

(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
2025年2月27日(27.02.2025)



(10) 国際公開番号

WO 2025/041397 A1

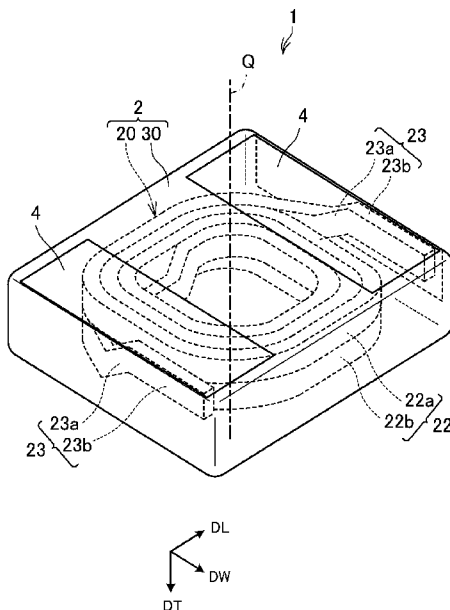
- (51) 国際特許分類:
H01F 27/29 (2006.01) H01F 27/28 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2024/018711
- (22) 国際出願日: 2024年5月21日(21.05.2024)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2023-136388 2023年8月24日(24.08.2023) JP
- (71) 出願人: 株式会社村田製作所
(MURATA MANUFACTURING CO., LTD.) [JP/
JP]; 〒6178555 京都府長岡京市東神足 1
丁目 10 番 1 号 Kyoto (JP).
- (72) 発明者: 原田 健一 (HARADA Kenichi);
〒6178555 京都府長岡京市東神足 1 丁目 10 番
1 号 株式会社村田製作所内 Kyoto (JP).

- (74) 代理人: 弁理士法人クシブチ国際特許事務
所(KUSHIBUCHI & ASSOCIATES); 〒3308669
埼玉県さいたま市大宮区桜木町一丁目 7 番地
5 ソニックシティビル 18 階 Saitama (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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC,
EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR,
HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG,
KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU,
LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS,
MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG,

(54) Title: INDUCTOR

(54) 発明の名称: インダクタ

図3



(57) Abstract: Disclosed herein is an inductor having good electrical characteristics with low direct-current resistance without being limited by a cross-sectional size of a coil conductor. An inductor according to the present disclosure comprises: a coil conductor having a winding part obtained by winding a rectangular conductive wire having a substantially rectangular cross section orthogonal to the longitudinal direction of the conductive wire, and a pair of lead-out parts led out from the winding part; an element body containing magnetic powder and a resin and containing the coil conductor therein; and an external electrode formed on the surface of the element body and connected to the lead-out parts. The element body has two main surfaces that intersect the winding axis of the winding part of the coil conductor and face each other. The lead-out part has a lead-out region extending from the winding part toward one main surface of the element body, and an electrode connection region connected to the external electrode. The electrode connection region has a side surface exposed along one main surface of the element body, said side surface being along one short side of the rectangle formed by the cross section orthogonal to the longitudinal direction of the conductive wire. The conductor of the conductive wire is connected to the external electrode.

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, ME, 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：本開示は、コイル導体の断面サイズに制限されることなく、直流抵抗の低い良好な電気特性を有するインダクタを提供する。本開示におけるインダクタは、導線の長手方向に直交する断面が略長方形を成す平角状の導線を巻回した巻回部と、巻回部から引き出された1対の引出部と、を有するコイル導体と、磁性粉と樹脂を含有し、コイル導体を内包する素体と、素体の表面に形成され、引出部に接続された外部電極と、を備え、素体は、コイル導体の巻回部の巻軸と交わって相対向する2つの主面を有し、引出部は、巻回部から素体の一の主面に向かって延在する引出領域と、外部電極と接続する電極接続領域を有し、電極接続領域は、導線の長手方向に直交する断面が成す長方形の一の短辺に沿った側面が素体の一の主面に沿って露出し、導線の導体が外部電極と接続する。

明 細 書

発明の名称： インダクタ

技術分野

[0001] 本発明は、インダクタに関する。

背景技術

[0002] 特許文献1には、巻回された導線を磁性粒子を含んだコアに内包する素体と、素体の表面に設けられた一対の外部電極とから成るコイル部品が開示されている。このコイル部品では、巻回された導線の長さ方向の2つの端部の終端面が外部電極と接続されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2019-4174号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 上記の構成を有するコイル部品では、巻回された導線の終端面が外部電極と接続されるため、外部電極と導線との接触面積は当該導線の断面サイズに制限され、コイル部品としての直流抵抗値が制限される。

[0005] 本発明の目的は、巻回された導線を磁性粒子を含んだコアに内包する素体と、素体に設けられた一対の外部電極と、を備えるインダクタにおいて、導線の断面サイズに制限されることなく直流抵抗を低減して良好な電気特性を実現することである。

課題を解決するための手段

[0006] 本発明の一様態は、導線の長手方向に直交する断面が略長方形を成す平角状の導線を巻回した巻回部と、前記巻回部から引き出された1対の引出部と、を有するコイル導体と、磁性粉と樹脂を含有し、前記コイル導体を内包する素体と、前記素体の表面に形成され、前記引出部に接続された外部電極と、を備え、前記素体は、前記コイル導体の巻回部の巻軸と交わって相対向す

る2つの主面を有し、前記引出部は、前記巻回部から前記素体の一の前記主面に向かって延在する引出領域と、前記外部電極と接続する電極接続領域を有し、前記電極接続領域は、前記導線の長手方向に直交する断面が成す長方形の一の短辺に沿った側面が前記素体の前記一の主面に沿って露出し、前記導線の導体が前記外部電極と接続する、インダクタである。

なお、この明細書には、2023年8月24日に出願された日本国特許出願・特願2023-136388号の全ての内容が含まれるものとする。

発明の効果

[0007] 本発明によれば、コイル導体の断面サイズに制限されることなく、直流抵抗の低い良好な電気特性を有するインダクタを提供することができる。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]図1は、本発明の一実施形態に係るインダクタを素体の上面の側から見た斜視図である。

[図2]図2は、素体の底面の側から見たインダクタの斜視図。

[図3]図3は、インダクタの内部構成を示す透視斜視図。

[図4]図4は、インダクタの製造工程の概要図。

[図5]図5は、素体の底面に垂直な方向から見たインダクタの透視図。

[図6]図6は、素体の端面に垂直な方向から見たインダクタの透視図。

[図7]図7は、巻回部から引き出される引出部の引出角度 θ と、電気特性についての評価指標 E_i との関係を示す図。

[図8]図8は、引出部の長さに対する電極接続領域の長さの比 R_a と、評価指標 E_i との関係を示す図。

発明を実施するための形態

[0009] 以下、実施形態に係るインダクタ1の構成及び製造方法について説明する。

[1. インダクタの全体構成]

図1は本実施形態に係るインダクタ1を上面12の側から見た斜視図であり、図2はインダクタ1を底面10の側から見た斜視図である。底面10及

び上面 12 は、素体 2 の相対向する 2 つの主面である。

本実施形態のインダクタ 1 は、表面実装型の電子部品として構成されており、略六面体形状の一態様である略直方体形状の素体 2 と、当該素体 2 の表面に設けられた一对の外部電極 4 とを備えている。

[0010] 以下、素体 2 において、実装時に図示しない実装基板に向けられる実装面である一の主面を底面 10 と定義し、底面 10 に対向する他の主面を上面 12 と言う。また、底面 10 に直交する一对の外側面を端面 14 と言い、これら底面 10、及び一对の端面 14 に直交する一对の外側面を側面 16 と言う。一对の端面 14 は、互いに対向して配置される。また、一对の側面 16 は、互いに対向して配置される。底面 10、上面 12、端面 14、および、側面 16 は、それぞれ略長方形形状である。

[0011] 図 1 に示すように、底面 10 から上面 12 までの距離を素体 2 の厚み T と定義し、一对の側面 16 の間の距離を素体 2 の幅 W と定義し、一对の端面 14 の間の距離を素体 2 の長さ L と定義する。また、厚み T の方向を厚み方向 DT と定義し、幅 W の方向を幅方向 DW と定義し、長さ L の方向を長さ方向 DL と定義する。すなわち、底面 10 および上面 12 は幅方向 DW および長さ方向 DL に沿い、端面 14 は幅方向 DW および厚み方向 DT に沿い、側面 16 は、長さ方向 DL および厚み方向 DT に沿う。また、端面 14 は、底面 10、上面 12、および、一对の側面 16 に隣接する。側面 16 は、底面 10、上面 12、および、一对の端面 14 に隣接する。

完成品としてのインダクタ 1 の公称サイズは、例えば、長さ L 寸法が 1.4 mm、幅 W 寸法が 1.2 mm、厚み T 寸法が 0.65 mm である。

[0012] 以下、 DL 方向および DT 方向に沿った面を LT 面、 DT 方向および DW 方向に沿った面を TW 面、 DL 方向および DW 方向に沿った面を LW 面というものとする。また、インダクタ 1 の、 LT 面、 TW 面、および LW 面に沿った断面を、それぞれ、 LT 断面、 TW 断面、及び LW 断面というものとする。

[0013] 図 3 は、インダクタ 1 の内部構成を示す透視斜視図である。

素体 2 は、コイル導体 20 と、当該コイル導体 20 が埋設された略六面体形状のコア 30 と、を備え、かかるコイル導体 20 をコア 30 に封入したモールドインダクタとして構成されている。

[0014] コア 30 は、磁性粒子（磁性粉）と樹脂を混合した混合粉を、コイル導体 20 を内包した状態で加圧及び加熱することで略六面体形状に圧縮成型された成型体である。

[0015] また、本実施形態の磁性粒子は、軟磁性体で形成されており、平均粒径が比較的大きな大粒子の第 1 磁性粒子と、平均粒径が比較的小さな小粒子の第 2 磁性粒子との 2 種類の粒度の粒子を含んでいる。これにより、圧縮成型時において、大粒子の第 1 磁性粒子の間に、小粒子である第 2 磁性粒子が樹脂とともに入り込むことでコア 30 における磁性粒子の充填率を大きくし、また透磁率も高めることができる。

[0016] 本実施形態において、第 1 磁性粒子の金属粒子の平均粒径は、 $20\ \mu\text{m}$ 以上 $28\ \mu\text{m}$ 以下であり、第 2 磁性粒子の金属粒子の平均粒径は、 $1\ \mu\text{m}$ 以上 $6\ \mu\text{m}$ 以下である。なお、第 1 磁性粒子の平均粒径は $21.4\ \mu\text{m}$ 以上 $27.4\ \mu\text{m}$ 以下が好ましく、第 2 磁性粒子の平均粒径は $1.5\ \mu\text{m}$ 以上 $1.8\ \mu\text{m}$ 以下が好ましい。また、磁性粒子が第 1 磁性粒子および第 2 磁性粒子と異なる平均粒径の粒子を含むことで、3 種類以上の粒度の粒子を含んでもよい。

[0017] 第 1 磁性粒子及び第 2 磁性粒子はいずれも、金属粒子と、金属粒子の表面を覆う酸化膜と、酸化膜の表面を覆う絶縁膜とを有した粒子である。金属粒子が酸化膜及び絶縁膜で覆われることで、絶縁抵抗と耐電圧とが高められる。

[0018] 本実施形態の第 1 磁性粒子では、金属粒子には、Fe-Si-B アモルファス合金粉が用いられている。第 1 磁性粒子の酸化膜は、SiO 層と Fe_2SiO_4 の 2 層で構成されており、酸化膜全体の厚みは $20\ \text{nm}$ 以上 $155\ \text{nm}$ 以下である。また、第 1 磁性粒子の絶縁膜は、厚み $10\ \text{nm}$ 以上 $50\ \text{nm}$ 以下のリン酸塩ガラスで形成されている。

[0019] また、本実施形態の第2磁性粒子では、金属粒子には、カルボニル鉄粉が用いられている。第2磁性粒子の酸化膜は、金属粒子であるカルボニル鉄粉を表面酸化して形成される酸化鉄である。また、第2磁性粒子の絶縁膜は、シリカを成分とするゾルゲル反応生成物である。これにより、第2磁性粒子の表面の滑り性を高めて、後述する素体2の素体成型・硬化工程の際に第1磁性粒子の間への第2磁性粒子の入り込みを容易にすることができる。その結果、コア30における磁性材料の密度をより増大させて、コア30の比透磁率を更に増大させることができる。

[0020] なお、第1磁性粒子において、金属粒子には、Fe-Si-Cr合金粉、Fe-Ni-Al合金粉、Fe-Cr-Al合金粉、Fe-Si-Al合金粉、Fe-Ni合金粉、Fe-Ni-Mo合金粉を用いてもよい。

また、第1磁性粒子において、絶縁膜には、リン酸、リン酸亜鉛、リン酸マンガン、ガラス、または樹脂を用いてもよい。

[0021] 本実施形態の混合粉が含む樹脂の材料は、ビスフェノールA型エポキシ樹脂とゴム変性エポキシ樹脂とを含む。これにより、素体2の強度と靱性の双方が向上したインダクタ1を製造することができる。

[0022] 本実施形態では、混合粉に含まれる磁性粉は、その混合粉に含まれる磁性粒子の総重量を基準として第1磁性粒子が70wt%以上85wt%以下、第2磁性粒子が15wt%以上30wt%以下である。また、混合粉に含まれる樹脂は、磁性粉と樹脂の総重量を基準として、2.0wt%以上3.5wt%以下である。なお、第1磁性粒子は、70wt%以上80wt%以下が好ましく、第2磁性粒子は、20wt%以上30wt%以下が好ましい。また、樹脂は、2.7wt%以上30wt%以下が好ましい。

[0023] コイル導体20は、図3に示すように、巻軸Qの周りに導線が巻回された巻回部22と、当該巻回部22から引き出された一对の引出部23と、を備える。巻回部22は、巻軸Qに沿って導線が渦巻き状に上下2段に巻回され、巻軸Qに沿って重なった2つの巻回領域22a、22bを含む。巻回領域22aと22bとは、それらの内周の一部において互いの導線がつながって

いる。導線の両端は、巻回部 22 の外周から引き出されて引出部 23 となる。引出部 23 のそれぞれは、巻回部 22 から素体 2 の底面 10 に向かって延在する引出領域 23 a と、後述の外部電極 4 に接続する導線部分である電極接続領域 23 b と、を含む。

[0024] コイル導体 20 は、巻回部 22 の巻軸 Q が素体 2 の厚み方向 D T に沿うように素体 2 内に埋設されている。すなわち、巻軸 Q は、底面 10 および上面 12 に対して直交し、端面 14 および側面 16 に沿う方向に延びる。

[0025] コイル導体 20 を構成する導線は、導体と、導体の表面に形成された被覆層とで構成される。導線は、導線の長手方向に直交する断面が長方形を成す平角状導線であり、断面の長方形の一の長辺に沿った側面で構成された幅広面を有する。導線は、幅広面が巻軸 Q と平行となるように巻回されている。導体は、銅を材質とする断面が長方形の帯状導体である。導体の厚みは、 $52\mu\text{m}$ 以上 $118\mu\text{m}$ 以下、幅は、 $110\mu\text{m}$ 以上 $180\mu\text{m}$ 以下である。被覆層は、帯状導線の表面上に形成された絶縁層と、絶縁層の表面に形成された、巻回部 22 において重なりあう帯状導線同士を接着するための融着層と、で構成される。絶縁層は、例えば、ポリイミドアミド樹脂から成り、厚みは $3\mu\text{m}$ である。また、融着層は、例えば、ポリアミド樹脂から成り、厚みは、 $1\mu\text{m}$ 以上 $25\mu\text{m}$ 以下である。

[0026] 2 つの引出部 23 は、それぞれ、巻回部 22 から底面 10 まで引き出され、底面 10 に露出する電極接続領域 23 b を介して外部電極 4 に電氣的に接続されている。

一対の外部電極 4 は、それぞれ、素体 2 の底面 10 に形成されている。外部電極 4 は、これに限らず、底面 10 から隣接する端面 14 に亘って延びる L 字状部材で構成された、いわゆる L 字電極であってもよい。あるいは、外部電極 4 は、底面 10 から隣接する端面 14 及び側面 16 を経て上面 12 に延在する 5 面電極であってもよい。

外部電極 4 は、それぞれ、はんだなどの適宜の実装手段によって回路基板の配線に電氣的に接続される。インダクタ 1 の詳細構成について後述するよ

うに、本実施形態では、コイル導体 20 である導線の長手方向に直交する断面が成す長方形の一の短辺に沿った側面が素体 2 から露出し、導線の導体が外部電極 4 と接続される。

[0027] また、外部電極 4 の範囲を除く素体 2 の表面には、素体保護層（図示せず）が形成されている。素体保護層は、例えば、ノボラック樹脂にフェノキシ樹脂を添加した樹脂であり、フィラーとしてナノシリカを含む。素体保護層は、素体 2 の表面上に、 $10\mu\text{m}$ 以上 $30\mu\text{m}$ 以下の厚みで形成されている。なお、素体保護層の厚みは、 $10\mu\text{m}$ 以上 $20\mu\text{m}$ 以下が望ましく、 $15\mu\text{m}$ 以下がより好ましい。

[0028] かかる構成のインダクタ 1 は、磁性粒子に軟磁性材料を用いることにより、直流重畳特性を改善できるので、大電流が流れる電気回路の電子部品、DC-DC コンバータ回路や電源回路のチョークコイルとして用いられ、また、パソコン、DVD プレーヤー、デジカメ、TV、携帯電話、スマートフォン、カーエレクトロニクス、医療用・産業用機械などの電子機器の電子部品に用いられる。ただし、インダクタ 1 の用途はこれに限られず、例えば、同調回路、フィルタ回路や整流平滑回路などにも用いることもできる。

[0029] [2. インダクタの製造工程概要]

図 4 は、インダクタ 1 の製造工程の概要図である。

同図に示すように、インダクタ 1 の製造工程は、コイル導体形成工程、予備成型体形成工程、素体成型・硬化工程、素体研磨工程、及び、外部電極形成工程を含んでいる。

[0030] コイル導体形成工程は、導線からコイル導体 20 を形成する工程である。当該工程において、コイル導体 20 は、「アルファ巻」と称される巻き方で導線を巻回することにより、上述した巻回部 22、引出部 23 を有した形状に形成される。アルファ巻とは、導体として機能する導線の巻始めと巻終わりの引出部 23 が外周に位置するように渦巻き状に 2 段に巻回された状態を言う。コイル導体 20 のターン数は、特に限定されるものではない。

[0031] 予備成型体形成工程は、タブレットと称される予備成型体を形成する工程

である。

予備成型体は、素体 2 の材料である上記混合粉を加圧することで、取り扱いが容易な固形状に成型したものであり、本実施形態では、コイル導体 20 が配置される適宜形状（例えば、E 型や T 型など）の第 1 タブレットと、この第 1 タブレットとの間にコイル導体 20 を挟む適宜形状（例えば I 型や板状など）の第 2 タブレットとの 2 種類のタブレットが形成される。

[0032] 素体成型・硬化工程は、第 1 タブレット、コイル導体、及び第 2 タブレットを成型金型にセットし、熱を加えながら、第 1 タブレットと第 2 タブレットの重なり方向に加圧し、これらを硬化させることとで、第 1 タブレット、コイル導体、及び第 2 タブレットを一体化する。これにより、コイル導体 20 をコア 30 に内包した素体 2 が成型される。また、この工程で得られた素体 2 に対して、素体 2 に生じたバリ等を除去したり、素体 2 の角を面取りしたりするために、バレル研磨を行っても良い。

[0033] 素体研磨工程は、素体 2 の側面 16 を研磨し、素体 2 の幅 W を調整する工程である。素体研磨工程において、素体 2 は、保持板と呼ばれる板状の部材に保持された状態で、研磨機の上砥石と下砥石とによって上下から挟み込まれる。この状態で、研磨機を作動させ、上砥石および下砥石を回転させることにより、素体 2 の側面を研磨する。

[0034] 外部電極形成工程は、外部電極 4 を素体 2 に形成する工程であり、素体保護層形成工程と、表面処理工程と、めっき層形成工程と、を含んでいる。

[0035] 素体保護層形成工程は、素体 2 の全表面を絶縁性の樹脂でコーティングする工程である。

[0036] 表面処理工程は、コア 30 の表面の電極予定箇所にレーザ光を照射することで電極予定箇所の表面を改質する工程である。ここで、電極予定箇所とは、コア 30 の表面のうち外部電極 4 を形成すべき範囲をいい、電極接続領域 23b が露出されている部分を含む。具体的には、レーザ光を照射することにより、電極予定箇所の範囲において、素体 2 の表面の素体保護層およびコイル導体 20 の電極接続領域 23b の被覆層を除去すると共に、コア 30 の

表面の樹脂を除去し、且つ、コア 30 から露出している磁性粒子の表面の絶縁膜を除去する。これにより、コア 30 の表面のうち電極予定箇所の部分は、コア 30 の他の表面部分に比べて、コア 30 の表面の単位面積あたりの磁性粒子の金属の露出面積が大きくなる。なお、レーザ光の照射後に、電極予定箇所の表面を清浄するための洗浄処理（例えばエッチング処理）を行っても良い。

[0037] めっき層形成工程では、コア 30 の表面に銅をバレルめっきすることにより、レーザ光が照射された電極予定箇所に銅めっき層を形成する。これに加えて、めっき層は、銅めっき層の上に、さらに Ni めっき層および Sn めっき層を設けて形成されるものとしてもよい。

[0038] [3. インダクタの詳細構成]

以下、本実施形態におけるインダクタ 1 の詳細について、更に説明する。

上述したように、特許文献 1 に例示される従来技術に係るコイル部品では、コイル導体を構成する導線の先端の終端面が、外部電極と接続されている。上記の構成を有する従来のコイル部品では、外部電極とコイル導体との接触面積は、上記コイル導体の終端面のサイズに制限され、コイル部品としての直流抵抗値が制限される。

[0039] これに対し、本実施形態に係るインダクタ 1 では、巻回部 22 から素体 2 の底面 10 の方向に引き出された引出部 23 は、導線の側面が底面 10 に露出した電極接続領域 23b を有する。そして、電極接続領域 23b の上記露出した導線の側面が、外部電極 4 と接続している。これにより、インダクタ 1 では、外部電極 4 と電極接続領域 23b との接触面積を、導線の先端の終端面のサイズに制限されることなく拡大することができるので、従来技術に比べてインダクタ 1 の直流抵抗値を低減して良好な特性を実現することができる。

[0040] 図 5 は、図 3 に示すインダクタ 1 を底面 10 の側から見た平面図である。また、図 6 は、図 5 に示すインダクタ 1 を図示左側の端面 14 の側から見た側面図であり、上面 12 の側の巻回領域 22a から引き出された引出部 23

の構成の一例を示す図である。なお、図面を簡略化して理解を容易にするため、図5においては、外部電極4の図示を省略している。

[0041] 図3、図5、及び図6に示すように、一对の引出部23のそれぞれの電極接続領域23bは、底面10から露出して、それぞれ対応する外部電極4と接続している。

[0042] 図6に示すように、巻回領域22aからつながる引出部23は、巻回領域22aの最外周の導線が底面10の方向へ曲げられることにより巻回部22から引き出された引出領域23aを有する。そして、底面10まで引き出された引出部23の一部は、当該引出部23を構成する平角状導線の側面が底面10から露出して底面10に沿って延在し、一の電極接続領域23bを構成する。

[0043] なお、図6に示す端面14に対向する他の端面14の側においては、上記と同様に、巻回領域22bからつながる他の引出部23は、巻回領域22bの最外周の導線が底面10の方向へ曲げられることにより巻回部22から引き出された引出領域23aを有する。そして、底面10まで引き出された引出部23の一部は、当該引出部23を構成する平角状導線の側面が底面10から露出して底面10に沿って延在し、他の電極接続領域23bを構成する。

[0044] 本実施形態では、底面10から露出して外部電極4に接続する電極接続領域23bの側面は、図3に示すように、引出部23を構成する平角状導線の、長手方向に直交する断面が成す長方形の一の短辺に沿った側面である。

[0045] 図3に示す構成は、巻回部22のようなフラットワイズ巻きで構成されるコイルを作成する際に導線を捩じる必要がないので、製造工程が複雑化しないという利点を有する。また、図3の構成は、導線の長手方向に直交する断面が成す長方形の一の長辺に沿った側面（すなわち、幅広面）が外部電極4に接続する構成と比較して、巻回部22において巻軸Qに沿って発生した磁束が引出部23の導線により遮断される程度を軽減することができる。その結果、インダクタ1では、良好なインダクタンス特性を実現することができる。

る。

[0046] [4. インダクタの電気特性評価]

上記のように構成されるインダクタ1では、底面10の表面から露出して延在する電極接続領域23bの長さが長いほど、電極接続領域23bと外部電極4との接続部分における直流抵抗は小さくなる。ただし、電極接続領域23bの長さを長くした場合には、素体2を構成する磁性体を含有するコア30の体積が減少すること等により、インダクタンスや直流重畳電流等の、インダクタ1の他の電気特性に影響を与える可能性がある。

[0047] このため、本願発明の発明者は、電極接続領域23bを含む引出部23の構成と、インダクタ1の電気特性との関係について、シミュレーションによる検討を行った。図6を参照し、インダクタ1の電気特性に影響を与えるパラメータとして、発明者は、特に、巻回部22の最外周の導線が引出部23に向かって延在する延在方向と、巻回部22から底面10に向かって引き出される引出部23の引出領域23aの延在方向と、の成す角度である引出角度 θ 、及び、引出部23の長さ L_p に対する電極接続領域23bの長さ L_c の比 $R_a (=L_c / L_p)$ に着目する。

[0048] 引出角度 θ は、例えば、巻回部22の最外周の導線が引出部23に向かって延在する第1の延在方向 V_a と、第1の延在方向 V_a から曲がって底面10の方向に向かう引出部23の引出領域23aの延在方向である第2の延在方向 V_b と、の成す曲がり角度として定義される。引出角度 θ は、例えば、巻回部22の輪郭が形成する面であって、素体2の上面12の側にある面 S_a と、引出部23の引出領域23aを構成する導線の、素体2の上面12の側の側面と、が成す角度（図6に示す θ_a ）として測定され得る。

[0049] また、引出部23の長さ L_p は、例えば、引出領域23aの底面10側の側面の延在方向に沿った線分と巻回部22の面 S_a との交点であるA点を起点として、引出領域23aと電極接続領域23bとが接続する底面10側の位置であるB点を経て、引出部23の底面10上の終端点であるC点に至るまでの長さとして定義される。また、電極接続領域23bの長さ L_c は、例

例えば、引出部23の、底面10側の側面に沿って測った長さであって、底面10の表面から露出した部分の長さ（すなわち、B点からC点までの長さ）として定義され得る。

[0050] 電気特性の良否を示す評価尺度は、次の式（1）で算出される指標 E_i を用いた。

$$E_i = L_i \times I_{sat} \div R_{dc} \quad (1)$$

[0051] 上記の式（1）において、 L_i 、 I_{sat} 、及び R_{dc} は、それぞれ、インダクタ1のインダクタンス、直流重畳電流、及び直流抵抗である。

指標 E_i は、電気特性が良好であるほど、すなわち、インダクタンス L_i が大きいほど、直流重畳電流 I_{sat} が大きいほど、又は直流抵抗 R_{dc} が小さいほど、大きな値となる。

[0052] [4. 1 試料の作成]

インダクタ1の電気特性を評価するため、発明者らは、素体2を1つ作成し、作成した素体2をもとにシミュレーション上で引出角度 θ 及び比 R_a を変化させて、指標 E_i を算出した。

[0053] シミュレーションに使用する素体2は、以下のように制作した。

コア30の材料となる混合粉のうち、金属磁性粉には、第1磁性粒子としてのFe-Si-Cr合金粉と、第2磁性粒子としてのカルボニル鉄粉と、を混合したものを使用した。粒度分布計による計測結果によれば、実施例の金属磁性粉は、第1磁性粒子の平均粒径が $25.3 \mu\text{m}$ 、第2磁性粒子の平均粒径が $1.7 \mu\text{m}$ であった。また、実施例の樹脂は、ビスフェノールA型エポキシ樹脂とゴム変性エポキシ樹脂とを含んでおり、混合粉のうち2.7 wt %を占めていた。発明者らの測定によれば、混合粉は、比透磁率が34であり、飽和磁束密度が 1.36 T であった。なお、比透磁率は、BHアナライザとインピーダンス・マテリアル・アナライザを利用し、周波数1 MHzの高周波信号を用いて測定された。また、飽和磁束密度は、LCRメータと直流電源を用いて重畳時のインダクタンス変化を測定し、BHデータを逆算して、磁束が飽和した値を混合粉の飽和磁束密度とした。

[0054] コイル導体20に用いた導線は、当該導線の長手方向に直交する断面が略長方形の平角状導線であり、当該断面の長方形の寸法は、縦横それぞれ0.128mmおよび0.083mmである。コイル導体20は、2段のアルファ巻きに形成された巻回部22と、引出部23と、を有する形状に形成した。巻回部22は、巻軸Qに沿って導線を渦巻き状に上下2段のアルファ巻きに巻回することにより、巻軸Qに沿って重なった2つの巻回領域22a、22bを含むように形成した。巻回部22の外周から引き出される引出部23の引出角度 θ は、90度とした。

[0055] 上記のコア30およびコイル導体20を用いて、素体2を制作した。コイル導体20は、巻回部22の巻軸Qが、素体2の実装面である底面10に対し、略垂直になる姿勢とした。

[0056] 引出部23の電極接続領域23bの終端の位置（C点位置）と、素体2の直近の側面16までの距離L1（図6参照）は、100 μ mとした。電極接続領域23bの終端位置をこの位置としたのは、終端位置がこの位置より側面16に近くなると、この部分における側面16の壁厚が薄くなり、素体に割れや欠けが発生し易くなって、素体2の機械強度を実用レベルに維持し得ないためである。

引出部23の開始点Aと、電極接続領域23bの終端位置に直近の側面16に対向する側の側面16との距離L2（図6参照）は、 $W/3$ とした。

[0057] [4. 2 評価結果]

まず、引出角度 θ と指標Eiとの関係について評価した。

図7は、引出角度 θ に対する指標Eiのシミュレーション結果である。図7において、横軸は引出角度 θ 、縦軸は指標Eiである。計算に際し、距離L1及びL2は、上述した試料と同様に、それぞれ、100 μ m及び $W/3$ とした。

[0058] 図7に示すように、指標Eiの値は、引出角度 θ が90度以下の範囲では、引出角度 θ の増加と共に増加する。そして、指標Eiは、引出角度 θ が90度のときにピークとなり、引出角度 θ が90度を超えて増加するにつれて

低下する。ここで、引出角度 θ が90度以下の範囲における指標 E_i の増加は、引出角度 θ の増加に伴って電極接続領域23bの長さが増加し、直流抵抗 R_{dc} が低下していくことに起因する。

[0059] また、引出角度 θ が90度を超える領域において指標 E_i が減少するのは、引出角度 θ が90度を超えると、引出部の位置が巻回部の周回方向から巻き戻される形になるため、引出部23に流れる電流の方向が当該引出部につながる巻回部22の導線の電流方向と逆行することになること、及び、電極接続領域23bの長さが長くなる分だけ、素体2における磁性体のコア30の体積が減少することにより、インダクタンス L_i 及び直流重畳電流 I_{sat} が減少することによる。

従って、図7に示す結果より、引出角度 θ は、90度以下が好ましい。

[0060] また、インダクタ1の用途として、例えば、特に小さな直流抵抗と大きな直流重畳電流とが求められるような、DC-DCコンバータ回路のパワーインダクタを想定した場合、当該DC-DCコンバータ回路の電力効率を実用上問題ないレベルに維持する観点からは、指標 E_i は、0.0662（図7において図示点線で示すレベル）以上であることが好ましい。

したがって、引出角度 θ は、図7より、30度以上、90度以下がより好ましい。

[0061] 次に、引出部23の長さ L_p に対する電極接続領域23bの長さ L_c の比 R_a と、指標 E_i との関係について評価した。

表1は、引出角度 θ を固定したまま、比 R_a を変化させた場合の、指標 E_i のシミュレーション結果である。表2のシミュレーションに際し、引出角度 θ 及び距離 L_1 を、それぞれ、上述した試料と同様の90度及び100 μ mに固定したまま、距離 L_2 を $W/3$ から増加させて（すなわち、開始点Aを図6の図示左方へ移動させて）、電極接続領域23bの長さ L_c を変えることで比 R_a を変化させた。

また、表2は、距離 L_1 及び L_2 を固定したまま、引出角度 θ を変えた場合の、指標 E_i のシミュレーション結果である。表1のシミュレーションに

際し、距離 L_1 及び L_2 は、上述した試料と同様に、それぞれ、 $100\mu\text{m}$ 及び $W/3$ とした。

[0062] [表1]

比Ra	0.15	0.22	0.25	0.29	0.36	0.42	0.49	0.56	0.58
指標Ei	0.0651	0.0657	0.0662	0.0663	0.0668	0.0673	0.0678	0.0683	0.0685

[0063] [表2]

比Ra	0.25	0.33	0.42	0.49	0.58
指標Ei	0.0668	0.0676	0.0680	0.0682	0.0685

[0064] 図8は、表1及び表2に示す結果から、比Raと指標Eiとの関係をプロットした図である。図8において、横軸は比Ra、縦軸は指標Eiである。また、図8において、グラフG1及びG2は、それぞれ、表1及び表2の結果をプロットしたグラフである。

[0065] 図8において、横軸に示す比Raが0.58の状態は、引出角度 θ 、距離 L_1 及び L_2 が、それぞれ、上述の試料と同じ90度、 $100\mu\text{m}$ 及び $W/3$ である状態に対応する。

また、図8には、図7と同様に、インダクタ1の用途としてDC-DCコンバータ回路のパワーインダクタを想定した場合の指標Eiの下限值0.0662のレベルが一点鎖線で示されている。

[0066] グラフG1及びグラフG2のいずれの場合も、比Raの増加と共に電極接続領域23bの長さは増加するので、図8に示すように、指標Eiは、比Raの増加に伴って増加する。図8に示す結果から、比Raは、DC-DCコンバータ回路のパワーインダクタ用途に対応でき、且つ、素体2の機械強度を実用レベルに確保できる範囲として、0.25以上、0.58以下であることが好ましいことが判る。

[0067] なお、上述した全ての実施形態および変形例は、本発明の一態様を例示したものであって、本発明の趣旨を逸脱しない範囲において任意に変形及び応用が可能である。また、上述した各実施形態の任意の要素を組み合わせ、新

たな実施形態としてもよい。

また、上述した実施形態における水平、直交、及び垂直等の方向や各種の数値、形状、材料は、特段の断りがない限り、それら方向や数値、形状、材料と同じ作用効果を奏する範囲（いわゆる均等の範囲）を含む。

[0068] [上記実施形態によりサポートされる構成]

上述した実施形態は、以下の構成をサポートする。

[0069] （構成１）導線の長手方向に直交する断面が略長方形を成す平角状の導線を巻回した巻回部と、前記巻回部から引き出された１対の引出部と、を有するコイル導体と、磁性粉と樹脂を含有し、前記コイル導体を内包する素体と、前記素体の表面に形成され、前記引出部に接続された外部電極と、を備え、前記素体は、前記コイル導体の巻回部の巻軸と交わって相対向する２つの主面を有し、前記引出部は、前記巻回部から前記素体の一の前記主面に向かって延在する引出領域と、前記外部電極と接続する電極接続領域を有し、前記電極接続領域は、前記導線の長手方向に直交する断面が成す長方形の一の短辺に沿った側面が前記素体の前記一の主面に沿って露出し、前記導線の導体が前記外部電極と接続する、インダクタ。

構成１のインダクタによれば、コイル導体を構成する導線の断面サイズに制限されることなく、直流抵抗の低い良好な電気特性を実現することができる。

[0070] （構成２）前記巻回部の輪郭が形成する面であって、前記素体の前記一の主面に対向する他の前記主面の側にある面と、前記引出領域を構成する前記導線の、前記他の主面の側の側面との成す角度である引出角度は、９０度以下である、構成１に記載のインダクタ。

構成２のインダクタによれば、インダクタンス、直流重畳電流、及び直流抵抗についてバランスのとれた良好な電気特性を実現することができる。

[0071] （構成３）前記引出角度は、３０度以上、９０度以下である、構成２に記載のインダクタ。

構成３のインダクタによれば、ＤＣ－ＤＣコンバータ回路のパワーインダ

クタの用途にも好適な電気特性を実現することができる。

- [0072] (構成4) 前記引出部の長さに対する、前記電極接続領域の長さの比は、0.25以上、0.58以下である、構成1ないし3のいずれかに記載のインダクタ。

構成4のインダクタによれば、電極接続領域の端部と素体外面との間の素体の壁厚を確保して素体の機械強度を実用レベルに維持しつつ、且つ、DC-DCコンバータ回路のパワーインダクタの用途にも好適な電気特性を実現することができる。

- [0073] (構成5) 前記巻回部は、前記導線を前記巻軸に沿って2段に α 巻きして構成されている、構成1ないし4のいずれかに記載のインダクタ。

構成5のインダクタによれば、引出部を巻回部の最外周から引き出して、直流抵抗のより低い良好な電気特性を実現することができる。

符号の説明

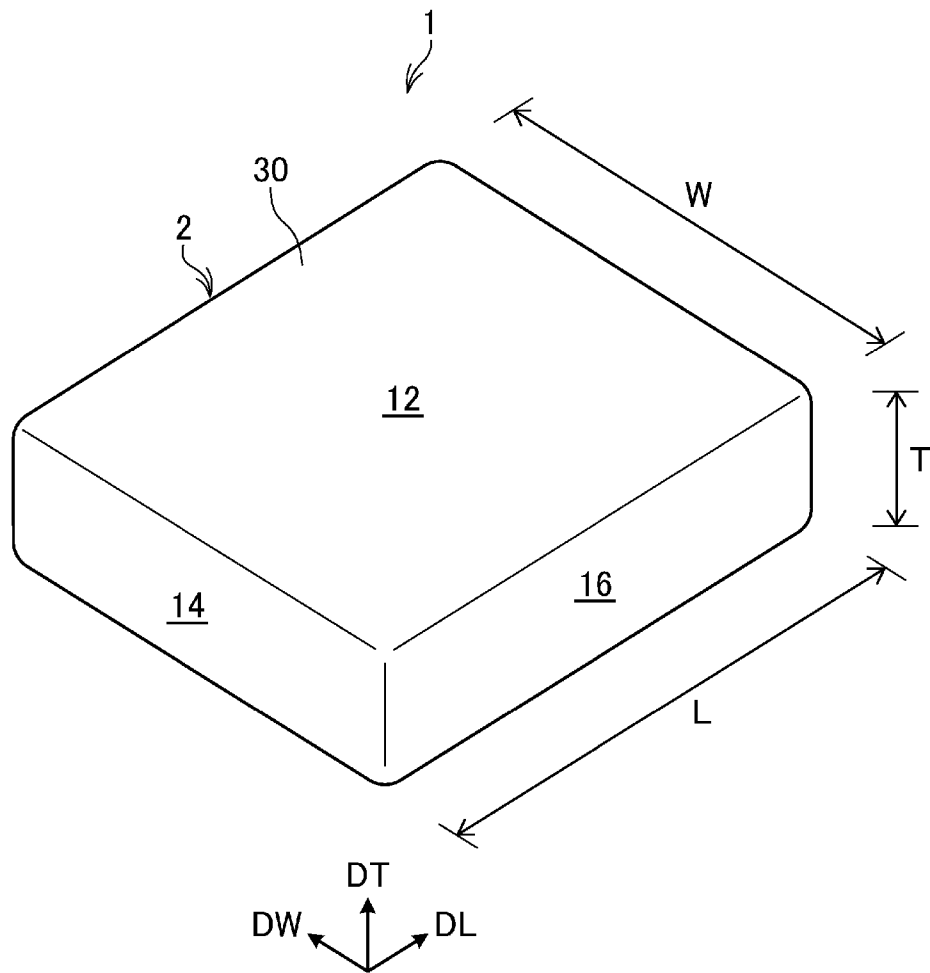
- [0074] 1…インダクタ、2…素体、4…外部電極、10…底面（一の主面）、12…上面（他の主面）、14…端面、16…側面、20…コイル導体、22…巻回部、22a、22b…巻回領域、23…引出部、23a…引出領域、23b…電極接続領域、30…コア、Q…巻軸。

請求の範囲

- [請求項1] 導線の長手方向に直交する断面が略長方形を成す平角状の導線を巻回した巻回部と、前記巻回部から引き出された1対の引出部と、を有するコイル導体と、
- 磁性粉と樹脂を含有し、前記コイル導体を内包する素体と、
- 前記素体の表面に形成され、前記引出部に接続された外部電極と、
- を備え、
- 前記素体は、前記コイル導体の巻回部の巻軸と交わって相対向する2つの主面を有し、
- 前記引出部は、前記巻回部から前記素体の一の前記主面に向かって延在する引出領域と、前記外部電極と接続する電極接続領域を有し、
- 前記電極接続領域は、前記導線の長手方向に直交する断面が成す長方形の一の短辺に沿った側面が前記素体の前記一の主面に沿って露出し、前記導線の導体が前記外部電極と接続する、
- インダクタ。
- [請求項2] 前記巻回部の輪郭が形成する面であって、前記素体の前記一の主面に対向する他の前記主面の側にある面と、前記引出領域を構成する前記導線の、前記他の主面の側の側面との成す角度である引出角度は、90度以下である、
- 請求項1に記載のインダクタ。
- [請求項3] 前記引出角度は、30度以上、90度以下である、
- 請求項2に記載のインダクタ。
- [請求項4] 前記引出部の長さに対する、前記電極接続領域の長さの比は、0.25以上、0.58以下である、
- 請求項1ないし3のいずれか一項に記載のインダクタ。
- [請求項5] 前記巻回部は、前記導線の幅広面が前記巻軸と平行になる様に前記巻軸に沿って2段に α 巻きして構成されている、
- 請求項1ないし4のいずれか一項に記載のインダクタ。

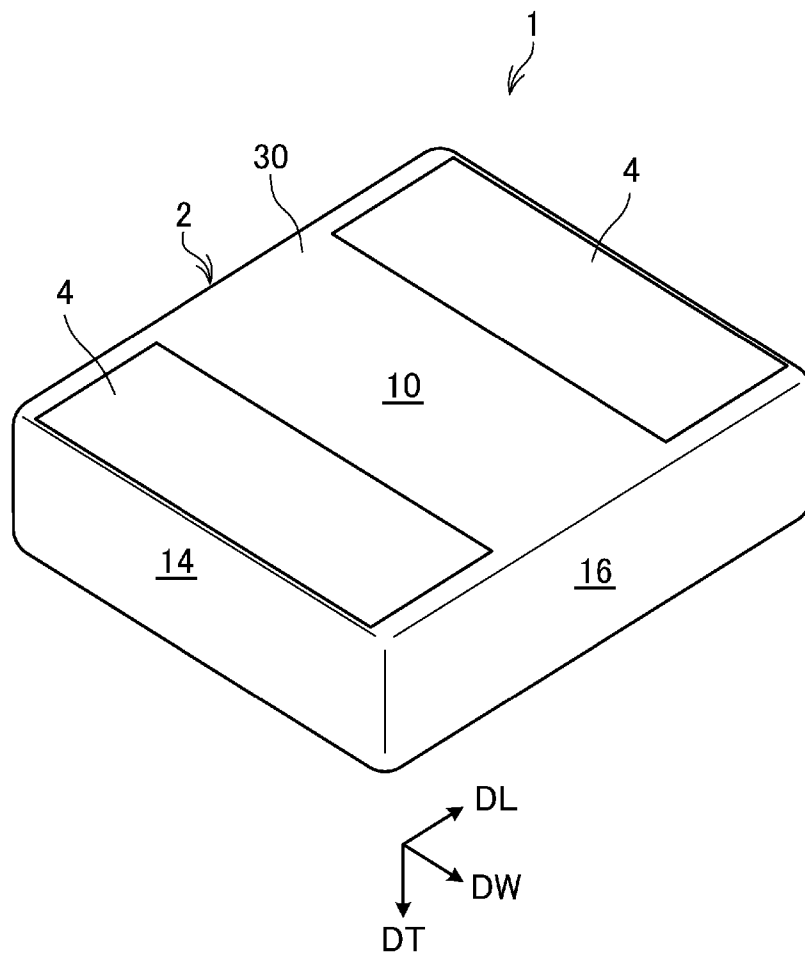
[図1]

図1



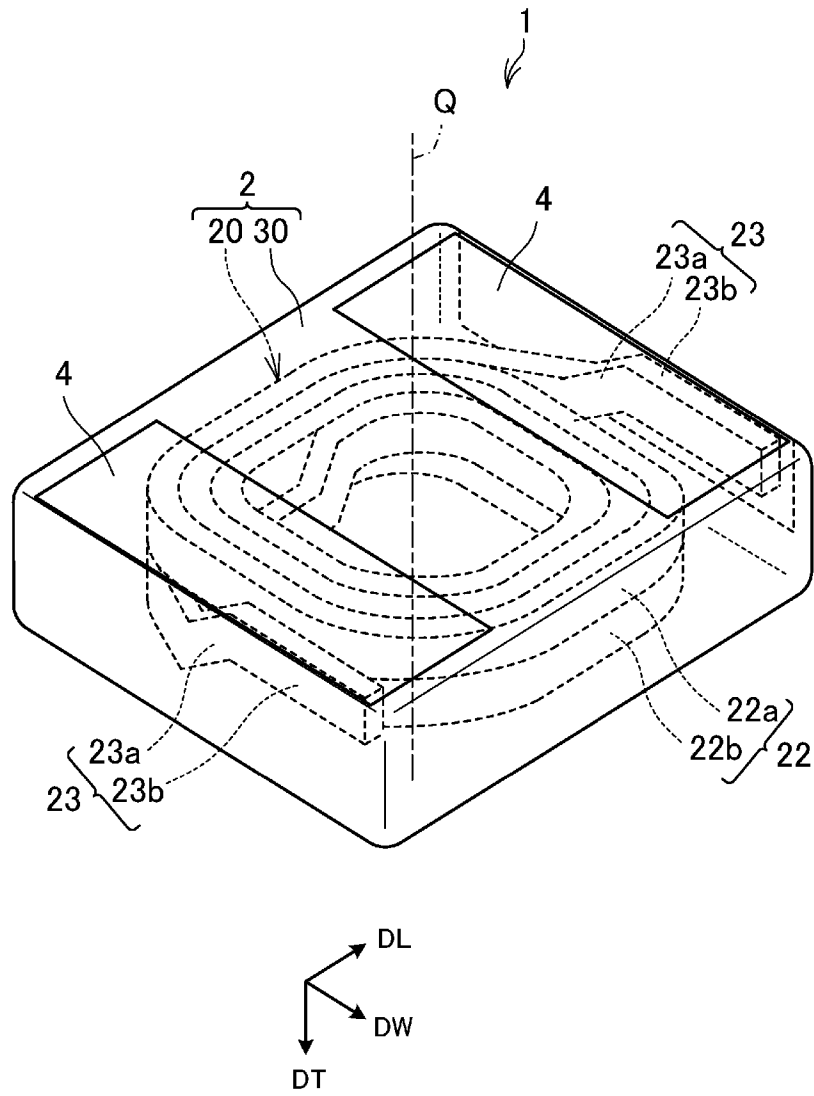
[図2]

图2



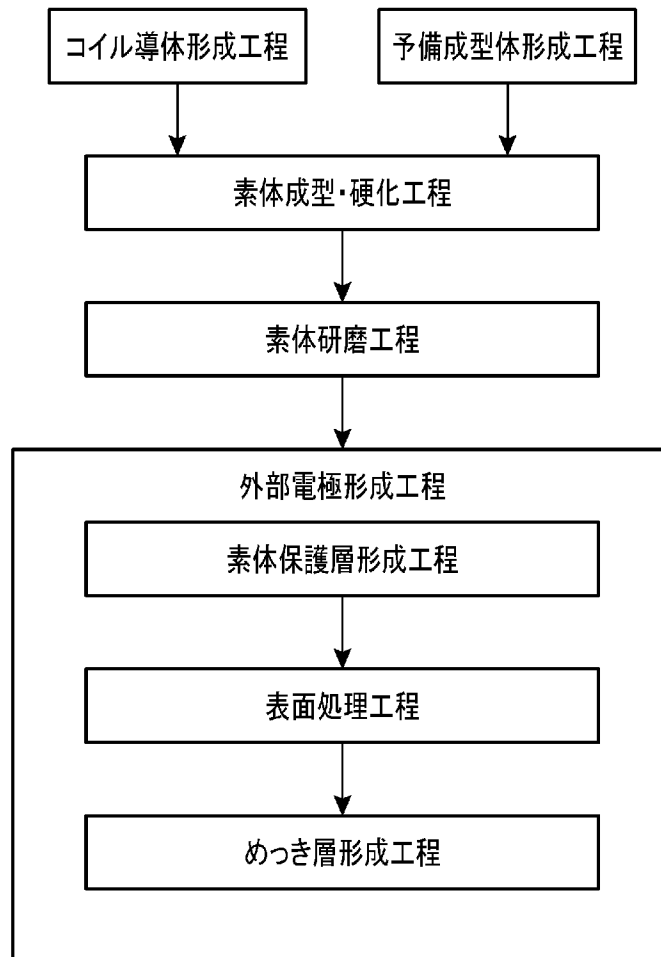
[図3]

図3



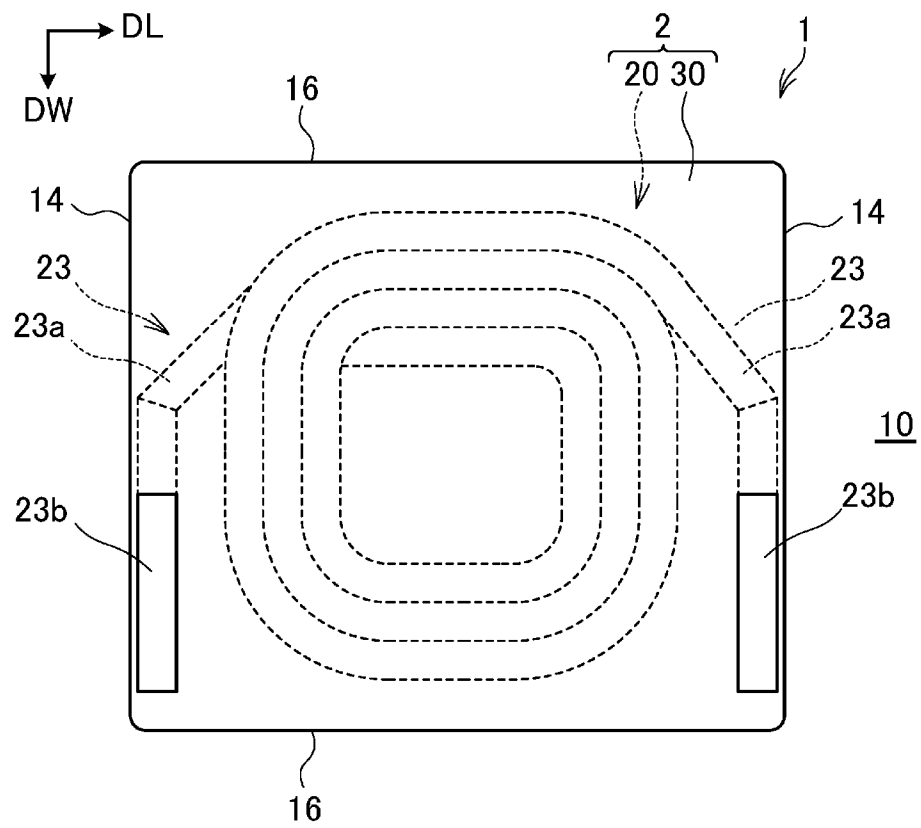
[図4]

図4



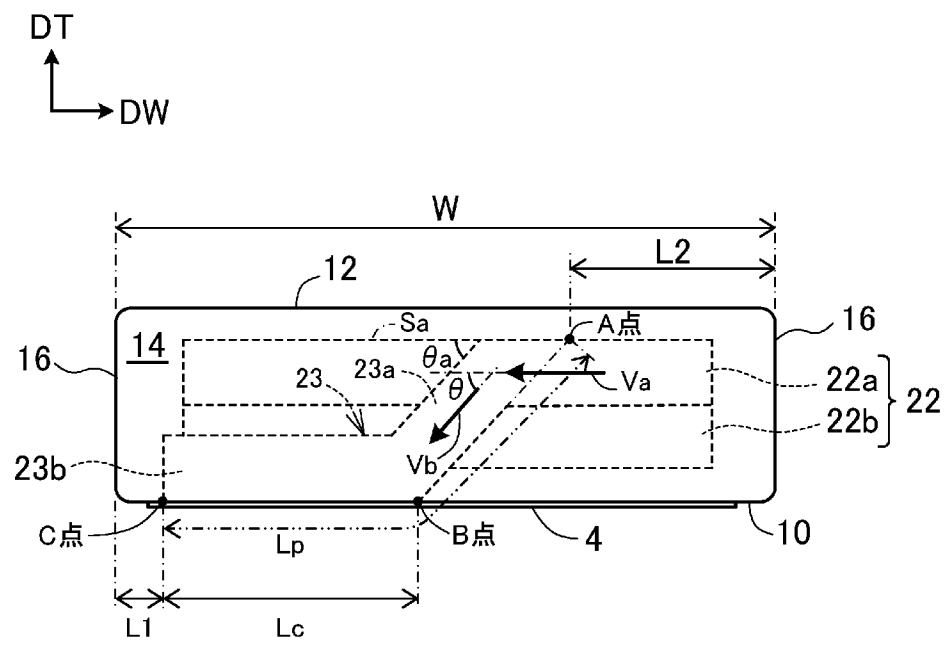
[図5]

図5



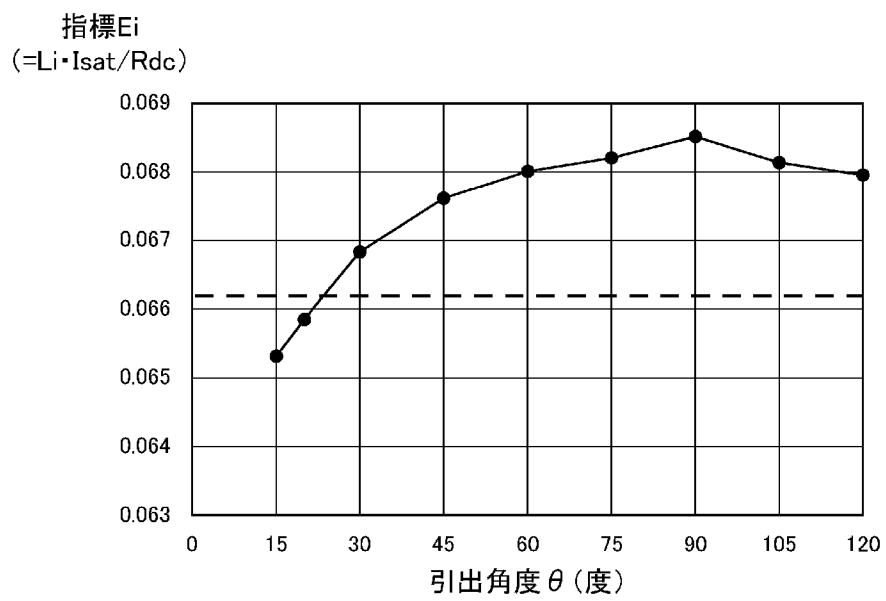
[図6]

図6



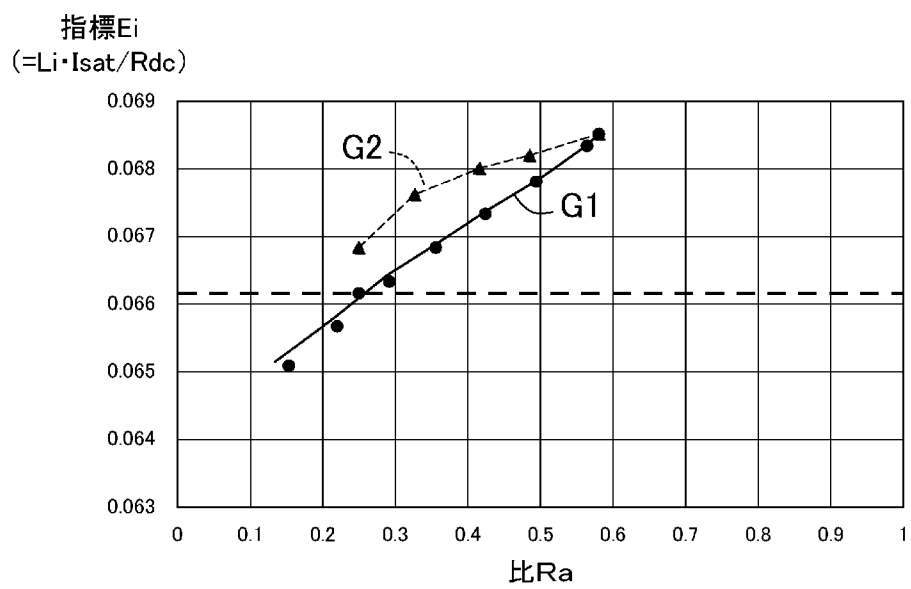
[図7]

図7



[図8]

図8



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2024/018711

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER H01F 27/29 (2006.01)i; H01F 27/28 (2006.01)i FI: H01F27/29 Q; H01F27/29 123; H01F27/28 152 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) H01F27/29; H01F27/28 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 1971-2024 Registered utility model specifications of Japan 1996-2024 Published registered utility model applications of Japan 1994-2024 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	JP 2021-111769 A (MURATA MANUFACTURING CO., LTD.) 02 August 2021 (2021-08-02) paragraphs [0014]-[0025], fig. 1-3	1-2, 4-5
Y		3
Y	JP 2015-225887 A (TAIYO YUDEN CO., LTD.) 14 December 2015 (2015-12-14) paragraph [0017], fig. 1(C)	3
☐ 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 “D” document cited by the applicant in the international application “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 08 July 2024		Date of mailing of the international search report 16 July 2024
Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2024/018711

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2021-111769 A			02 August 2021	US 2021/0217552 A1 paragraphs [0019]-[0033], fig. 1-3 CN 113130188 A	
JP 2015-225887 A			14 December 2015	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

H01F 27/29(2006.01)i; H01F 27/28(2006.01)i
FI: H01F27/29 Q; H01F27/29 123; H01F27/28 152

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））
H01F27/29; H01F27/28

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 - 2024年

日本国実用新案登録公報

1996 - 2024年

日本国登録実用新案公報

1994 - 2024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	JP 2021-111769 A（株式会社村田製作所）02.08.2021（2021 - 08 - 02） 0014-0025段落、図1-3	1-2, 4-5
Y		3
Y	JP 2015-225887 A（太陽誘電株式会社）14.12.2015（2015 - 12 - 14） 0017段落、図1(C)	3

☐ 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

“D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献

“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抵触するものではなく、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

08.07.2024

国際調査報告の発送日

16.07.2024

名称及びあて先

日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

権限のある職員（特許庁審査官）

後藤 嘉宏 5D 3660

電話番号 03-3581-1101 内線 3549

様式 PCT/ISA/210（第2ページ）（2022年7月）

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2024/018711

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
JP	2021-111769	A	02.08.2021	US	2021/0217552	A1	
				0019-0033段落、図1-3			
				CN	113130188	A	

JP	2015-225887	A	14.12.2015	(ファミリーなし)			
