

(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
2023年8月10日(10.08.2023)



(10) 国際公開番号

WO 2023/149021 A1

- (51) 国際特許分類:
H01B 7/02 (2006.01) *H02K 3/30* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2022/038626
- (22) 国際出願日: 2022年10月17日(17.10.2022)
- (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 2022-014109 2022年2月1日(01.02.2022) JP
- (71) 出願人: 住友電気工業株式会社
(SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.)
[JP/JP]; 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号 Osaka (JP).
- (72) 発明者: 飯塚 慎一(IIZUKA Shinichi); 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号 住友電気工業株式会社内 Osaka (JP). 奥村 宗一郎(OKUMURA Soichiro); 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号 住友電気工業株式会社内 Osaka (JP). 金澤 進一(KANAZAWA Shinichi); 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号 住友電気工業株式会社内 Osaka (JP). 坂元 佑輔(SAKAMOTO Yusuke); 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番

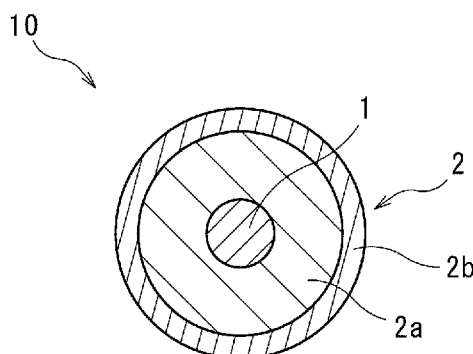
33号 住友電気工業株式会社内 Osaka (JP). 中島 新之助(NAKAJIMA Shinnosuke); 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号 住友電気工業株式会社内 Osaka (JP). 杉原 直樹(SUGIHARA Naoki); 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号 住友電気工業株式会社内 Osaka (JP). 池田 一秋(IKEDA Kazuaki); 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号 住友電気工業株式会社内 Osaka (JP). 中林 誠(NAKABAYASHI Makoto); 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号 住友電気工業株式会社内 Osaka (JP).

(74) 代理人: 池田 義典 (IKEDA Yoshinori); 〒6500025 兵庫県神戸市中央区相生町1丁目1番18号 富士興業ビル6階 天野特許事務所内 Hyogo (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, MW, MX,

(54) Title: MAGNET WIRE

(54) 発明の名称: マグネットワイヤ



(57) Abstract: According to an embodiment of this invention, the magnet wire includes a conductive body and multiple insulating layers covering the conductive body, the insulating layers comprising an innermost layer and an outermost layer, the main component of the innermost layer being fluororesin, the ratio $E1/E2$ of the Young's modulus $E1$ of the outermost layer to the Young's modulus $E2$ of the innermost layer being 1.1 or more.

(57) 要約: 本開示の一態様に係るマグネットワイヤは、導体と、上記導体を被覆する複数の絶縁層とを備えるマグネットワイヤであって、上記絶縁層が最内層と最外層とを有し、上記最内層の主成分がフッ素樹脂であり、上記最外層のヤング率 $E1$ と上記最内層のヤング率 $E2$ との比 $E1/E2$ が1.1以上である。

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, 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, 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))

明 細 書

発明の名称：マグネットワイヤ

技術分野

[0001] 本開示は、マグネットワイヤに関する。

本出願は、2022年2月1日出願の日本出願第2022-014109号に基づく優先権を主張し、上記日本出願に記載された全ての記載内容を援用するものである。

背景技術

[0002] 特許文献1には、コイル用巻線に用いられる絶縁電線（マグネットワイヤ）として、導体上に添融性弗素樹脂組成物を架橋処理した被覆層を設けその外側に耐熱性絶縁塗料の焼付皮膜層を設けたことを特徴とする絶縁電線が記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：実開昭63-168923号公報

発明の概要

[0004] 本開示の一態様に係るマグネットワイヤは、導体と、上記導体を被覆する複数の絶縁層とを備えるマグネットワイヤであって、上記絶縁層が最内層と最外層とを有し、上記最内層の主成分がフッ素樹脂であり、上記最外層のヤング率 E_1 と上記最内層のヤング率 E_2 との比 E_1/E_2 が1.1以上である。

図面の簡単な説明

[0005] [図1]図1は、本開示の第1実施形態に係るマグネットワイヤを示す模式的断面図である。

[図2]図2は、本開示の第2実施形態に係るマグネットワイヤを示す模式的断面図である。

発明を実施するための形態

[0006] [本開示が解決しようとする課題]

本開示が解決しようとする課題は、耐加工性に優れるマグネットワイヤを提供することである。

[0007] [本開示の効果]

本開示の一態様に係るマグネットワイヤは、耐加工性に優れる。

[0008] [本開示の実施形態の説明]

最初に本開示の実施態様を列記して説明する。

[0009] 本開示の一態様に係るマグネットワイヤは、導体と、上記導体を被覆する複数の絶縁層とを備えるマグネットワイヤであって、上記絶縁層が最内層と最外層とを有し、上記最内層の主成分がフッ素樹脂であり、上記最外層のヤング率 E_1 と上記最内層のヤング率 E_2 との比 E_1/E_2 が1.1以上である。

[0010] 当該マグネットワイヤは、上記最内層の主成分がフッ素樹脂であり、上記比 E_1/E_2 が1.1以上であることで、耐加工性に優れる。

[0011] 上記最外層の比誘電率 ϵ_1 と上記絶縁層全体の比誘電率 ϵ との比 ϵ_1/ϵ が1.1以上2.0以下であることが好ましい。この場合、当該マグネットワイヤの耐加工性をより向上させることができる。

[0012] 上記最外層の主成分がポリイミド、ポリアミドイミド、ポリエーテルエーテルケトン、ポリフェニレンサルファイド又はこれらの組み合わせであることが好ましい。この場合、含浸ワニスやモールド樹脂などのコイル固定材料との接着性を向上させることができる。

[0013] 上記最内層及び上記最外層の少なくとも一方がシリカを含有するとよい。この場合、ヤング率を向上させることができる。

[0014] 上記絶縁層が上記最外層と上記最内層との間に中間層をさらに有することが好ましい。この場合、最外層と最内層との熱膨張係数差を緩和させたり、最外層をワニスの塗工により形成する際の塗工性を向上させたりすること等ができる。

[0015] 上記中間層がシリカを含有するとよい。この場合、耐加工性及び絶縁性の

バランスに優れる。

[0016] 当該マグネットワイヤは平角線であることが好ましい。この場合、当該マグネットワイヤを高密度に巻き付けることができる。

[0017] [本開示の実施形態の詳細]

以下、本開示の実施形態に係るマグネットワイヤについて図面を参照しつつ詳説する。

[0018] <第1実施形態>

図1の当該マグネットワイヤ10は、導体1と、上記導体1を被覆する複数の絶縁層2とを備える。上記絶縁層2は、最内層2aと、最外層2bとを備える。

[0019] 当該マグネットワイヤ10の断面形状としては特に制限されず、例えば円形状（丸線）、楕円形状、正形状（角線）、長形状（平角線）が挙げられる。当該マグネットワイヤ10の断面形状が長形状、換言すると当該マグネットワイヤ10が平角線であることが好ましい。この場合、コイル加工の際に当該マグネットワイヤ10を高密度に巻き付けることができる。また、当該マグネットワイヤ10の断面形状と後述する導体1の断面形状とは同種の形状であることが好ましい。

[0020] 当該マグネットワイヤ10は、コイル用巻線として好適に用いることができる。

[0021] 以下、当該マグネットワイヤ10が備える構成について説明する。

[0022] [導体]

導体1としては、線状の導体を用いることができる。線状の導体としては、例えば銅線、錫めっき銅線、アルミ線、アルミ合金線、鋼心アルミ線、カップフライ線、ニッケルめっき銅線、銀めっき銅線、銅覆アルミ線等の金属線が挙げられる。

[0023] 導体1の断面形状としては、例えば円形状（丸線）、楕円形状、正形状、長形状が挙げられる。当該マグネットワイヤ10を平角線とする場合、導体1の断面形状が長形状であることが好ましい。

[0024] 導体 1 の平均断面積の下限としては、 0.01 mm^2 が好ましく、 0.1 mm^2 がより好ましい。上記平均断面積の上限としては、 15 mm^2 が好ましく、 10 mm^2 がより好ましい。

[0025] [絶縁層]

絶縁層 2 は、複数の層から構成される。「複数の絶縁層」とは、ヤング率の異なる絶縁層が複数存在することを意味する。例えば当該マグネットワイヤ 10 の絶縁層 2 を後述する方法（ワニスの塗工及び焼き付けを複数回繰り返す方法）で形成する場合、同種のワニスを用いて形成した絶縁層は同一の絶縁層とみなす。

[0026] 絶縁層 2 は、導体 1 を被覆するように導体 1 の周面上に積層される。絶縁層 2 は、導体 1 の周面上に積層される最内層 2 a と、最内層 2 a の外側に積層される最外層 2 b とを備える。複数の絶縁層のうち、導体側を「内」側といい、「内」側とは反対側を「外」側という。複数の絶縁層のうち、最も内側に積層された層を最内層といい、導体から最も外側に積層された層を最外層といい、最内層と最外層との間に存在する任意の層を中間層という。

[0027] 当該マグネットワイヤ 10 は、上記最内層の主成分がフッ素樹脂であり、上記最外層のヤング率 E_1 と上記最内層のヤング率 E_2 との比 E_1/E_2 が 1.1 以上である。当該マグネットワイヤ 10 は、上記構成を備えることにより、耐加工性に優れる。その理由としては必ずしも明確ではないが、例えば以下のように推察される。マグネットワイヤの加工の際に絶縁層の膜減り（絶縁層の削れや剥がれ）が生じると絶縁破壊が引き起こされるおそれがある。絶縁層の膜減りは、絶縁層の摩擦抵抗を低減することで抑制することができると考えられる。絶縁層の最外層と最内層のヤング率に着目し、最外層のヤング率を最内層のヤング率よりも一定以上大きくすることで、例えば絶縁層が加工治具との接触箇所において力を受けた際に、ヤング率の小さい最内層が優先的に弾性変形することで、ヤング率の大きい最外層と加工治具との接触箇所近傍の皮膜変形による接触面積増加又は凝着が抑えられ、摩擦抵抗が低下すると考えられる。「ヤング率」は、当該マグネットワイヤから導

体を取り除き、J I S K 7 1 6 1 - 1 : 2 0 1 4 に準拠した方法により測定される 2 0 ° C におけるヤング率である。

[0028] 上記比 E_1 / E_2 の下限としては、1. 8 が好ましく、3. 0 がより好ましく、3. 5 がさらに好ましく、4. 0 がより一層好ましく、5. 0 が特に好ましく、5. 5 が最も好ましい。上記比 E_1 / E_2 が上記下限以上であることにより、耐加工性をより向上させることができる。なお、本明細書における数値範囲の上限及び下限に関する記載は特に断りのない限り、上限は「以下」であっても「未満」であってもよく、下限は「以上」であっても「超」であってもよい。

[0029] 上記比 E_1 / E_2 の上限としては、例えば 1 0 0 である。

[0030] 絶縁層全体の比誘電率 ϵ の上限としては、3. 0 が好ましく、2. 8 がより好ましく、2. 6 がさらに好ましい。この場合、当該マグネットワイヤの絶縁性をより向上させることができる。比誘電率 ϵ の下限としては、例えば 1. 0 であり、1. 5 が好ましく、2. 0 がより好ましい。「比誘電率」は、J I S K 2 9 3 5 - 2 : 1 9 9 9 に準拠し、6 0 H z 及び室温 (2 5 ° C) の条件で測定される値である。

[0031] 絶縁層 2 全体の平均厚さ T としては特に制限されず、例えば 2 0 μm 以上 2 0 0 μm 以下とすることができる。

[0032] (最内層)

最内層 2 a は、上記複数の絶縁層のうち最も内側に積層された層である。換言すると、最内層 2 a は、上記複数の絶縁層のうち最も導体 1 側に積層された層である。最内層 2 a は、導体 1 を直接被覆する層であることが好ましい。

[0033] 最内層 2 a のヤング率 E_2 としては、上記比 E_1 / E_2 の範囲を満たす限りにおいて特に制限されない。ヤング率 E_2 の下限としては、1 0 0 M P a が好ましく、2 0 0 M P a がより好ましく、3 0 0 M P a がさらに好ましい。ヤング率 E_2 の上限としては、1, 5 0 0 M P a が好ましく、1, 4 0 0 M P a がより好ましく、1, 3 0 0 M P a がさらに好ましい。ヤング率 E_2

が上記範囲であることで、例えば絶縁層とコイル加工治具との接触箇所において力を受けた際に最内層 2 a がより優先的に弾性変形することができる結果、絶縁層の摩擦抵抗が低減することで、より優れた耐加工性を発揮できる。

[0034] 最内層 2 a の主成分は、フッ素樹脂である。当該マグネットワイヤ 10 は、最内層 2 a の主成分がフッ素樹脂であることで、優れた絶縁性を発揮できる。「主成分」とは、質量換算で最も含有量が多い成分を意味する。「フッ素樹脂」とは、高分子鎖の繰り返し単位を構成する炭素原子に結合する水素原子の少なくとも 1 つが、フッ素原子又はフッ素原子を有する有機基（以下、「フッ素原子含有基」ともいう）で置換されたものをいう。フッ素原子含有基は、直鎖状又は分岐状の有機基中の水素原子の少なくとも 1 つがフッ素原子で置換されたものであり、例えばフルオロアルキル基、フルオロアルコキシ基、フルオロポリエーテル基を挙げることができる。

[0035] フッ素樹脂としては、例えばポリテトラフルオロエチレン（PTFE）、テトラフルオロエチレンーパーフルオロアルキルビニルエーテル共重合体（PFA）、テトラフルオロエチレンーヘキサフルオロプロピレン共重合体（FEP）、ポリクロロトリフルオロエチレン（PCTFE）、テトラフルオロエチレンーエチレン共重合体（ETFE）、クロロトリフルオロエチレンーエチレン共重合体（ECTFE）が挙げられる。フッ素樹脂は、1 種単独であってもよいし、2 種以上を組み合わせてもよい。

[0036] フッ素樹脂は一般的に結晶性樹脂に分類されるが、フッ素樹脂としては、結晶性フッ素樹脂だけでなく、非晶性フッ素樹脂を用いてもよい。

[0037] フッ素樹脂としては、PTFE、PFA 又は FEP が好ましく、PTFE がより好ましい。この場合、当該マグネットワイヤ 10 の絶縁性をより向上させることができる。また、PTFE である場合、吸水率が低く、耐湿熱性を向上させることができる。

[0038] PTFE としては、例えば国際公開第 2017/043372 号に記載の方法で得られる架橋 PTFE が挙げられる。上記文献では、380℃におけ

る溶融粘度が $1 \times 10^5 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 以上 $7 \times 10^5 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 以下の P T F E に電離放射線を照射することで、数平均分子量が 60 万以下の架橋 P T F E を製造する方法が記載されている。

[0039] 最内層 2 a は上記主成分以外の他の成分を含有していてもよい。上記他の成分としては、例えばシリカ、アルミナ、酸化マグネシウム、酸化ベリリウム、炭化ケイ素、炭化チタン、炭化ホウ素、タングステンカーバイド、窒化ホウ素、窒化ケイ素等の充填剤が挙げられる。最内層 2 a がシリカを含有する場合、ヤング率 E_2 を向上させることができる。

[0040] 最内層 2 a の平均厚さ T_2 の下限としては、 $20 \mu\text{m}$ が好ましい。最内層 2 a の平均厚さ T_2 の上限としては、 $150 \mu\text{m}$ が好ましい。「平均厚さ」とは、任意の 10 点における厚さの平均値をいう。

[0041] 最内層 2 a は、低誘電率であることが好ましい。この場合、高電圧機器で使用する際であっても皮膜厚さを必要以上に増加させることなく、好適に使用することができる。また、最内層 2 a の比誘電率 ϵ_2 は、後述する最外層 2 b の比誘電率 ϵ_1 よりも小さいことが好ましい。最内層 2 a の比誘電率 ϵ_2 の上限としては、2.8 が好ましく、2.6 がより好ましく、2.4 がさらに好ましい。この場合、当該マグネットワイヤ 10 の絶縁性をより向上させることができる。最内層 2 a の比誘電率の下限としては、1.8 が好ましい。

[0042] (最外層)

最外層 2 b は、上記複数の絶縁層 2 のうち最も外側に積層された層である。換言すると、最外層 2 b は、上記複数の絶縁層 2 のうち最も導体 1 側とは反対側に積層された層である。最外層 2 b は、最内層 2 a とは異なる層である。

[0043] 最外層 2 b のヤング率 E_1 としては、上記比 E_1 / E_2 の範囲を満たす限りにおいて特に制限されず、ヤング率 E_2 との関係において適宜決定することができる。ヤング率 E_1 の下限としては、 550 MPa が好ましく、 600 MPa がより好ましく、 $1,000 \text{ MPa}$ がさらに好ましく、 $2,000$

MPaや2,500MPaが好ましい場合もある。ヤング率E1の上限としては、10,000MPaが好ましく、4,500MPaがより好ましい。ヤング率E1が上記範囲であることで、絶縁層とコイル加工治具との摩擦抵抗を低減することができる。

[0044] 最外層2bの主成分としては、絶縁性を有する合成樹脂であれば上記比E1/E2の範囲を満たす限りにおいて特に制限されず、最内層2aとの関係において適宜決定することができる。最外層2bの主成分としては、上述のフッ素樹脂、ポリイミド(PI)、ポリアミドイミド(PAI)、ポリエーテルエーテルケトン(PEEK)、ポリフェニレンサルファイド(PPS)等が挙げられる。また、上記最外層2bの主成分としては、ポリイミド、ポリアミドイミド、ポリエーテルエーテルケトン、ポリフェニレンサルファイド又はこれらの組み合わせであることが好ましい。一般的に、マグネットワイヤを用いてコイルを製造する場合、コアにマグネットワイヤを巻き付けた後、マグネットワイヤ同士の間隙及びマグネットワイヤとコアとの隙間に含浸ワニスを用いてマグネットワイヤ間や、マグネットワイヤ-コア間を固着させる。最外層2bの主成分が上述のものである場合、含浸ワニスとの接着力を向上させることができる。

[0045] 最外層2bは上記主成分以外の他の成分を含有していてもよい。上記他の成分としては、例えばシリカ、アルミナ、酸化マグネシウム、酸化ベリリウム、炭化ケイ素、炭化チタン、炭化ホウ素、タングステンカーバイド、窒化ホウ素、窒化ケイ素等の充填剤が挙げられる。最外層2bがシリカを含有する場合、ヤング率E1を向上させることができる。

[0046] 最外層2bの算術平均高さSaの下限としては、4μmが好ましく、4.1μmがより好ましく、4.2μmがさらに好ましく、4.3μmが特に好ましい。最外層2bの算術平均高さSaの上限としては、6μmが好ましく、5.8μmがより好ましく、5.7μmがさらに好ましく、5.6μmが特に好ましい。最外層2bの算術平均高さSaが上記範囲内であることで、当該マグネットワイヤ10の耐加工性をより向上させることができる。算術

平均高さ S_a は、表面の平均面に対して各点の高さの差の絶対値の平均を表したものであり、JIS B 0681-2:2018に準拠した方法により測定される値である。

[0047] 最外層 2 b の 3 乗平均高さ S_{sk} としては、0.2 以上 0.4 以下が好ましい。3 乗平均高さ S_{sk} は、高さ分布の対称性を表したものであり、JIS B 0681-2:2018に準拠した方法により測定される値である。

[0048] 最外層 2 b の界面の展開面積比 S_{dr} としては、0.27 以上 0.30 以下が好ましい。界面の展開面積比 S_{dr} は、定義領域の展開面積（表面積）が、定義領域の面積に対してどれだけ増大しているかを表したものであり、JIS B 0681-2:2018に準拠した方法により測定される値である。

[0049] 最外層 2 b の山頂点の算術平均曲率 S_{pc} の下限としては、150 が好ましく、160 がより好ましく、170 がさらに好ましい。最外層 2 b の山頂点の算術平均曲率 S_{pc} の上限としては、250 が好ましく、220 がより好ましく、200 がさらに好ましい。最外層 2 b の山頂点の算術平均曲率 S_{pc} が上記範囲内であることにより、当該マグネットワイヤ 10 の耐加工性をより向上させることができる。山頂点の算術平均曲率 S_{pc} は、表面の山頂点の主曲率の平均を表したものであり、ISO 25178-2:2012に準拠した方法により測定される値である。

[0050] 最外層 2 b の平均厚さ T_1 の下限としては、 $1\ \mu\text{m}$ が好ましい。最外層 2 b の平均厚さ T_1 の上限としては、 $10\ \mu\text{m}$ が好ましい。

[0051] 最外層 2 b の平均厚さ T_1 は最内層 2 a の平均厚さ T_2 よりも小さいことが好ましい。この場合、最内層 2 a が備える機能を損なうことなく、最外層 2 b が備える機能を発揮することができる。最外層 2 b の平均厚さ T_1 と最内層 2 a の平均厚さ T_2 との比 T_1/T_2 としては、0.1 以下が好ましい。

[0052] 最外層 2 b の平均厚さ T_1 と絶縁層 2 の平均厚さ T との比 T_1/T としては、0.1 以上 0.2 以下が好ましい。

[0053] 最外層 2 b は、低誘電率であることが好ましい。最外層 2 b の比誘電率 ϵ_1 の上限としては、4.5 が好ましく、4.2 がより好ましい。この場合、当該マグネットワイヤ 10 の絶縁性をより向上させることができる。最外層 2 b の比誘電率 ϵ_1 の下限としては、2.0 が好ましい。

[0054] 最外層 2 b の比誘電率 ϵ_1 と上記絶縁層 2 全体の比誘電率 ϵ との比 ϵ_1 / ϵ としては、1.1 以上 2.0 以下であることが好ましい。この場合、当該マグネットワイヤ 10 の耐加工性をより向上させることができる。上記比 ϵ_1 / ϵ の上限としては、1.8 がより好ましく、1.6 がさらに好ましく、1.4 がより一層好ましい。

[0055] <第 2 実施形態>

図 2 の当該マグネットワイヤ 20 は、導体 1 と、上記導体 1 を被覆する複数の絶縁層 2 とを備える。上記絶縁層 2 は、最内層 2 a と、最外層 2 b と、中間層 2 c とを備える。なお、導体 1、最内層 2 a 及び最外層 2 b の構成は、上述の第 1 実施形態と同様であるため、同一符号を付して説明を省略する。

[0056] (中間層)

中間層 2 c は、最内層 2 a と最外層 2 b との間に存在する層である。当該マグネットワイヤ 20 は、中間層 2 c を備えることにより、最内層 2 a と最外層 2 b の熱膨張係数差を緩和させることができるため、ヒートサイクル等において絶縁層 2 の割れ等を抑制することができる。

[0057] 中間層 2 c のヤング率 E_3 としては、特に制限されないが、 E_2 以上 E_1 以下であることが好ましく、 E_2 超 E_1 未満であることがより好ましい。この場合、耐加工性をより向上させることができる。

[0058] 中間層 2 c の主成分としては特に制限されないが、最内層 2 a 及び最外層 2 b の主成分のいずれか一方のみを含んでいてもよいし、最内層 2 a 及び最外層 2 b の主成分の両方を含んでいてもよい。中間層 2 c の主成分としては、最内層 2 a 及び最外層 2 b の主成分の両方を含むことが好ましい。この場合、最内層 2 a と最外層 2 b との密着性を向上させるプライマー層として機

能させることができる。特に、最内層 2 a の主成分のフッ素樹脂は撥水性が高いため、最外層 2 b をワニスの塗工により形成する際の塗工性が向上するため有利である。

[0059] 中間層 2 c は上記主成分以外の他の成分を含有していてもよい。上記他の成分としては、例えばシリカ、アルミナ、酸化マグネシウム、酸化ベリリウム、炭化ケイ素、炭化チタン、炭化ホウ素、タングステンカーバイド、窒化ホウ素、窒化ケイ素等の充填剤が挙げられる。中間層 2 c がシリカを含有する場合、耐加工性及び絶縁性のバランスに優れる。

[0060] 中間層 2 c の平均厚さ T_3 の下限としては、 $5\ \mu\text{m}$ が好ましい。中間層 2 c の平均厚さ T_3 の上限としては、 $20\ \mu\text{m}$ が好ましく、 $10\ \mu\text{m}$ がより好ましい。

[0061] 中間層 2 c の平均厚さ T_3 は最外層 2 b の平均厚さ T_1 以上であり、最内層 2 a の平均厚さ T_2 よりも小さいことが好ましい。この場合、耐加工性の向上と低誘電率化とを両立することができる。

[0062] 中間層 2 c は、低誘電率であることが好ましい。また、中間層 2 c の比誘電率 ϵ_3 は最内層 2 a の比誘電率 ϵ_2 よりも大きく、最外層 2 b の比誘電率 ϵ_1 よりも小さいことが好ましい。この場合、絶縁層 2 全体として低誘電率化を図ることができる。中間層 2 c の比誘電率 ϵ_3 の上限としては、4.2 が好ましい。中間層の比誘電率 ϵ_3 の下限としては、2.1 が好ましい。

[0063] 当該マグネットワイヤ 20 が 2 層以上の中間層 2 c を備える場合、2 層以上の中間層 2 c は、最内層 2 a 側から最外層 2 b 側に向かって比誘電率が大きくなる構成であることが好ましい。

[0064] [マグネットワイヤの製造方法]

当該マグネットワイヤ 20 の製造方法としては特に制限されないが、例えば最内層 2 a、中間層 2 c 及び最外層 2 b をそれぞれワニスの塗工及び焼き付けを繰り返し行う方法が挙げられる。

実施例

[0065] 以下、実施例によって本発明をさらに詳細に説明するが、本発明はこれら

の実施例に限定されるものではない。

[0066] <マグネットワイヤの作製>

〔導体〕

導体として、J I S C 3 1 0 2 : 1 9 8 4 の電気用軟銅線に準拠した直径 2. 0 m m の導体を準備し、導体表面を洗浄し、窒素雰囲気中でアニールしたものを使用した。

[0067] 〔ワニスの調製〕

下記表 1 に示す絶縁層を形成するためのワニスを調製した。なお、材料の略称を以下に示す。

P T F E : ポリテトラフルオロエチレン

P F A : テトラフルオロエチレンーパーフルオロアルキルビニルエーテル共重合体

P I : ポリイミド

P A I : ポリアミドイミド

[0068] (P T F E 1)

非晶性 P T F E の粉体（三井・ケマーズフロロプロダクツ（株）の「A F 2 4 0 0 X」）に増粘剤（信越化学工業（株）の「メトロース」）を添加し、水に分散させることで、「P T F E 1」を調製した。

[0069] (P T F E 2)

結晶性 P T F E の粉体（ダイキン工業（株）の「ルブロン L 5」）に上記増粘剤を添加し、水に分散させることで、「P T F E 2」を調製した。

[0070] (P F A シリカ 1 ～ 4)

P F A の分散液（ダイキン工業（株）の「A D 2 - C R E R」）に、親水性シリカの微粒粉体（日本エアロジル（株）の「A E R O S I L 3 0 0」）を添加し、攪拌して「P F A シリカ 1 ～ 4」を調製した。なお、P F A シリカ 1 ～ 4 では、P F A 1 0 0 質量部に対するシリカの質量部数をそれぞれ調整しており、P F A 1 0 0 質量部に対するシリカの質量部数は、P F A シリカ 1 では 1 0 質量部、P F A シリカ 2 では 2 0 質量部、P F A シリカ 3 では

30質量部、PFAシリカ4では40質量部とした。

[0071] (PI)

「PI」として、ポリイミドワニス（（株）アイ・エス・テイの「パイヤーML」）を使用した。

[0072] (PTFE+PI)

上記調製したPTFE2と上記PIとを、フッ素樹脂100質量部に対してポリイミド樹脂が50質量部となるように混合及び攪拌して「PTFE+PI」を調製した。

[0073] (PTFE+バインダー)

「PTFE+バインダー」としてPTFEとバインダー樹脂との分散液（ダイキン工業（株）の「EK-1959S21R」）を使用した。

[0074] [絶縁層の形成]

上記調製したワニスを用い、下記表1に示す層構成となるようにワニスの塗工及び焼付を行うことで絶縁層を形成し、No. 1～8のマグネットワイヤを作製した。

[0075] <評価>

上記作製したマグネットワイヤについて、以下の方法により絶縁性及び耐加工性を評価した。結果を下記表1に示す。

[0076] [絶縁性]

上記作製したマグネットワイヤ2本を荷重1.5kgで撚り合わせて撚り線を形成し、撚り線の両端に交流電圧を加え10V/秒で昇圧し、50pC以上の放電が3秒間続いたときの電圧（部分放電開始電圧（PDIV））を測定した。絶縁性は、PDIVが800V以上である場合を「良好」と、800V未満である場合を「不良」と評価した。

[0077] [耐加工性]

上記作製したマグネットワイヤ2本を荷重10kgで撚り合わせたこと以外は上記[絶縁性]の項と同様にしてPDIVを測定した。なお、この試験は、マグネットワイヤに大きな荷重がかかった場合を模擬したものである。

耐加工性は、PDIVが750V超の場合を「良好」と、750V未満の場合を「不良」と判定した。

[0078] [表1]

		No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8
最内層	材料	PTFE1	PTFE2	PFAシリカ4	PTFE2	PTFE2	PTFE2	PTFE2	PI
	ヤング率E2[MPa]	500	500	680	500	500	500	500	2800
	比誘電率 ϵ 2(25°C)	1.9	2.1	2.6	2.1	2.1	2.1	2.1	3.0
	厚みT2[μ m]	40	40	45	40	40	40	50	50
中間層	材料	—	PFAシリカ3	—	—	PTFE+PI	PTFE+ バインダー	—	—
	ヤング率E3[MPa]	—	640	—	—	1600	1500	—	—
	比誘電率 ϵ 3(25°C)	—	2.6	—	—	2.4	2.5	—	—
	厚みT3[μ m]	—	5	—	—	5	5	—	—
最外層	材料	PFAシリカ1	PFAシリカ2	PI	PFAシリカ3	PI	PAI	—	—
	ヤング率E1[MPa]	550	590	2800	640	2800	2800	—	—
	比誘電率 ϵ 1(25°C)	2.2	2.4	3.0	2.5	3.0	4.2	—	—
	厚みT1[μ m]	10	5	5	10	5	5	—	—
比誘電率 ϵ (25°C)		2.0	2.1	2.6	2.2	2.2	2.3	2.1	3.0
ヤング率比E1/E2		1.1	1.2	4.1	1.3	5.6	5.6	1.0	1.0
誘電率比 ϵ 1/ ϵ		1.1	1.1	1.2	1.1	1.4	1.8	1.0	1.0
厚み比T1/(T1+T2+T3)		0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	—	—
絶縁性(PDIV[V])		950	910	820	900	890	860	910	770
耐加工性(PDIV[V])		850	860	800	860	830	760	750	750

[0079] 上記表1から、No. 1～6のマグネットワイヤは絶縁性に優れることがわかる。中でもNo. 1～5のマグネットワイヤは耐加工性にさらに優れることがわかる。

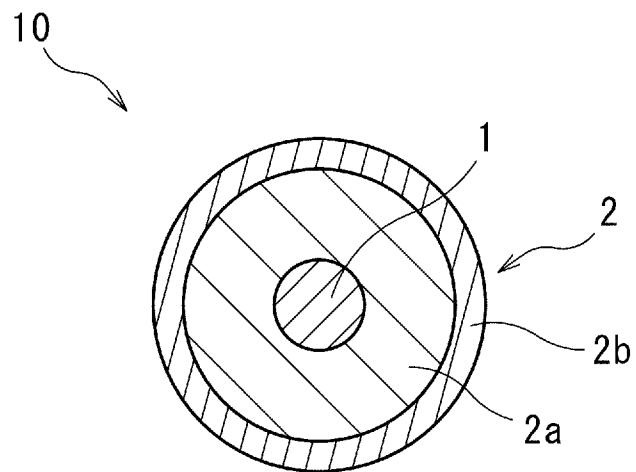
符号の説明

- [0080]
- 1 導体
 - 2 絶縁層
 - 2 a 最内層
 - 2 b 最外層
 - 2 c 中間層
 - 10、20 マグネットワイヤ

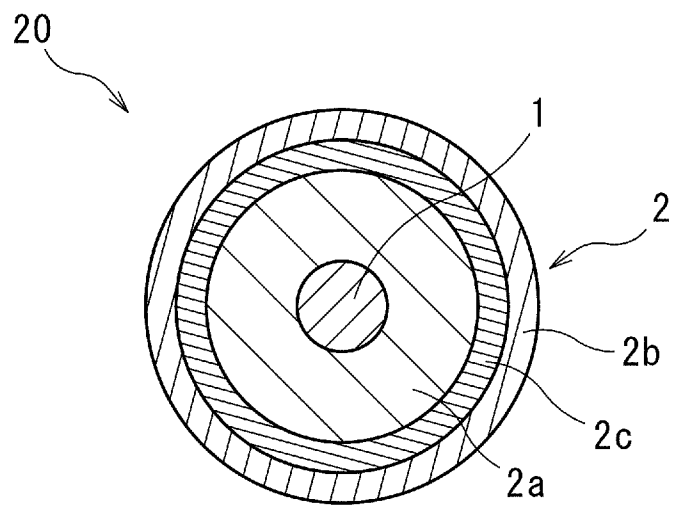
請求の範囲

- [請求項1] 導体と、上記導体を被覆する複数の絶縁層とを備えるマグネットワイヤであって、
- 上記絶縁層が最内層と最外層とを有し、
- 上記最内層の主成分がフッ素樹脂であり、
- 上記最外層のヤング率 E_1 と上記最内層のヤング率 E_2 との比 E_1 / E_2 が 1.1 以上であるマグネットワイヤ。
- [請求項2] 上記最外層の比誘電率 ϵ_1 と上記絶縁層全体の比誘電率 ϵ との比 ϵ_1 / ϵ が 1.1 以上 2.0 以下である請求項1に記載のマグネットワイヤ。
- [請求項3] 上記最外層の主成分がポリイミド、ポリアミドイミド、ポリエーテルエーテルケトン、ポリフェニレンサルファイド又はこれらの組み合わせである請求項1又は請求項2に記載のマグネットワイヤ。
- [請求項4] 上記最内層及び上記最外層の少なくとも一方がシリカを含有する請求項1から請求項3のいずれか1項に記載のマグネットワイヤ。
- [請求項5] 上記絶縁層が上記最外層と上記最内層との間に中間層をさらに有する請求項1から請求項4のいずれか1項に記載のマグネットワイヤ。
- [請求項6] 上記中間層がシリカを含有する請求項5に記載のマグネットワイヤ。
- [請求項7] 平角線である請求項1から請求項6のいずれか1項に記載のマグネットワイヤ。

[図1]



[図2]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/038626

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H01B 7/02**(2006.01)i; **H02K 3/30**(2006.01)i

FI: H01B7/02 A; H02K3/30

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)

H01B7/02; H02K3/30

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 1971-2022
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2022
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2022

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	WO 2013/146531 A1 (FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD.) 03 October 2013 (2013-10-03) paragraphs [0001]-[0048], fig. 1	1, 5
Y		2-4, 6-7
Y	JP 2020-191271 A (FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD.) 26 November 2020 (2020-11-26) paragraphs [0001]-[0045], fig. 1	2, 7
Y	WO 2015/011759 A1 (HITACHI, LTD.) 29 January 2015 (2015-01-29) paragraphs [0013]-[0015], fig. 1-6	3, 7
Y	WO 2015/098637 A1 (FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD.) 02 July 2015 (2015-07-02) paragraphs [0028], [0040], fig. 1-3	3, 7
Y	JP 2008-251295 A (FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD.) 16 October 2008 (2008-10-16) paragraphs [0010]-[0030], fig. 1	4, 6
Y	WO 2014/112405 A1 (DAIKIN INDUSTRIES, LTD.) 24 July 2014 (2014-07-24) paragraph [0042]	4, 6



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

25 November 2022

Date of mailing of the international search report

06 December 2022

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/JP2022/038626

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO	2013/146531	A1	03 October 2013	US 2014/0225704 A1 paragraphs [0001]-[0077], fig. 1 EP 2833371 A1 CA 2850102 A1 CN 103843075 A KR 10-2014-0123472 A TW 201346943 A MY 174938 A	
JP	2020-191271	A	26 November 2020	US 2021/0343446 A1 paragraphs [0002]-[0106], fig. 1 WO 2020/240990 A1 EP 3979269 A1 CN 113348524 A TW 202044726 A	
WO	2015/011759	A1	29 January 2015	US 2016/0163420 A1 paragraphs [0030]-[0037], fig. 1-6 CN 105378857 A	
WO	2015/098637	A1	02 July 2015	US 2016/0307668 A1 paragraphs [0049], [0070], fig. 1-3 EP 3089167 A1 KR 10-2016-0102484 A CN 106104707 A TW 201535429 A MY 179285 A	
JP	2008-251295	A	16 October 2008	(Family: none)	
WO	2014/112405	A1	24 July 2014	US 2015/0357084 A1 paragraph [0063] EP 2937870 A1 CN 104903977 A	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H01B 7/02(2006.01)i; H02K 3/30(2006.01)i FI: H01B7/02 A; H02K3/30		
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）） H01B7/02; H02K3/30		
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 1971-2022年 日本国実用新案登録公報 1996-2022年 日本国登録実用新案公報 1994-2022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	WO 2013/146531 A1（古河電気工業株式会社）03.10.2013（2013-10-03） 段落[0001]-[0048], 図1	1, 5
Y		2-4, 6-7
Y	JP 2020-191271 A（古河電気工業株式会社）26.11.2020（2020-11-26） 段落[0001]-[0045], 図1	2, 7
Y	WO 2015/011759 A1（株式会社日立製作所）29.01.2015（2015-01-29） 段落[0013]-[0015], 図1-6	3, 7
Y	WO 2015/098637 A1（古河電気工業株式会社）02.07.2015（2015-07-02） 段落[0028], [0040], 図1-3	3, 7
Y	JP 2008-251295 A（古河電気工業株式会社）16.10.2008（2008-10-16） 段落[0010]-[0030], 図1	4, 6
Y	WO 2014/112405 A1（ダイキン工業株式会社）24.07.2014（2014-07-24） 段落[0042]	4, 6
☐ 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、一般的な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 25.11.2022		国際調査報告の発送日 06.12.2022
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） 鈴木 大輔 5G 5582 電話番号 03-3581-1101 内線 3526

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/JP2022/038626

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO	2013/146531	A1	03.10.2013	US 2014/0225704 A1 段落[0001]-[0077], 図1 EP 2833371 A1 CA 2850102 A1 CN 103843075 A KR 10-2014-0123472 A TW 201346943 A MY 174938 A	
JP	2020-191271	A	26.11.2020	US 2021/0343446 A1 段落[0002]-[0106], 図1 WO 2020/240990 A1 EP 3979269 A1 CN 113348524 A TW 202044726 A	
WO	2015/011759	A1	29.01.2015	US 2016/0163420 A1 段落[0030]-[0037], 図1-6 CN 105378857 A	
WO	2015/098637	A1	02.07.2015	US 2016/0307668 A1 段落[0049], [0070], 図1-3 EP 3089167 A1 KR 10-2016-0102484 A CN 106104707 A TW 201535429 A MY 179285 A	
JP	2008-251295	A	16.10.2008	(ファミリーなし)	
WO	2014/112405	A1	24.07.2014	US 2015/0357084 A1 段落[0063] EP 2937870 A1 CN 104903977 A	