(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
2019年2月7日(07.02.2019)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2019/026612 A1

(51) 国際特許分類:
B22F 1/00 (2006.01)　*H01F 1/22* (2006.01)
B22F 3/00 (2006.01)　*H01F 27/255* (2006.01)

(21) 国際出願番号：　PCT/JP2018/026806

(22) 国際出願日：　2018年7月18日(18.07.2018)

(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 2017-149937　2017年8月2日(02.08.2017)　JP

(71) 出願人：株式会社デンソー (**DENSO CORPORATION**) [JP/JP]；〒4488661 愛知県刈谷市昭和町１丁目１番地 Aichi (JP).

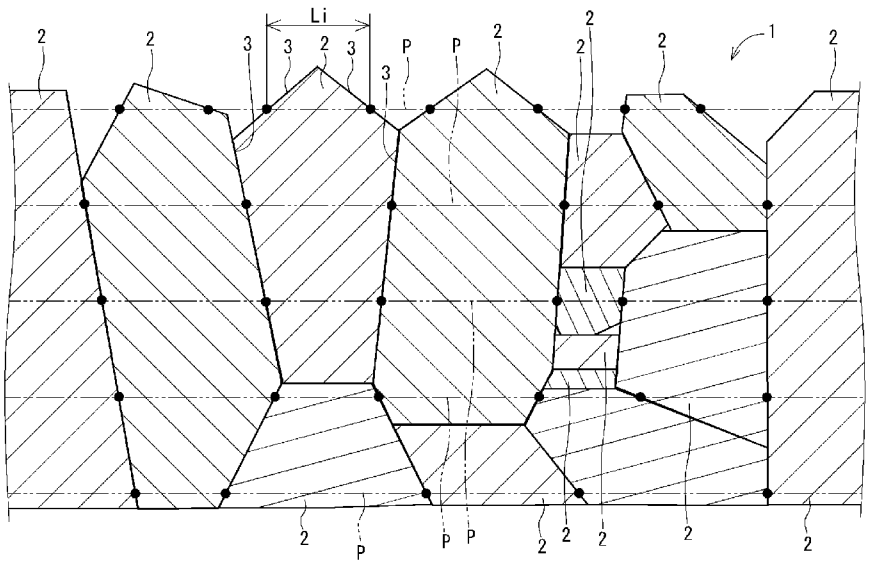
(72) 発明者：三富　将敬 (**MITOMI Masataka**)；〒4488661 愛知県刈谷市昭和町１丁目１番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP). 渡邊　朋泰 (**WATANABE Tomoyasu**)；〒4488661 愛知県刈谷市昭和町１丁目１番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP).

(74) 代理人：服部　雅紀 (**HATTORI Masaki**)；〒4600002 愛知県名古屋市中区丸の内一丁目４番１２号 アレックスビル８階 服部国際特許事務所 Aichi (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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,

(54) Title: POWDER FOR MAGNETIC POWDER CORE AND MAGNETIC POWDER CORE

(54) 発明の名称： 圧粉磁心用粉末および圧粉磁心



(57) Abstract: A powder (1) for a magnetic powder core used for producing a magnetic powder core, wherein the powder (1) for the magnetic powder core comprises multiple crystalline grains (2) and has at least two relative maximum values (RV1, RV2) when data is plotted according to each grain size of a crystalline grain and a grain number ratio (Rv), said ratio being the proportion of the number of grains of each grain size to the number of grains having grain sizes which were measured.

WO 2019/026612 A1

［続葉有］

HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, 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, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (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:

一　国際調査報告（条約第21条(3)）

(57) 要約：圧粉磁心に用いられる圧粉磁心用粉末（１）であって、圧粉磁心用粉末（１）は、複数の結晶粒（２）を備え、結晶粒の各結晶粒径および結晶粒径が測定された結晶粒の個数に対する各結晶粒径における結晶粒の個数の割合である個数比率（Ｒｖ）でプロットしたときに、少なくとも２つの極大値（Ｒｖ１，Ｒｖ２）を有する。

明　細　書

発明の名称 ： 圧粉磁心用粉末および圧粉磁心

関連出願の相互参照

[0001] 本出願は、２０１７年８月２日に出願された特許出願番号２０１７－１４９９３７号に基づくものであり、ここにその記載内容を援用する。

技術分野

[0002] 本開示は、圧粉磁心用粉末および圧粉磁心に関する。

背景技術

[0003] 従来、モータまたは点火コイル等に用いられる圧粉磁心が知られている。特許文献１に記載されているように、圧粉磁心に用いられる材料として、結晶粒径分布を求めたときに、７０％以上の結晶粒径が５０μｍ以上である鉄基粉末が知られている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開２００８－０６３６５２号公報

発明の概要

[0005] 一般に、圧粉磁心の電磁変換特性の損失である鉄損は、磁束密度－磁場カーブの面積に相当するヒステリシス損と磁場変化に対する電磁誘導で発生する起電力に伴う誘導電流のジュール損失である渦電流損との和で表される。特許文献１の構成では、比較的大きな結晶粒径の比率を大きくすることによって、ヒステリシス損を低減している。

[0006] ヒステリシス損は、結晶粒径が大きいほど、低減する。一方で、粉末のメジアン径が小さいほど、渦電流損は、低減する。特許文献１の構成のように、結晶粒径を大きくするとメジアン径が大きくなり、渦電流損は、増加する。粉末の粒径設計において、ヒステリシス損の低減および渦電流損の低減の両立は、困難である。

[0007] 本開示の目的は、ヒステリシス損の低減および渦電流損の低減を両立し、

低鉄損な圧粉磁心用粉末および圧粉磁心を提供することにある。

[0008] 本開示は、圧粉磁心に用いられる圧粉磁心用粉末である。圧粉磁心用粉末は、複数の結晶粒を備え、結晶粒の各結晶粒径および結晶粒径が測定された結晶粒の個数に対する各結晶粒径における結晶粒の個数の割合である個数比率でプロットしたときに、少なくとも２つの極大値を有する。

[0009] 比較的大きい極大値が調整されることで、比較的大きい結晶粒径の個数比率が大きくなる。このため、ヒステリシス損が低減される。また、比較的小さい極大値が調整されることで、圧粉磁心用粉末のメジアン径が小さくなる。このため、渦電流損が低減される。したがって、ヒステリシス損の低減および渦電流損の低減を両立し、低鉄損にできる。

[0010] また、本開示は、圧粉磁心に用いられる圧粉磁心用粉末である。圧粉磁心用粉末は、複数の結晶粒を備え、測定された結晶粒の個数に対して、結晶粒径が５０μｍ以上である結晶粒の個数の割合が５－３５％である。

[0011] さらに、本開示は、上記圧粉磁心用粉末により形成された圧粉磁心として提供される。

上記圧粉磁心用粉末と同様の効果を奏する。

図面の簡単な説明

[0012] 本開示についての上記目的及びその他の目的、特徴や利点は、添付の図面を参照しながら下記の詳細な記述により、より明確になる。その図面は、

[図1]図１は、本実施形態の圧粉磁心用粉末の模式図であり、

[図2]図２は、第１実施形態の圧粉磁心用粉末の結晶粒径の測定を説明するためのフローチャートであり、

[図3]図３は、第１実施形態の圧粉磁心用粉末の結晶粒の画像解析を説明するための模式図であり、

[図4]図４は、第１実施形態の圧粉磁心用粉末の粒径分布曲線を示す図であり、

[図5]図５は、第１実施形態の圧粉磁心用粉末の鉄損を示す図であり、

[図6]図６は、第１実施形態の圧粉磁心用粉末の結晶粒径の逆数とヒステリシ

ス損とを表す関係図であり、

[図7]図７は、第１実施形態の圧粉磁心用粉末の第２極大値と鉄損とを表す関係図であり、

[図8]図８は、第１実施形態の圧粉磁心用粉末のメジアン径と渦電流損とを表す関係図であり、

[図9]図９は、第２実施形態の圧粉磁心用粉末の結晶粒径の測定を説明するためのフローチャートであり、

[図10]図１０は、第２実施形態の圧粉磁心用粉末の結晶粒径の逆数とヒステリシス損とを表す関係図であり、

[図11]図１１は、第２実施形態の圧粉磁心用粉末の結晶粒径の逆数とヒステリシス損とを表す関係図であり、

[図12]図１２は、第３実施形態の圧粉磁心用粉末の個数分布曲線を示す図であり、

[図13]図１３は、第３実施形態の圧粉磁心用粉末の結晶粒径の逆数とヒステリシス損とを表す関係図であり、

[図14]図１４は、第３実施形態の圧粉磁心用粉末の結晶粒と鉄損とを表す関係図である。

発明を実施するための形態

[0013] 以下、圧粉磁心用粉末および圧粉磁心の実施形態を図面に基づいて説明する。複数の実施形態の説明において、実質的に同一の構成には、同一の符号を付して説明する。本実施形態という場合、複数の実施形態を包括する。本実施形態の圧粉磁心用粉末は、圧粉磁心の製造に用いられる。この圧粉磁心は、モータのロータもしくはステータ等のコア、リアクトルまたは点火コイルに用いられる。

[0014] （第１実施形態）

図１に示すように、圧粉磁心用粉末１は、強磁性体または軟磁性体の金属粉末であり、複数の結晶粒２を備え、結晶粒２の集合体である。

[0015] 圧粉磁心用粉末１は、例えば、純鉄粒子、鉄基合金粒子またはアモルファ

ス粒子等である。鉄基合金粒子は、例えば、Ｆｅ－Ａｌ合金、Ｆｅ－Ｓｉ合金、センダストまたはパーマロイ等である。結晶粒２の粒径を結晶粒径Ｄ［μｍ］とする。粒径が測定された結晶粒２の個数に対する各結晶粒径Ｄにおける結晶粒２の個数の割合を個数比率Ｒｖ［％］とする。

[0016] 結晶粒２は、第１粒子２１および第２粒子２２を有する。第１粒子２１および第２粒子２２は、アトマイズ法、機械的粉砕、還元法等により準備される。アトマイズ法としては、例えば、水アトマイズ法、ガスアトマイズ法、ガス水アトマイズ法である。第１粒子２１および第２粒子２２は、篩を用いて、粒径が調整される粉末である。

[0017] 第１粒子２１は、目開き９０μｍ以上、かつ、１８０μｍ以下である篩を通過可能である。なお、目開きは、篩の網目の大きさまたは密度を表す基準の１つであり、網目の１つあたりの空間における天地幅または左右幅を表す。

[0018] 第２粒子２２は、目開き２１２μｍ以上、かつ、２５０μｍ以下である篩を通過可能である。圧粉磁心用粉末１の全重量に対する第２粒子２２の重量の割合を第２粒子重量比Ｗ２とする。第２粒子重量比Ｗ２が２０％以上５０％以下となるように、第１粒子２１と第２粒子２２とが混合され、圧粉磁心用粉末１は調整される。

[0019] 調整された圧粉磁心用粉末１が金型に充填される。充填された圧粉磁心用粉末１は、密度が所定値となるように、プレス成形される。所定値は、任意に設定されており、鉄損、ヒステリシス損および渦電流損が測定されやすいように、設定されている。プレス成形された圧粉磁心用粉末１は、ひずみを除去するため、所定の温度および所定の時間、真空で焼鈍される。焼鈍された圧粉磁心用粉末１の結晶粒径Ｄが金属顕微鏡により測定される。結晶粒径Ｄの測定後、圧粉磁心用粉末１の鉄損、ヒステリシス損および渦電流損が測定される。

[0020] 図２のフローチャートを参照して、結晶粒径Ｄの測定について説明する。フローチャート中で、「Ｓ」は、ステップを意味する。

ステップ１０１において、目開き９０μｍ以上、かつ、１８０μｍ以下である篩を用いて、第１粒子２１が作製される。

ステップ１０２において、目開き２１２μｍ以上、かつ、２５０μｍ以下である篩を用いて、第２粒子２２が作製される。

ステップ１０３において、第２粒子重量比Ｗ２が２０％以上５０％以下となるように、第１粒子２１と第２粒子２２とが混合され、圧粉磁心用粉末１は、調整される。

[0021] ステップ１０４において、調整された圧粉磁心用粉末１は、金型に充填され、プレス成形される。

ステップ１０５において、プレス成形された圧粉磁心用粉末１は、焼鈍される。

ステップ１０６において、圧粉磁心用粉末１は、樹脂に埋め込められる。

ステップ１０７において、圧粉磁心用粉末１の断面が露出するように、圧粉磁心用粉末１を埋め込んだ樹脂が切断される。

[0022] ステップ１０８において、露出している圧粉磁心用粉末１の断面を鏡面研磨する。

ステップ１０９において、鏡面研磨した断面をエッチングする。

ステップ１１０において、光学顕微鏡を用いて、エッチングされた断面を倍率１００－４００倍で観察する。また、光学顕微鏡を用いて、エッチングされた断面の複数箇所を撮影する。第１実施形態では、５から１０箇所が撮影されている。撮影された複数の画像の中に、樹脂に埋められている圧粉磁心用粉末１の結晶粒２が１００個以上観察される。

ステップ１１１において、撮影した写真から対象となる結晶粒２を画像解析する。画像解析では、画像処理プログラムが用いられる。

[0023] 図３に示すように、画像解析では、１枚の画像に対して、複数の平行線Ｐが所定の間隔で引かれる。図中において、結晶粒２を明確にするため、結晶粒２を誇張して記載している。また、図中において、紙面の左右方向に延びるように、５本の平行線Ｐが引かれている。結晶粒２同士の界面または端面

である粒界３と平行線Ｐとの距離を交点間距離Ｌｉとする。

[0024] １つの結晶粒２の粒界３と平行線Ｐと交わる数に応じて、交点間距離Ｌｉが測定される。測定した交点間距離Ｌｉの平均した値を結晶粒径Ｄとする。なお、１つの結晶粒２において、粒界３と平行線Ｐとが交わらないとき、その結晶粒２の結晶粒径Ｄは測定除外とする。図中において、交点を明確にするため、交点を黒丸で記載している。測定した結晶粒径Ｄから個数比率Ｒｖが演算される。各結晶粒径Ｄと個数比率Ｒｖとがプロットされ、プロットした点を結んだ曲線である粒径分布曲線Ｃが描かれる。

[0025] 図４に示すように、圧粉磁心用粉末１は、粒径分布曲線Ｃに、少なくとも２つの極大値を有する。図中において、紙面に対して左右方向に延びる軸を結晶粒径Ｄの軸とし、紙面に対して上下方向に延びる軸を個数比率Ｒｖとして、粒径分布曲線Ｃが記載されている。第１実施形態では、２つの極大値を有する。すなわち、粒径分布曲線Ｃは、２山を有する。極大値とは、粒径分布曲線Ｃにおいて、接線の傾きがゼロとなる点であり、結晶粒径Ｄの増加に伴い、接線の傾きの符号がプラスからマイナスに変化する変わり目である。なお、本明細書中では、「ゼロ」とは、常識的な誤差範囲を含むものとする。

[0026] 一方の極大値を第１極大値Ｒｖ１［％］とする。他方の極大値を第２極大値Ｒｖ２［％］とする。第１極大値Ｒｖ１に対応する結晶粒径Ｄを第１粒径Ｄｖ１［μｍ］とする。第２極大値に対応する結晶粒径Ｄを第２粒径Ｄｖ２［μｍ］とする。第２粒径Ｄｖ２は、第１粒径Ｄｖ１よりも大きい。

[0027] 圧粉磁心用粉末１は、第２粒径Ｄｖ２が５０μｍ以上であり、第２極大値Ｒｖ２が５－３５％となるように、調整されている。圧粉磁心用粉末１は、メジアン径Ｄ５０［μｍ］が３０μｍ以下となるように、調整されている。なお、メジアン径Ｄ５０は、個数比率Ｒｖが５０％であるときの結晶粒径Ｄである。

[0028] 圧粉磁心用粉末１を用いた圧粉磁心を形成し、その圧粉磁心を用いたモータの損失測定をＪＩＳ＿Ｃ＿４０３４－２－１に基づいて測定した。ヒステ

リシス損は、周波数に比例し、渦電流損は、周波数の２乗に比例する。このため、各周波数の鉄損および周波数の関係から鉄損をヒステリシス損と渦電流とに分離できる。特許文献１に記載されるような７０％以上の結晶粒径が５０μｍ以上である圧粉磁心用粉末を用いた圧粉磁心を比較例とする。本実施形態の圧粉磁心用粉末１を用いた圧粉磁心の鉄損と比較例の鉄損とを比較した。

[0029] 圧粉磁心用粉末の結晶粒径が大きいほど、粒界の界面が大きくなる。このとき、スピンが同じ方向を向いた領域を表す磁区と磁区との境界である磁壁が移動しやすくなり、ヒステリシス損は、低減する。一方で、圧粉磁心用粉末の結晶粒径が大きいほど、粒内の面積が増加するため、粒内の渦電流が大きくなる。このため、渦電流損は、増加する。特許文献１の構成では、圧粉磁心用粉末の結晶粒径が大きくなるため、渦電流損は、増加する。従来では、粉末の粒径設計において、ヒステリシス損の低減および渦電流損の低減の両立は、困難であった。そこで、本実施形態の圧粉磁心用粉末１は、ヒステリシス損の低減および渦電流損の低減を両立し、低鉄損にする。

[0030] ［１］図５に示すように、圧粉磁心用粉末１は、比較例と比較して鉄損が約４８％低減されている。このうち、ヒステリシス損は、約４３％低減されており、渦電流損は、５％低減されている。

[0031] 圧粉磁心用粉末１は、粒径分布曲線Ｃにおいて、少なくとも２つの極大値を有する。第２粒径Ｄｖ２および第２極大値Ｒｖ２が調整されることで、比較的大きい結晶粒径Ｄの個数比率Ｒｖを大きくできる。これにより、粒界３の界面が大きくなり、磁壁が移動しやすくなる。このため、ヒステリシス損が低減される。また、第１粒径Ｄｖ１および第１極大値Ｒｖ１が調整されることで、メジアン径Ｄ５０を小さくできる。これにより、渦電流損が低減される。したがって、ヒステリシス損の低減および渦電流損の低減を両立し、低鉄損にできる。

[0032] ［２］第２極大値Ｒｖ２を一定にして、第２粒径Ｄｖ２を変更して、圧粉磁心用粉末１を用いた圧粉磁心のヒステリシス損を測定した。図中に、第２粒

径Ｄｖ２の逆数とヒステリシス損とがプロットされている。

[0033] 図６に示すように、第２粒径Ｄｖ２の逆数が小さくなるに伴い、すなわち、第２粒径Ｄｖ２が大きくなるに伴い、ヒステリシス損が低減する。本実施形態に用いられる圧粉磁心用粉末１に関する特性に基づいて検討すると、第２粒径Ｄｖ２の逆数が０．０２以下、すなわち、第２粒径Ｄｖ２が５０μｍ以上であるとき、ヒステリシス損が許容値以下となる。

[0034] ［３］第２粒径Ｄｖ２を一定にして、第２極大値Ｒｖ２を変更して、圧粉磁心用粉末１を用いた圧粉磁心の鉄損を測定した。図中に、第２極大値Ｒｖ２と鉄損とがプロットされている。

[0035] 図７に示すように、第２極大値Ｒｖ２が大きくなるに伴い、すなわち、比較的大きい結晶粒径Ｄの個数比率Ｒｖが大きくなるに伴い、ヒステリシス損が低減する。このため、鉄損が低減する。第２極大値Ｒｖ２が２０％のときに、鉄損が最小となる。さらに、第２極大値Ｒｖ２が大きくなると、メジアン径Ｄ５０が大きくなり、渦電流損が増大する。このため、鉄損が増大する。本実施形態に用いられる圧粉磁心用粉末１に関する特性に基づいて検討すると、第２極大値Ｒｖ２が５－３５％であるとき、鉄損が許容値以下となる。

[0036] ［４］第２粒径Ｄｖ２および第２極大値Ｒｖ２を一定にして、圧粉磁心用粉末１のメジアン径Ｄ５０を変更して、圧粉磁心用粉末１を用いた圧粉磁心の渦電流損を測定した。

[0037] 図８に示すように、圧粉磁心用粉末１のメジアン径Ｄ５０を小さくするに伴い、渦電流損が小さくなる。本実施形態に用いられる圧粉磁心用粉末１に関する特性に基づいて検討すると、圧粉磁心用粉末１のメジアン径Ｄ５０が３０μｍ以下であるとき、渦電流損が許容値以下となる。

[0038] ［５］第２粒子重量比Ｗ２が２０％以上５０％以下となるように、第１粒子２１と第２粒子２２とが混合されている。これにより、圧粉磁心用粉末１の粒径分布曲線Ｃにおいて、第２粒径Ｄｖ２および第２極大値Ｒｖ２の調整がしやすくなる。

[0039] （第２実施形態）

第２実施形態では、結晶粒径の測定が異なる点を除いて、第１実施形態と同様である。粒径測定は、測定方法により、バラツキが生じることがある。第２実施形態では、光を用いて、圧粉磁心用粉末１が測定されている。圧粉磁心用粉末１の各結晶粒径Ｄは、ＪＩＳ＿Ｚ＿８８２５に基づいて、測定される。

[0040] 図９のフローチャートを参照して、結晶粒径Ｄの測定について説明する。

ステップ２０１－２０３は、第１実施形態のステップ１０１－１０３と同様である。

ステップ２０４において、レーザ等の光を用いた回折法により、圧粉磁心用粉末１における結晶粒２の結晶粒径Ｄが測定される。結晶粒２に光が通過したとき、光が散乱する。散乱した光の角度が大きいほど、結晶粒径Ｄは小さくなる。散乱した光の角度を測定および解析することで、結晶粒径Ｄが測定される。第２実施形態では、光により測定された結晶粒径Ｄを用いて、粒径分布曲線Ｃが描かれる。

第２実施形態においても、第１実施形態の［１］と同様の効果を奏する。

[0041] ［６］第２極大値Ｒｖ２を一定にして、第２粒径Ｄｖ２を変更して、第２実施形態の圧粉磁心用粉末１を用いた圧粉磁心のヒステリシス損を測定した。

[0042] 図１０に示すように、第２粒径Ｄｖ２の逆数が小さくなるに伴い、すなわち、第２粒径Ｄｖ２が大きくなるに伴い、ヒステリシス損が低減する。本実施形態に用いられる圧粉磁心用粉末１に関する特性に基づいて検討すると、第２粒径Ｄｖ２の逆数が０．００４７以下、すなわち、第２粒径Ｄｖ２が２１２μｍ以上であるとき、ヒステリシス損が許容値以下となる。また、第２実施形態においても、第２極大値Ｒｖ２が５－３５％であるとき、鉄損が許容値以下となる。

[0043] ［７］第２粒径Ｄｖ２および第２極大値Ｒｖ２を一定にして、第２実施形態の圧粉磁心用粉末１のメジアン径Ｄ５０を変更して、圧粉磁心用粉末１を用いた圧粉磁心の渦電流損を測定した。

[0044] 図１１に示すように、圧粉磁心用粉末１のメジアン径Ｄ５０を小さくするに伴い、渦電流損が低減する。本実施形態に用いられる圧粉磁心用粉末１に関する特性に基づいて検討すると、圧粉磁心用粉末１のメジアン径Ｄ５０が１８０μｍ以下であるとき、渦電流損が許容値以下となる。

[0045] （第３実施形態）

第３実施形態では、圧粉磁心用粉末の粒径分布曲線が異なる点を除いて、第１実施形態と同様である。

[0046] 図１２に示すように、第３実施形態の圧粉磁心用粉末１は、粒径が測定された結晶粒２の個数に対して、結晶粒径Ｄが５０μｍ以上である結晶粒２の個数の割合が５－３５％に調整されている。図中において、紙面に対して左右方向に延びる軸を結晶粒径Ｄの軸とし、紙面に対して上下方向に延びる軸を結晶粒２の個数Ｎとして、個数分布曲線Ｃ＿Ｎが記載されている。また、図中において、結晶粒径Ｄの軸と個数分布曲線Ｃ＿Ｎとで区画される面積である全面積Ｓが結晶粒２の全個数に相当する。

[0047] 結晶粒径Ｄの軸と個数分布曲線Ｃ＿Ｎとに交わり、個数Ｎの軸に平行な直線を区画線Ｌとする。区画線Ｌと結晶粒径Ｄの軸との交点の値を交点値Ｄｉ［μｍ］とする。区画線Ｌと結晶粒径Ｄの軸と個数分布曲線Ｃ＿Ｎとで区画される面積を部分面積Ｓｐとする。部分面積Ｓｐは、結晶粒径Ｄが交点値Ｄｉ以上の結晶粒２の個数に相当する。交点値Ｄｉが５０μｍ以上、全面積Ｓに対する部分面積Ｓｐの割合Ｓｐ／Ｓ［％］が５－３５％となるように、第３実施形態の圧粉磁心用粉末１は、調整されている。

第３実施形態においても、第１実施形態の［１］と同様の効果を奏する。

[0048] ［８］部分面積Ｓｐを一定にして、交点値Ｄｉを変更して、第３実施形態の圧粉磁心用粉末１を用いた圧粉磁心のヒステリシス損を測定した。図中に、交点値Ｄｉの逆数とヒステリシス損とがプロットされている。

[0049] 図１３に示すように、交点値Ｄｉの逆数が小さくなるに伴い、すなわち、交点値Ｄｉが大きくなるに伴い、ヒステリシス損が低減する。本実施形態に用いられる圧粉磁心用粉末１に関する特性に基づいて、検討すると、交点値

Ｄｉの逆数が０．０２以下、すなわち、交点値Ｄｉが５０μｍ以上であるとき、ヒステリシス損が許容値以下となる。

[0050] ［９］５０μｍ以上で交点値Ｄｉを一定にして、割合Ｓｐ／Ｓを変更して、第３実施形態の圧粉磁心用粉末１を用いた圧粉磁心のヒステリシス損を測定した。図中に、割合Ｓｐ／Ｓと鉄損とプロットされている。

[0051] 図１４に示すように、割合Ｓｐ／Ｓが大きくなるに伴い、比較的大きい結晶粒径Ｄの個数比率Ｒｖが大きくなる。これにより、ヒステリシス損が低減する。このため、鉄損が低減する。さらに、割合Ｓｐ／Ｓが大きくなると、メジアン径Ｄ５０が大きくなり、渦電流損が増大する。このため、鉄損が増大する。本実施形態に用いられる圧粉磁心用粉末１に関する特性に基づいて検討すると、割合Ｓｐ／Ｓが５－３５％であるとき、鉄損が許容値以下となる。

[0052] （他の実施形態）

［ｉ］結晶粒径Ｄは、以下のように、画像解析で測定してもよい。画像解析では、結晶粒の断面の重心が求められる。この重心を通るように、結晶粒２の断面上に直線が引かれる。この直線と結晶粒２の断面の外縁との交点間距離Ｌｉが測定される。これを２度刻みに１８０点測定し、測定結果を平均したものを結晶粒径Ｄとする。

[0053] 結晶粒径Ｄを測定するための結晶粒２の個数は、少なくとも５０個である。結晶粒径Ｄを測定するための結晶粒２の個数は、できるだけ多い方がよい。結晶粒径Ｄを測定するための結晶粒２の個数は、６０個以上であってもよく、または、７０個以上であってもよい。結晶粒径Ｄの測定では、圧粉磁心用粉末１の粒径分布を考慮したときに、極端にバラツキが生じないように、結晶粒２が選択される。

[0054] ［ｉｉ］圧粉磁心用粉末の結晶粒径Ｄの測定方法は、遠心沈降法または電気的検知体法であってもよい。

[0055] ［ｉｉｉ］圧粉磁心用粉末に、フェライト等を用いて絶縁性を有する膜が成膜されてもよい。圧粉磁心用粉末に、絶縁被膜が成膜されることによって、

渦電流損がさらに低減されやすくなる。

[0056] ［ｉｖ］極大値の数は、２つに限定されず、２つ以上あればよい。極大値の数が多いほど、ヒステリシス損および渦電流損の低減が両立しやすくなる。

[0057] 以上、本開示はこのような実施形態に限定されるものではなく、その趣旨を逸脱しない範囲において、種々の形態で実施することができる。

[0058] 本開示は、実施形態に準拠して記述された。しかしながら、本開示は当該実施形態および構造に限定されるものではない。本開示は、様々な変形例および均等の範囲内の変形をも包含する。また、様々な組み合わせおよび形態、さらには、それらに一要素のみ、それ以上、あるいはそれ以下、を含む他の組み合わせおよび形態も、本開示の範疇および思想範囲に入るものである。

請求の範囲

[請求項1] 圧粉磁心に用いられる圧粉磁心用粉末（１）であって、

複数の結晶粒（２）を備え、

前記結晶粒の各結晶粒径（Ｄ）および前記結晶粒径が測定された前記結晶粒の個数に対する各結晶粒径における前記結晶粒の個数の割合である個数比率（Ｒｖ）でプロットしたときに、少なくとも２つの極大値（Ｒｖ１、Ｒｖ２）を有する圧粉磁心用粉末。

[請求項2] 前記圧粉磁心用粉末の断面を用いて測定された前記結晶粒の各結晶粒径および前記個数比率をプロットしたときに、２つの極大値（Ｒｖ１、Ｒｖ２）を有し、

一方の極大値を第１極大値（Ｒｖ１）とし、他方の極大値を第２極大値（Ｒｖ２）とすると、

前記第１極大値に対応する結晶粒径（Ｄｖ１）は、前記第２極大値に対応する結晶粒径（Ｄｖ２）よりも小さく、

前記第２極大値に対応する結晶粒径が５０μｍ以上であり、前記第２極大値が５－３５％である請求項１に記載の圧粉磁心用粉末。

[請求項3] 前記圧粉磁心用粉末の断面を用いて測定されたメジアン径（Ｄ５０）が３０μｍ以下である請求項１または２に記載の圧粉磁心用粉末。

[請求項4] 光を用いて測定された前記結晶粒の各結晶粒径および前記個数比率をプロットしたときに、２つの極大値（Ｒｖ１、Ｒｖ２）を有し、

一方の極大値を第１極大値（Ｒｖ１）とし、他方の極大値を第２極大値（Ｒｖ２）とすると、

前記第１極大値に対応する結晶粒径（Ｄｖ１）は、前記第２極大値に対応する結晶粒径（Ｄｖ２）よりも小さく、

前記第２極大値に対応する結晶粒径が２１２μｍ以上であり、前記第２極大値が５－３５％である請求項１に記載の圧粉磁心用粉末。

[請求項5] 光を用いて測定されたメジアン径（Ｄ５０）が１８０μｍ以下である請求項１または４に記載の圧粉磁心用粉末。

[請求項6] 目開き９０μｍ以上、かつ、１８０μｍ以下である篩を通過可能な第１粒子（２１）と、

目開き２１２μｍ以上、かつ、２５０μｍ以下である篩を通過可能な第２粒子（２２）と、

を備え、

前記圧粉磁心用粉末の重量に対する前記第２粒子の重量比は、２０％以上、５０％以下である請求項１から５のいずれか一項に記載の圧粉磁心用粉末。

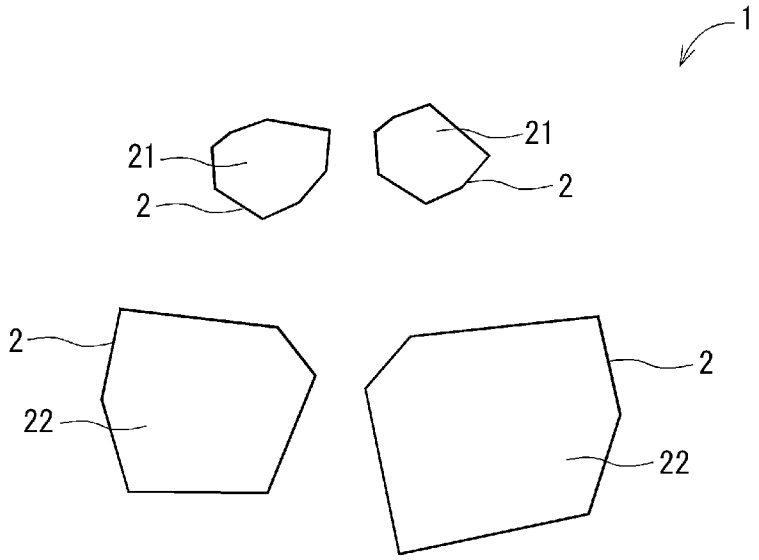
[請求項7] 圧粉磁心に用いられる圧粉磁心用粉末（１）であって、

複数の結晶粒（２）を備え、

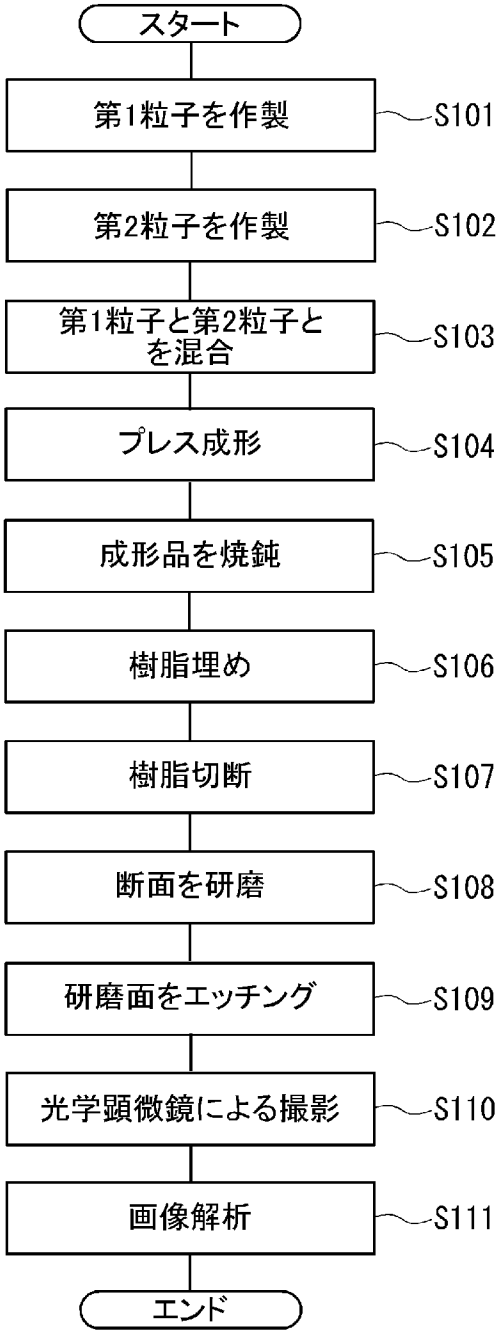
測定された結晶粒の個数に対して、結晶粒径（Ｄ）が５０μｍ以上である前記結晶粒の個数の割合が５－３５％である圧粉磁心用粉末。

[請求項8] 請求項１から７のいずれか一項に記載の圧粉磁心用粉末で形成されている圧粉磁心。

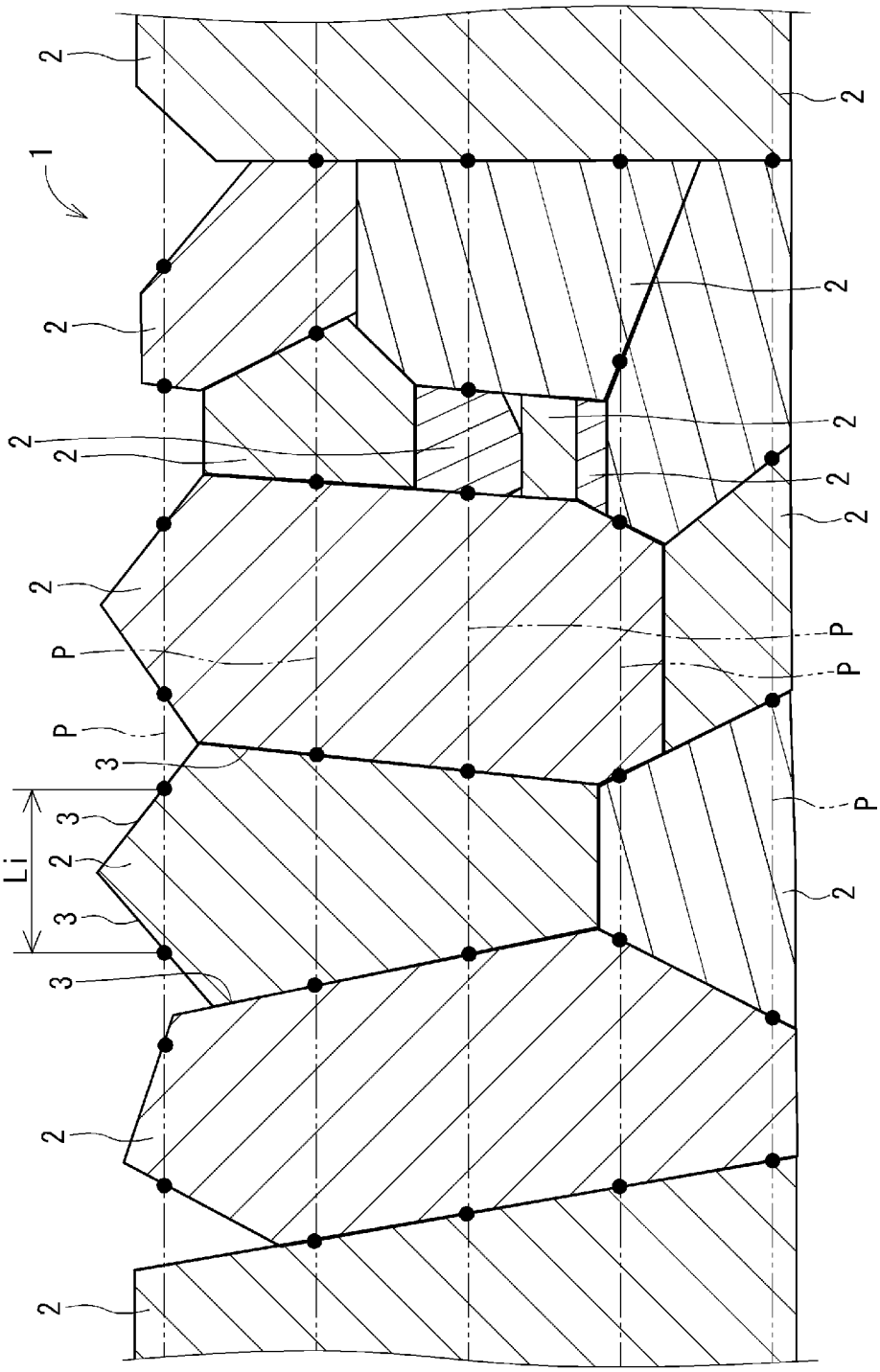
[図1]



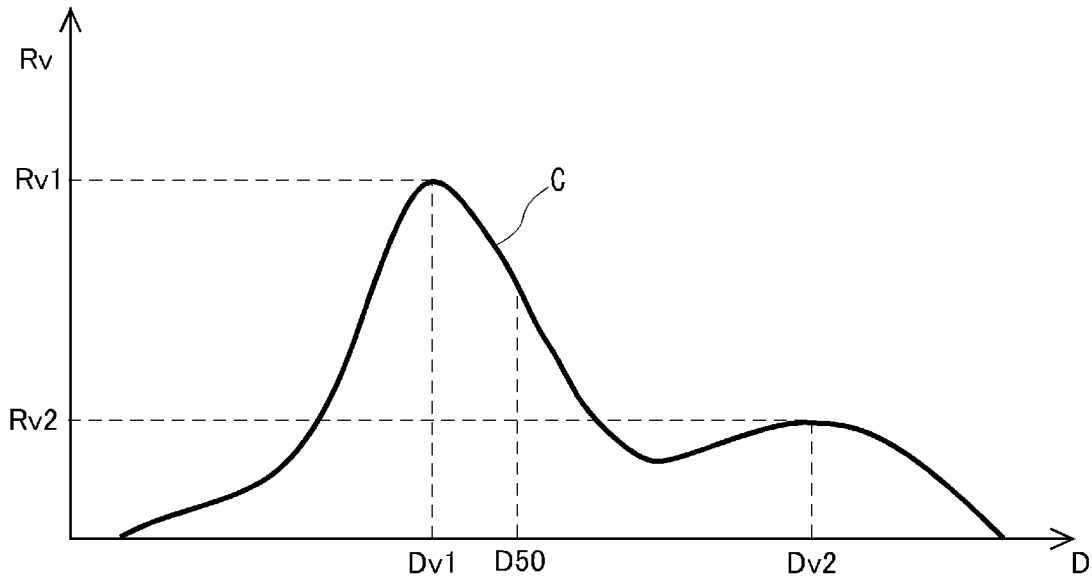
[図2]


スタート
第1粒子を作製
S101
第2粒子を作製
S102
第1粒子と第2粒子とを混合
S103
プレス成形
S104
成形品を焼鈍
S105
樹脂埋め
S106
樹脂切断
S107
断面を研磨
S108
研磨面をエッチング
S109
光学顕微鏡による撮影
S110
画像解析
S111
エンド

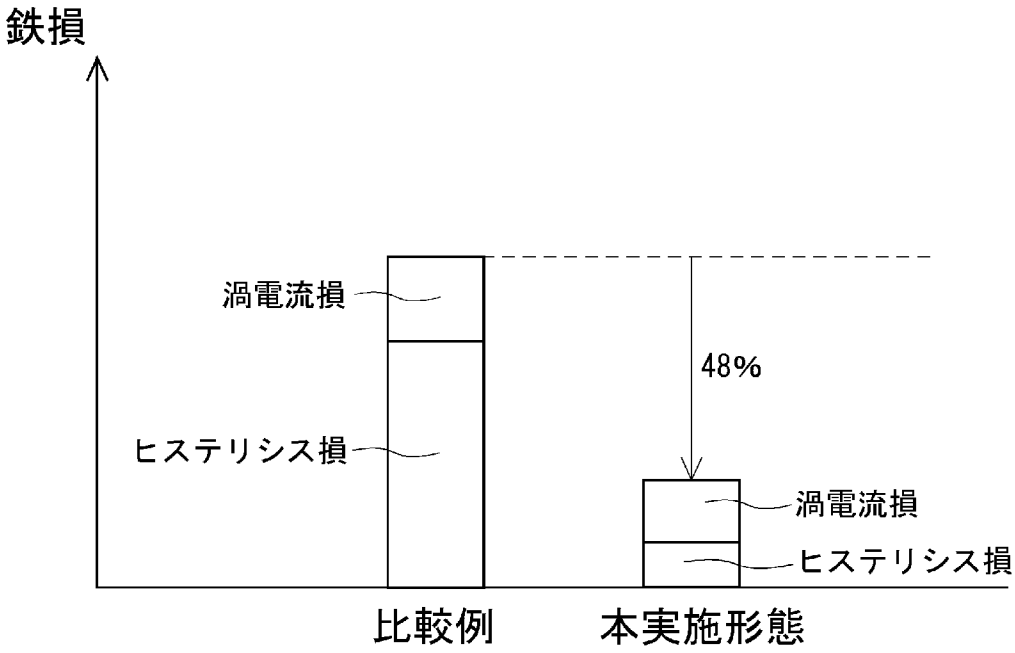
[図3]



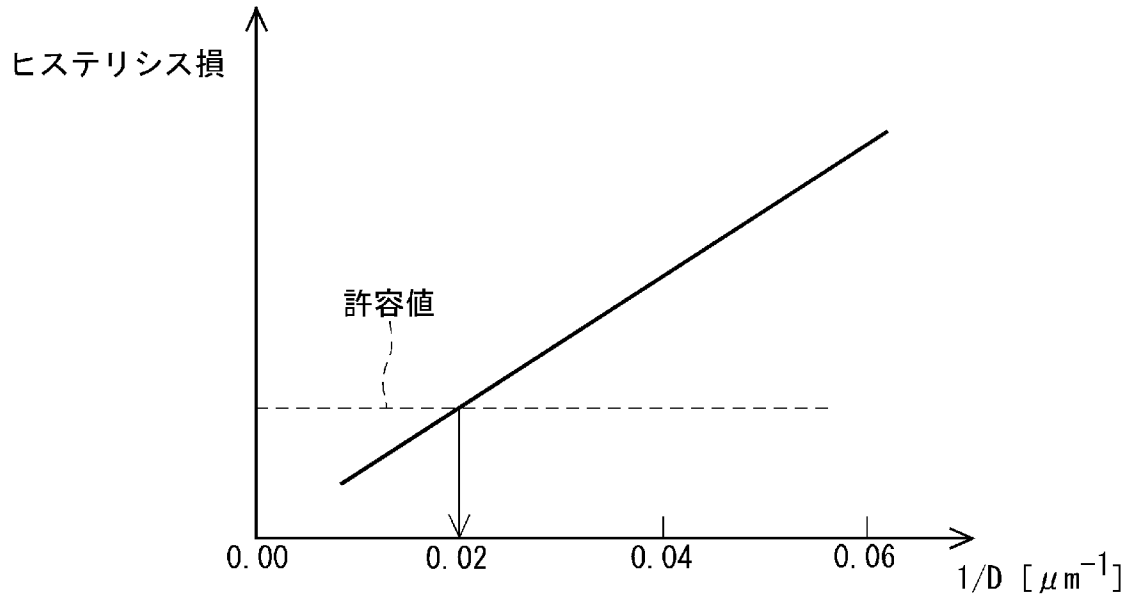
[図4]



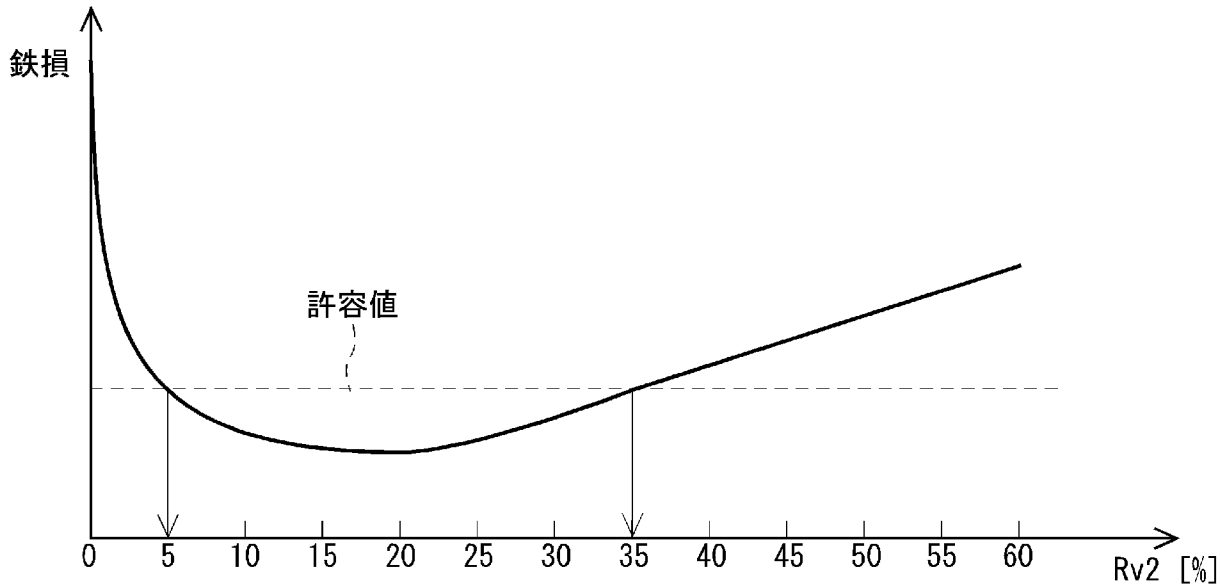
[図5]



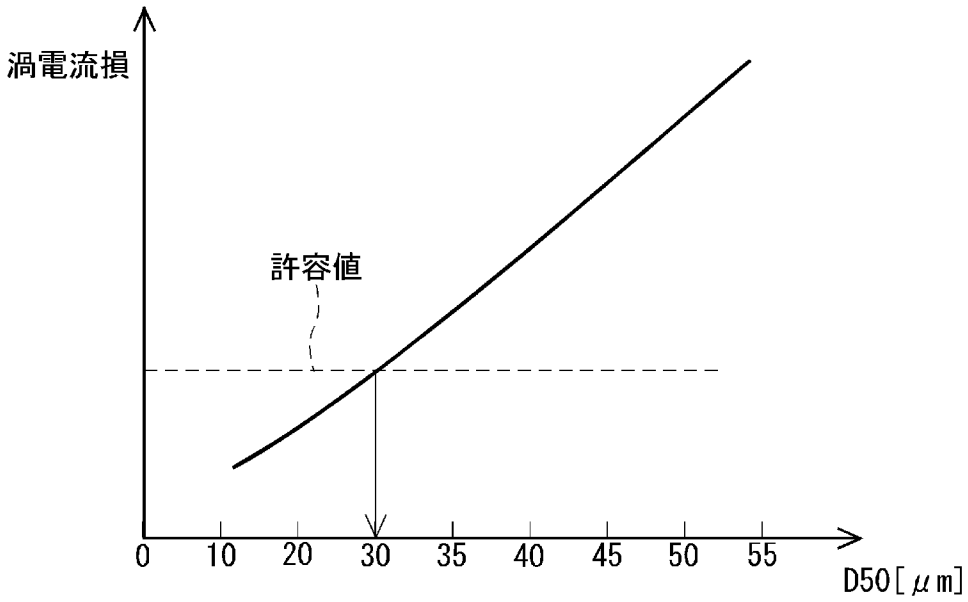
[図6]



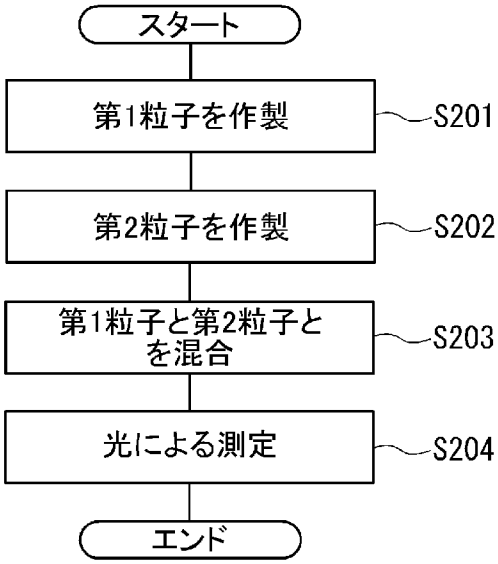
[図7]



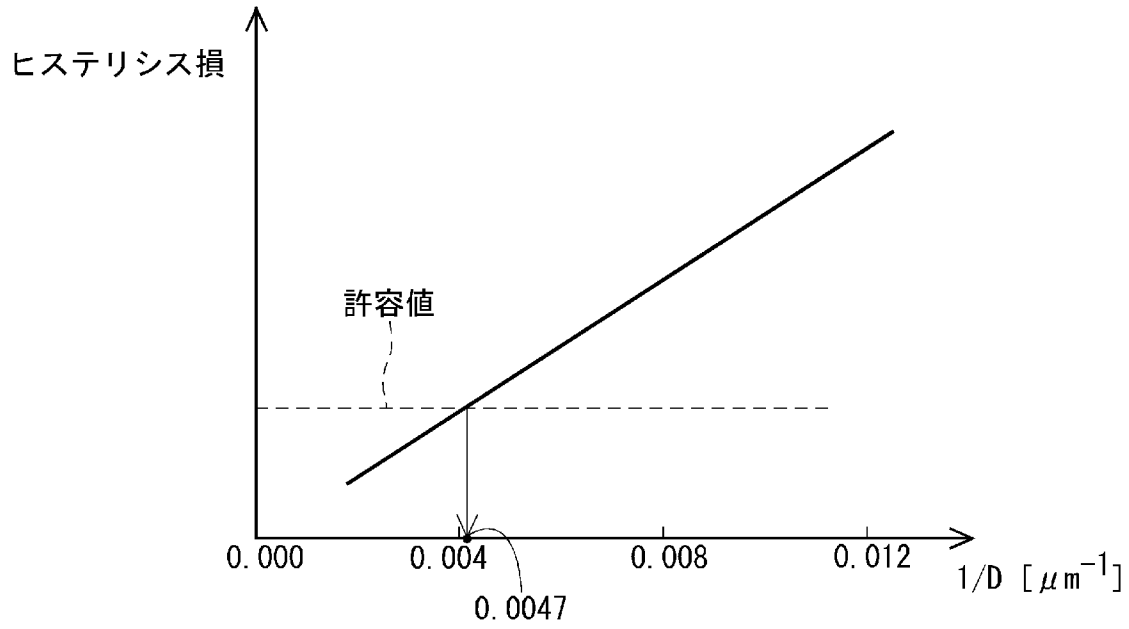
[図8]



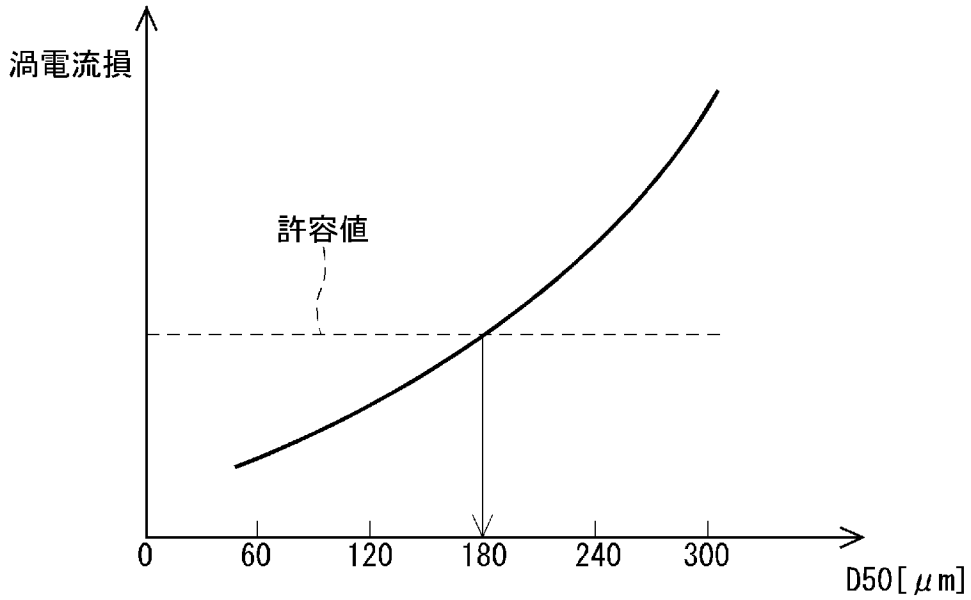
[図9]


スタート
第1粒子を作製
S201
第2粒子を作製
S202
第1粒子と第2粒子と
を混合
S203
光による測定
S204
エンド

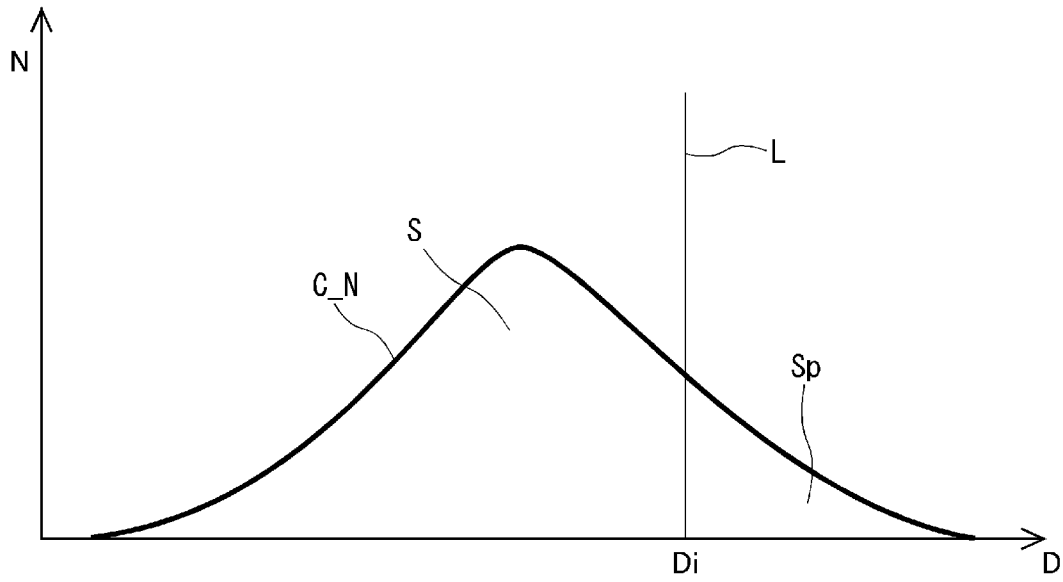
[図10]



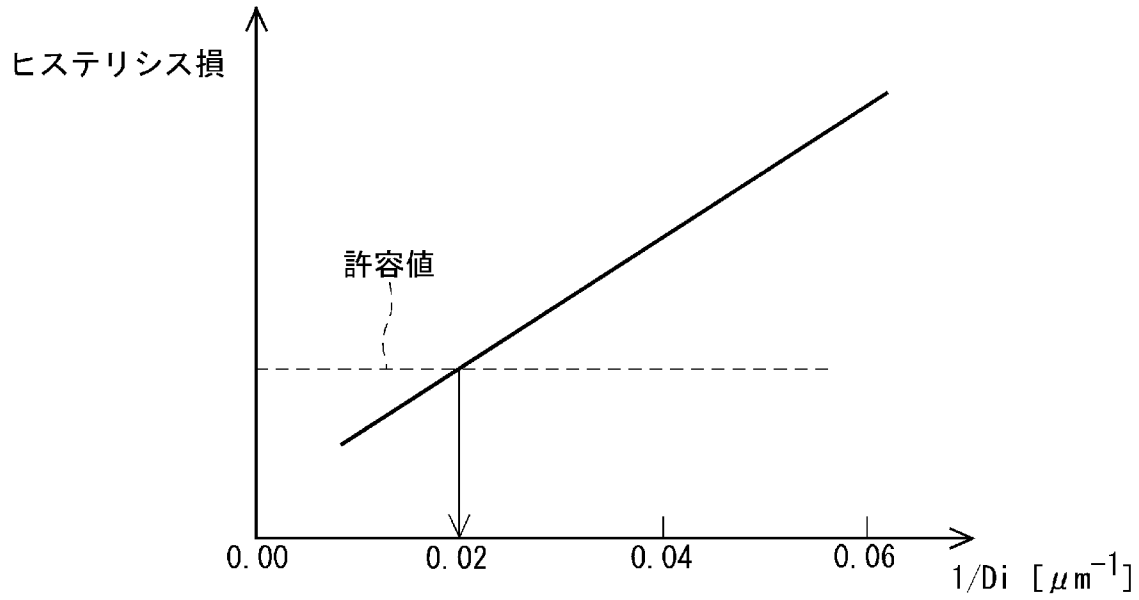
[図11]



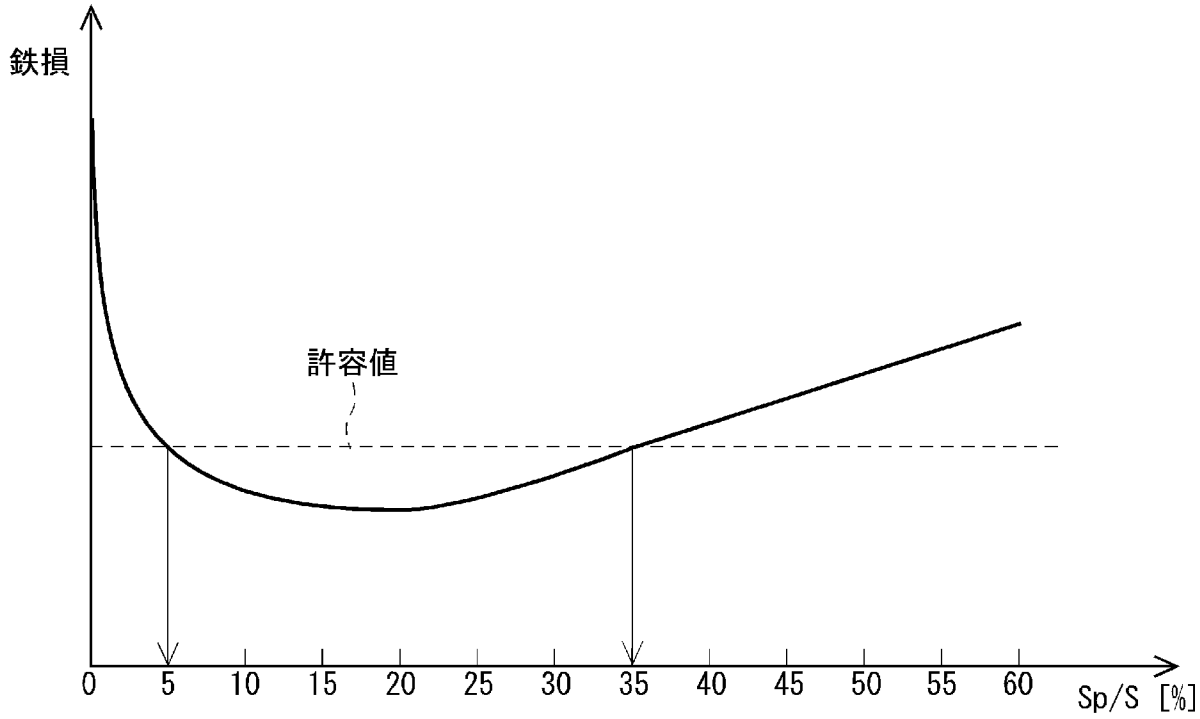
[図12]



[図13]



[図14]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2018/026806

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl. B22F1/00(2006.01)i, B22F3/00(2006.01)i, H01F1/22(2006.01)i, H01F27/255(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)
Int.Cl. B22F1/00, B22F3/00, H01F1/22, H01F27/255

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2018
Registered utility model specifications of Japan	1996-2018
Published registered utility model applications of Japan	1994-2018

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	WO 2016/043025 A1 (AUTONETWORKS TECHNOLOGIES, LTD.) 24 March 2016, claims, paragraphs [0011]-[0056] & JP 2017-224851 A & US 2017/0263356 A1, claims, paragraphs [0019]-[0067] & DE 112015004229 T & CN 107077939 A	1,8 2-7
X A	JP 2012-212855 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 01 November 2012, claims, paragraphs [0009]-[0043], [0063]-[0079] & JP 2016-225647 A & US 2013/0294129 A1, claims, paragraphs [0009]-[0044], [0072]-[0088] & WO 2012/128034 A1 & DE 112012001403 T & CN 103430249 A	1,8 2-7

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search 29 August 2018 (29.08.2018)	Date of mailing of the international search report 11 September 2018 (11.09.2018)
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/JP2018/026806

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 2007-12745 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 18 January 2007, claims, paragraphs [0022]-[0046], fig. 1-3 (Family: none)	1,8 2-7
X A	JP 2003-517195 A (ROBERT BOSCH GMBH) 20 May 2003, claims & US 6726740 B1, claims & WO 2001/045116 A1 & DE 19960095 A	1,8 2-7
X A	JP 2004-296606 A (JFE STEEL CORPORATION) 21 October 2004, claims, table 1 (Family: none)	7,8 1-6

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１８／０２６８０６

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　B22F1/00(2006.01)i, B22F3/00(2006.01)i, H01F1/22(2006.01)i, H01F27/255(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（ＩＰＣ））

Int.Cl.　B22F1/00, B22F3/00, H01F1/22, H01F27/255

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	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１８年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１８年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１８年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
X A	WO 2016/043025 A1 (株式会社オートネットワーク技術研究所) 2016.03.24, 請求の範囲、［００１１］－［００５６］ & JP 2017-224851 A & US 2017/0263356 A1 claims,[0019]-[0067] & DE 112015004229 T & CN 107077939 A	1,8 2-7
X A	JP 2012-212855 A (住友電気工業株式会社) 2012.11.01, 特許請求の範囲、［０００９］－［００４３］、 ［００６３］－［００７９］& JP 2016-225647 A & US 2013/0294129 A1 claims,[0009]-[0044],[0072]-[0088]	1,8 2-7

☑　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。　　☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー
「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
２９．０８．２０１８	１１．０９．２０１８

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
郵便番号１００－８９１５
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

特許庁審査官（権限のある職員）　４Ｅ　４１４２
池ノ谷　秀行
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３４２５

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
	& WO 2012/128034 A1 & DE 112012001403 T & CN 103430249 A	
X A	JP 2007-12745 A（住友電気工業株式会社）2007.01.18, 特許請求の範囲、［００２２］－［００４６］、図１－図３ (ファミリーなし)	1,8 2-7
X A	JP 2003-517195 A（ローベルト　ボツシユ　ゲゼルシヤフト　ミツト　ベシユレンクテル　ハフツング）2003.05.20, 特許請求の範囲 & US 6726740 B1 claims & WO 2001/045116 A1 & DE 19960095 A	1,8 2-7
X A	JP 2004-296606 A（ＪＦＥスチール株式会社）2004.10.21, 特許請求の範囲、表１（ファミリーなし）	7,8 1-6