体粉末。
- [請求項8] メジアン径（ D_{50} ）が $120\mu\text{m}$ 以下である、請求項4から7のいずれか一項に記載の軟磁性体粉末。
- [請求項9] 前記軟磁性体粉末は、最長軸の長さの最短軸の長さに対する比が1.5以下である粉末を含む、請求項4から8のいずれか一項に記載の軟磁性体粉末。
- [請求項10] 飽和磁束密度が1.4 T超である、請求項4から9のいずれか一項に記載の軟磁性体粉末。
- [請求項11] 請求項4から10のいずれか一項に記載される軟磁性体粉末を含有する成形部材。
- [請求項12] 結着成分をさらに含有する、請求項11に記載の成形部材。
- [請求項13] 前記結着成分は、樹脂材料に基づく成分を含む、請求項12に記載の成形部材。
- [請求項14] 請求項11から13のいずれかに記載される成形部材からなる圧粉コア。
- [請求項15] 請求項14に記載される圧粉コア、コイルおよび前記コイルのそれぞれの端部に接続された接続端子を備える電気・電子部品であって、前記圧粉コアの少なくとも一部は、前記接続端子を介して前記コイルに電流を流したときに前記電流により生じた誘導磁界内に位置するように配置されている電気・電子部品。
- [請求項16] 請求項15に記載される電気・電子部品が実装された電気・電子機器であって、前記電気・電子部品は前記接続端子にて基板に接続されている電気・電子機器。
- [請求項17] 請求項11から13のいずれかに記載される成形部材からなる磁性シート。
- [請求項18] 請求項17に記載される磁性シートを備える通信部品であって、前記通信部品はアンテナおよびICチップを備えるタグと金属部材とを

さらに備え、前記磁性シートは前記タグと前記金属部材との間に配置される通信部品。

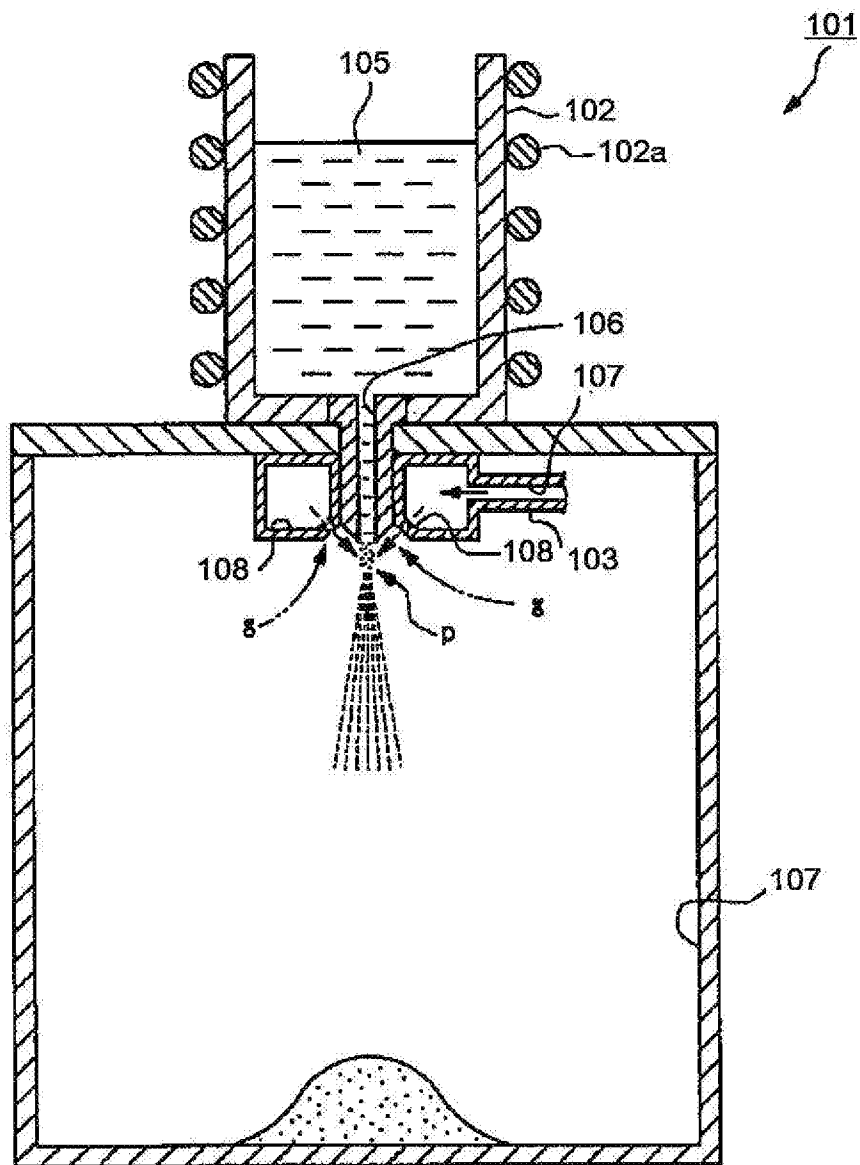
[請求項19] 請求項18に記載される通信部品を備える通信機器。

[請求項20] 請求項17に記載される磁性シートを備える電磁干渉抑制部材。

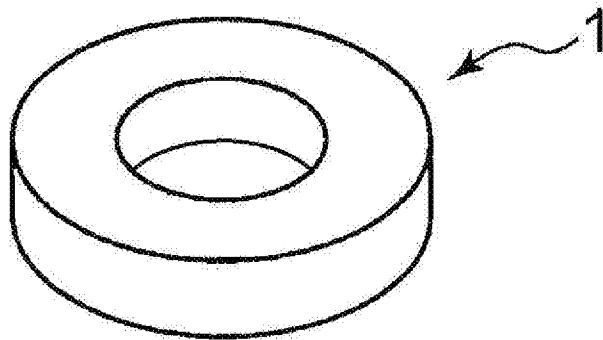
[請求項21] 請求項20に記載される電磁干渉抑制部材を備える電気・電子機器

。

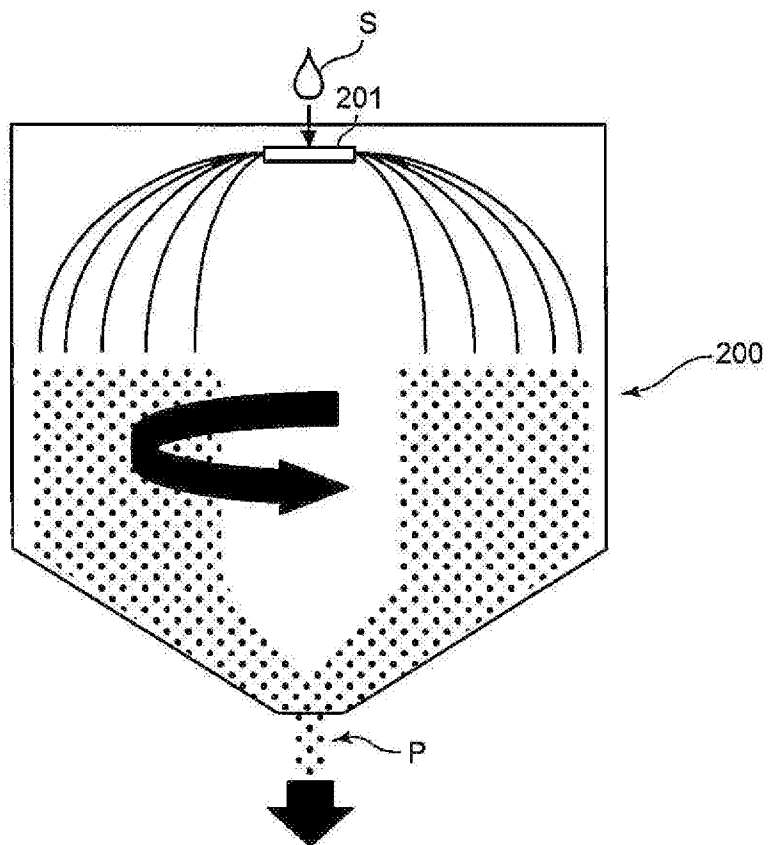
[図1]



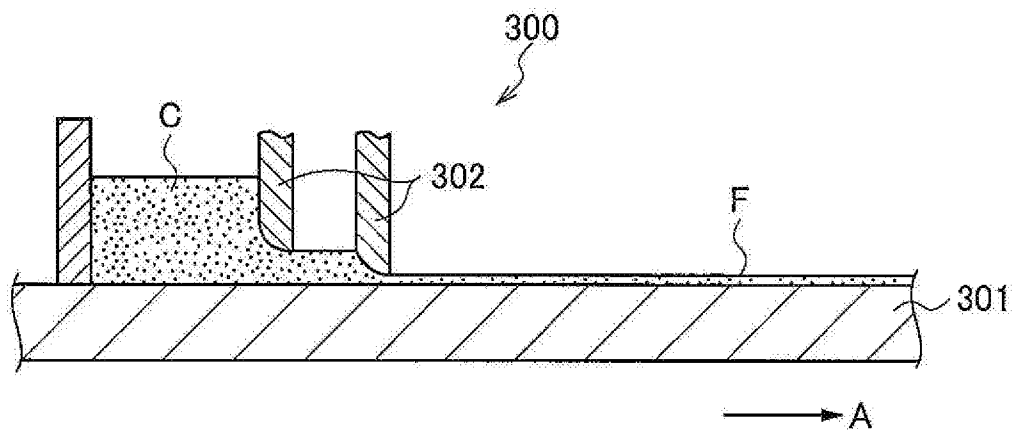
[図2]



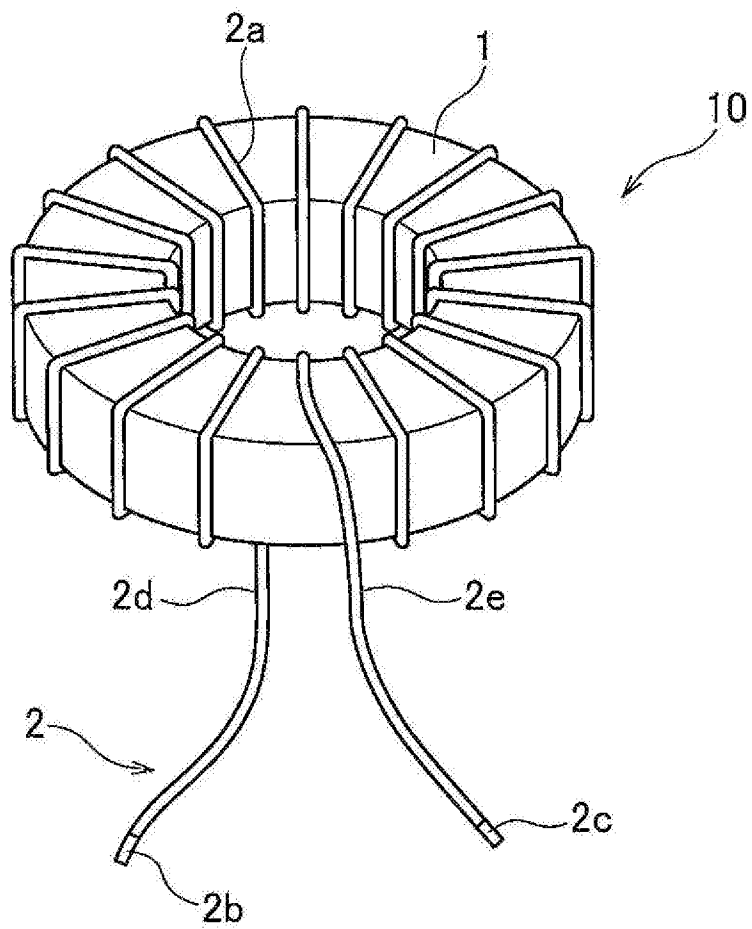
[図3]



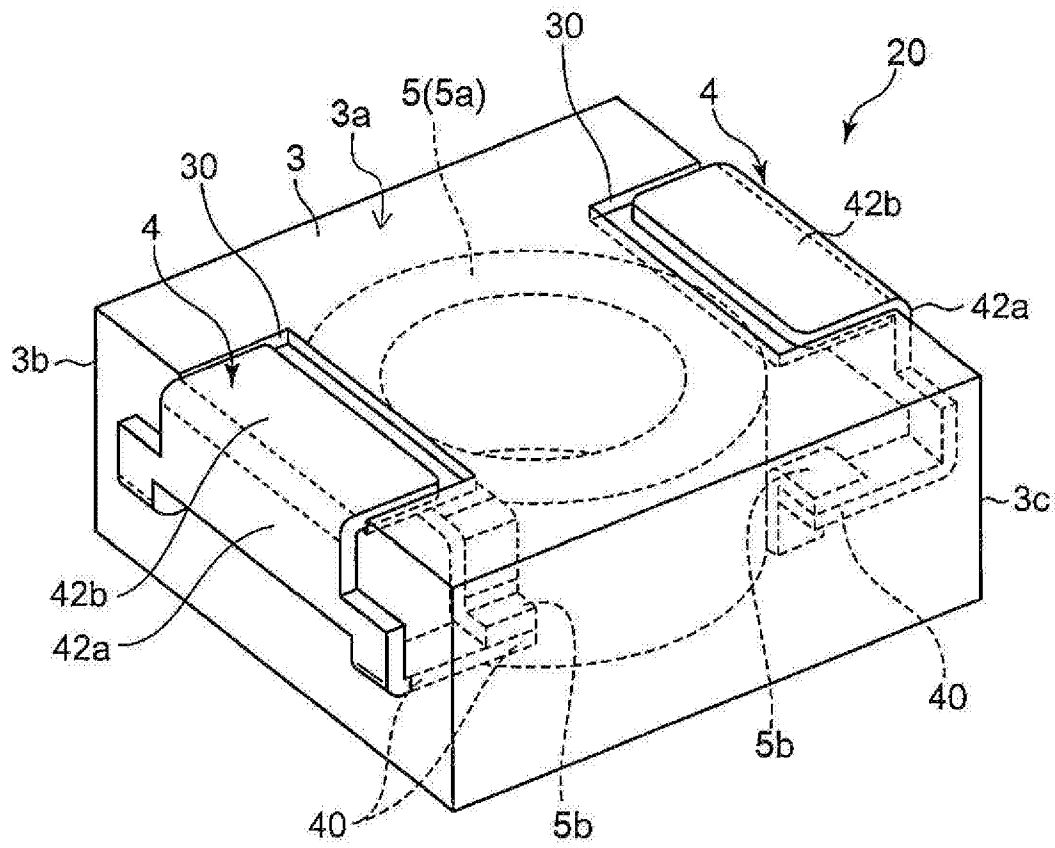
[図4]



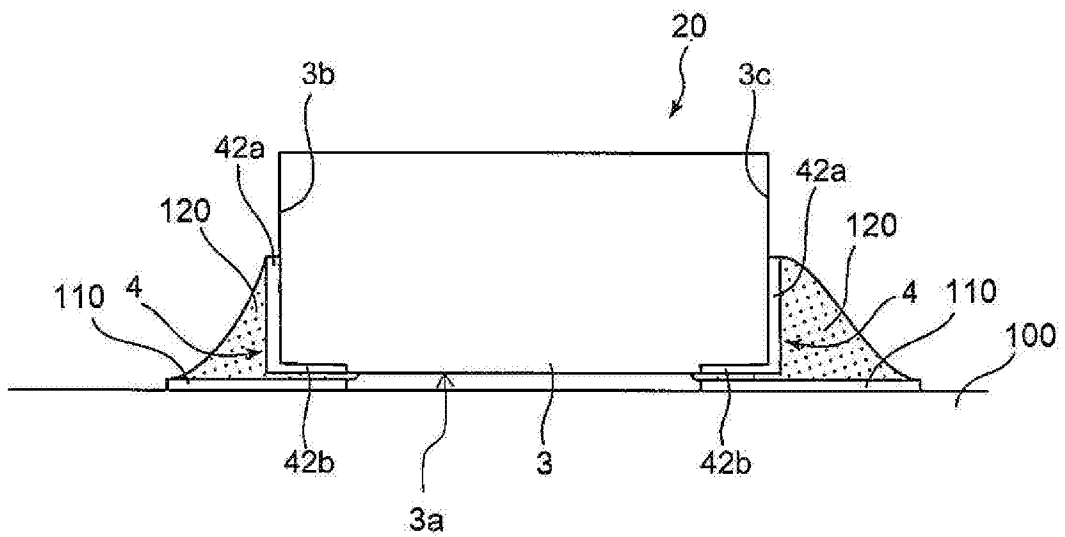
[図5]



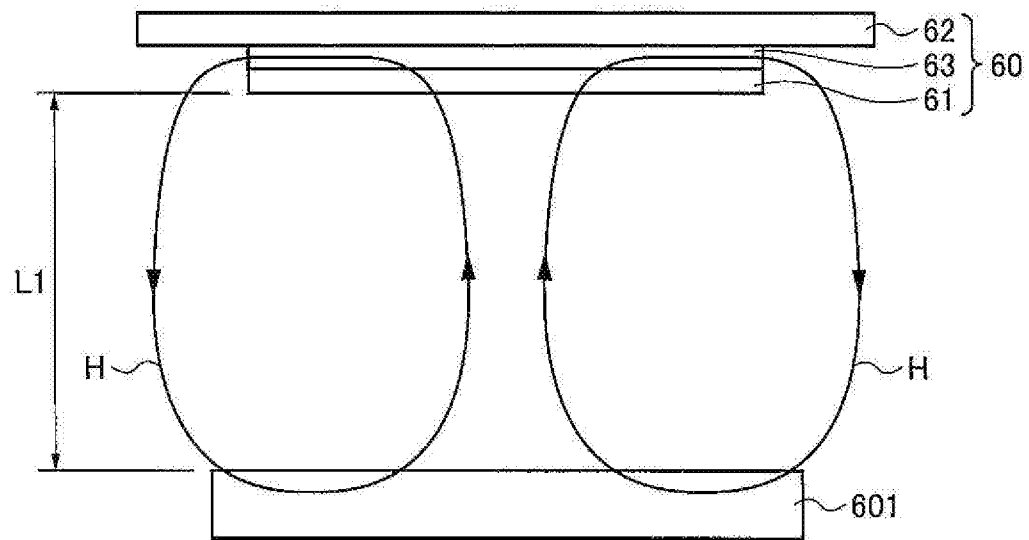
[図6]



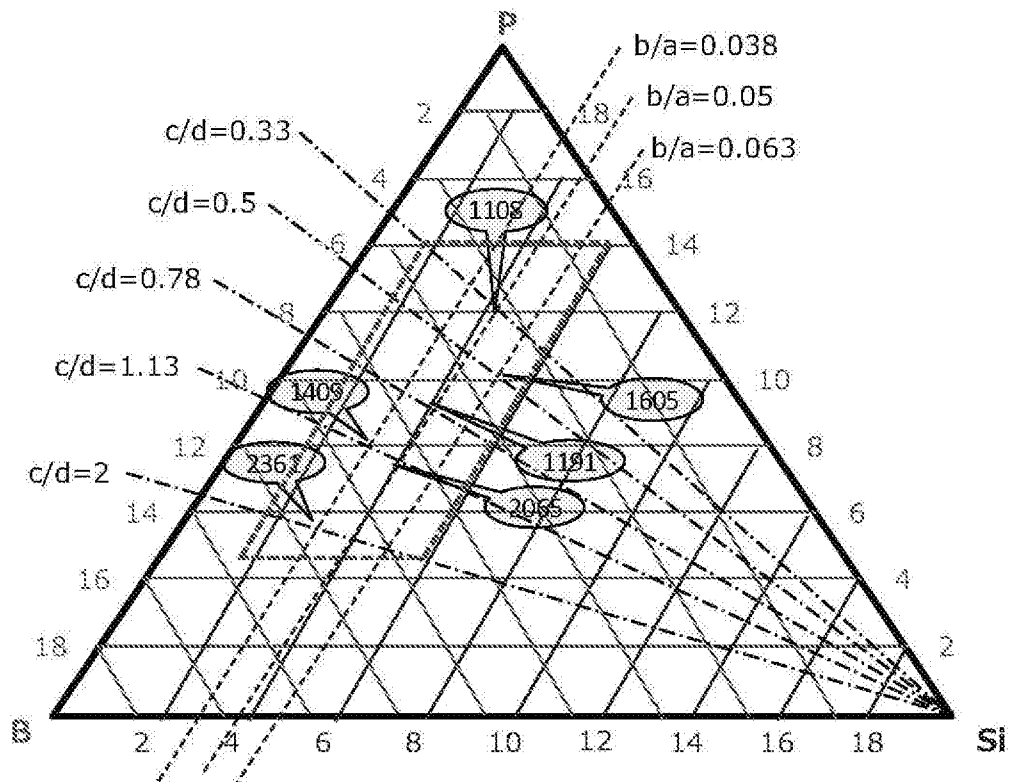
[図7]



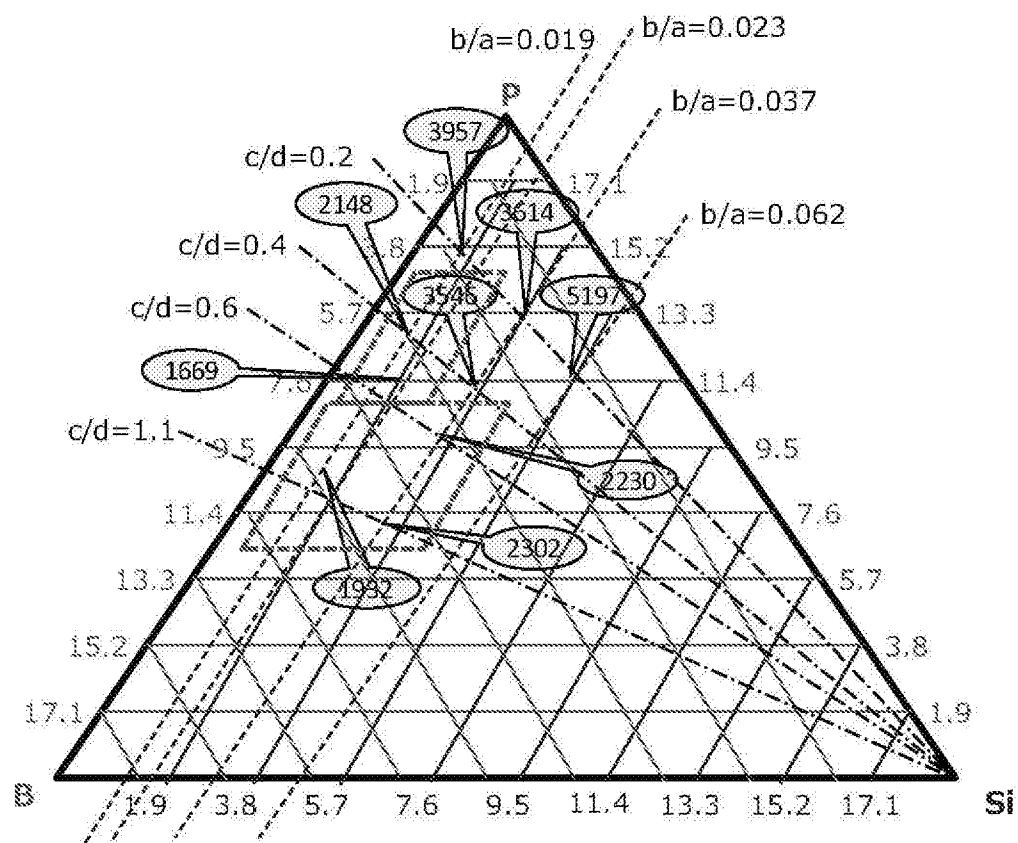
[図8]



[図9]



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/053324

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C22C38/00(2006.01)i, B22F1/00(2006.01)i, B22F3/00(2006.01)i, B22F9/08(2006.01)i, C22C45/02(2006.01)i, H01F1/14(2006.01)i, H01F1/22(2006.01)i, H01F27/255(2006.01)i, H01F27/36(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)

C22C38/00-38/60, C22C45/00-45/10

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	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

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

DWPI (Thomson Innovation)

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 2013-55182 A (NEC Tokin Corp.), 21 March 2013 (21.03.2013), paragraphs [0042] to [0067]; table 1, example 4 (Family: none)	1-16 17-21
X Y	WO 2008/133302 A1 (Hitachi Metals, Ltd.), 06 November 2008 (06.11.2008), paragraphs [0032], [0034] to [0045]; table 1, 5th from the bottom & US 2010/0084056 A1 paragraphs [0062], [0064] to [0076]; table 1, 5th from the bottom & EP 2149616 A1 & CN 101663410 A	1-16 17-21

☒ 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
07 April 2016 (07.04.16)

Date of mailing of the international search report
19 April 2016 (19.04.16)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/053324

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 2013-185162 A (NEC Tokin Corp., Tohoku University), 19 September 2013 (19.09.2013), paragraphs [0040], [0042], [0065] to [0095]; table 2, example 12 (Family: none)	1, 3-16 17-21 2
X A	JP 2008-248380 A (Nippon Steel Corp.), 16 October 2008 (16.10.2008), table 1, sample no.7 to 10 & US 2010/0096045 A1 table 6, Invention examples 3 to 5 & WO 2008/105135 A1 & KR 10-2009-0079972 A & CN 101589169 A & IN 200905180 P1	1-3 4-21
X A	WO 2013/094690 A1 (Hitachi Metals, Ltd.), 27 June 2013 (27.06.2013), paragraph [0099] & US 2015/0000862 A1 paragraph [0112] & EP 2796223 A1 & CN 104010748 A	1-3 4-21
X A	WO 03/085150 A1 (Nippon Steel Corp.), 16 October 2003 (16.10.2003), table 2, no.16, 18; table 23, no.6 to 8; table 25, no.6 to 8; table 26, no.16; table 27, no.25 to 28; table 30, no.16; table 34, no.20 to 22; table 43, no.3 & US 2004/0140016 A1 table 2, no.16, 19; table 23, no.6 to 8; table 25, no.6 to 8; table 27, no.25 to 28; table 30, no.16; table 34, no.20 to 22; table 43, no.3 & KR 10-0601413 B1 & AU 2003221020 A & TW 200304952 A & CN 1547621 A	1-3 4-21
Y	JP 2008-21991 A (Nitta Corp.), 31 January 2008 (31.01.2008), claims 1 to 11; paragraphs [0084] to [0093] (Family: none)	17-19
Y	JP 2004-309836 A (Sony Corp.), 04 November 2004 (04.11.2004), paragraphs [0051] to [0065]; fig. 4 (Family: none)	17-19
Y	JP 2010-153461 A (NEC Tokin Corp.), 08 July 2010 (08.07.2010), claims 1 to 6; paragraphs [0032] to [0053] (Family: none)	17, 20-21

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. C22C38/00(2006.01)i, B22F1/00(2006.01)i, B22F3/00(2006.01)i, B22F9/08(2006.01)i,
C22C45/02(2006.01)i, H01F1/14(2006.01)i, H01F1/22(2006.01)i, H01F27/255(2006.01)i,
H01F27/36(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. C22C38/00-38/60, C22C45/00-45/10

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

DWPI (Thomson Innovation)

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	JP 2013-55182 A (NEC トーキン株式会社) 2013.03.21, 【0042】 - 【0067】、【表1】の実施例4（ファミリーなし）	1-16 17-21
X Y	WO 2008/133302 A1 (日立金属株式会社) 2008.11.06, [0032]、[0034] - [0045]、[表1] の下から5番目 & US 2010/0084056 A1, [0062], [0064]-[0076], TABLE 1 の下から5番目 & EP 2149616 A1 & CN 101663410 A	1-16 17-21

☑ 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

0 7 . 0 4 . 2 0 1 6

国際調査報告の発送日

1 9 . 0 4 . 2 0 1 6

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）

静野 朋季

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

4 K

5 2 7 6

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
X Y A	JP 2013-185162 A (NEC トーキン株式会社、国立大学法人東北大学) 2013. 09. 19, 【0040】、【0042】、【0065】－【0095】、【表2】の実施例12 (フ ァミリーなし)	1, 3-16 17-21 2
X A	JP 2008-248380 A (新日本製鐵株式会社) 2008. 10. 16, 【表1】の試料No. 7 －10 & US 2010/0096045 A1, TABLE 6, Invention Examples 3-5 & WO 2008/105135 A1 & KR 10-2009-0079972 A & CN 101589169 A & IN 200905180 P1	1-3 4-21
X A	WO 2013/094690 A1 (日立金属株式会社) 2013. 06. 27, [0099] & US 2015/0000862 A1, [0112] & EP 2796223 A1 & CN 104010748 A	1-3 4-21
X A	WO 03/085150 A1 (新日本製鐵株式会社) 2003. 10. 16, 表2のNo. 16、18、 表23のNo. 6-8、表25のNo. 6-8、表26のNo. 16、表27の No. 25-28、表30のNo. 16、表34のNo. 20-22、表43の No. 3 & US 2004/0140016 A1, TABLE 2, No. 16, 19, TABLE 23, No. 6-8, TABLE 25, No. 6-8, TABLE 27, No. 25-28, TABLE 30, No. 16, TABLE 34, No. 20-22, TABLE 43, No. 3 & KR 10-0601413 B1 & AU 2003221020 A & TW 200304952 A & CN 1547621 A	1-3 4-21
Y	JP 2008-21991 A (ニッタ株式会社) 2008. 01. 31, 【請求項1】－【請求項11】、 【0084】－【0093】 (ファミリーなし)	17-19
Y	JP 2004-309836 A (ソニー株式会社) 2004. 11. 04, 【0051】－【0065】、 【図4】 (ファミリーなし)	17-19
Y	JP 2010-153461 A (NEC トーキン株式会社) 2010. 07. 08, 【請求項1】－【請 求項6】、【0032】－【0053】 (ファミリーなし)	17, 20-21