(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
2018年10月11日(11.10.2018)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2018/186259 A1

(51) 国際特許分類:
H01B 7/02 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2018/012828

(22) 国際出願日： 2018年3月28日(28.03.2018)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

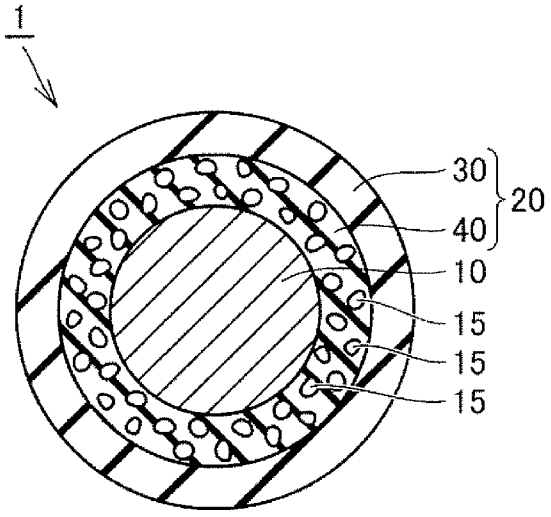
(30) 優先権データ：
特願 2017-073755 2017年4月3日(03.04.2017) JP

(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). 住友電工ウインテック株式会社(SUMITOMO ELECTRIC WINTEC, INC.) [JP/JP]; 〒5291811 滋賀県甲賀市信楽町江田１０７４番地 Shiga (JP).

(72) 発明者: 齋藤 秀明(SAITO Hideaki); 〒5540024 大阪府大阪市此花区島屋一丁目１番３号 住友電気工業株式会社大阪製作所内 Osaka (JP). 山内 雅晃(YAMAUCHI Masaaki); 〒5540024 大阪府大阪市此花区島屋一丁目１番３号 住友電気工業株式会社大阪製作所内 Osaka (JP). 太田 槙弥(OTA Shinya); 〒5540024 大阪府大阪市此花区島屋一丁目１番３号 住友電気工業株式会社大阪製作所内 Osaka (JP). 前田 修平(MAEDA Shuhei); 〒5540024 大阪府大阪市此花区島屋一丁目１番３号 住友電気工業株式会社大阪製作所内 Osaka (JP). 吉田 健吾(YOSHIDA Kengo); 〒5291811 滋賀県甲賀市信楽町江田１０７４番地 住友電工ウインテック株式会社内 Shiga (JP). 田村 康(TAMURA Yasushi); 〒5291811 滋賀県甲賀市信楽町江田１０７４番地 住友電工ウインテック株式会社内 Shiga (JP).

(54) **Title:** INSULATED ELECTRIC WIRE

(54) 発明の名称： 絶縁電線



(57) **Abstract:** Provided is an insulated electric wire comprising a linear conductor and an insulation layer that covers an outer peripheral surface of the conductor. The insulation layer includes a polyimide layer and a polyamide-imide layer having a plurality of holes inside thereof. The porosity of the polyamide-imide layer is 20-80 vol.%.

(57) 要約：絶縁電線は、線状の導体部と、導体部の外周面を被覆する絶縁層と、を備える。絶縁層は、内部に複数の空孔を有するポリアミドイミド層と、ポリイミド層と、を含む。ポリアミドイミド層の気孔率は、２０体積%以上８０体積%以下である。

［続葉有］

WO 2018/186259 A1

(74) 代理人：中田 元己，外(**NAKATA Motomi** et al.)；〒5540024 大阪府大阪市此花区島屋一丁目１番３号 住友電気工業株式会社内 Osaka (JP).

(81) 指定国（表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能）：AE, AG, AL, AM, 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, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, 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)）

明　細　書

発明の名称 ： 絶縁電線

技術分野

[0001] 本発明は、絶縁電線に関するものである。

本出願は、２０１７年４月３日出願の日本出願第２０１７－０７３７５５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] 一般家庭用電気機器、自動車用電装機器などを構成する部品として、絶縁電線を巻いたコイルが用いられている。このようなコイルを構成する絶縁電線は、導電性を有する金属製の導体部と、これを被覆する樹脂製の絶縁層とを備える。

[0003] 高電圧で使用される電気機器においては、電気機器を構成する絶縁電線に高電圧が印加されると、その絶縁層の表面で部分放電（コロナ放電）が発生し易くなる。コロナ放電が発生すると絶縁破壊が生じやすくなる。そのため、高電圧で使用される電気機器用の絶縁電線には、優れた絶縁性や高い機械的特性を有することに加え、コロナ放電の発生を抑制することが求められる。コロナ放電の発生を抑制するには、誘電率の低い絶縁層を備えた絶縁電線を用いるのが効果的である。誘電率の低い絶縁層を備えた絶縁電線として、空孔が形成された絶縁層を含む絶縁電線が提案されている（例えば特許文献１参照）。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開２０１２－２２４７１４号公報

発明の概要

[0005] 本開示の絶縁電線は、線状の導体部と、導体部の外周面を被覆する絶縁層と、を備える。絶縁層は、内部に複数の空孔を有するポリアミドイミド層と

、ポリイミド層と、を含む。ポリアミドイミド層の気孔率は、２０体積％以上８０体積％以下である。

図面の簡単な説明

[0006] [図1]実施の形態１における絶縁電線の構造を示す断面模式図である。

[図2]実施の形態１の第１の変形例を示す断面模式図である。

[図3]実施の形態２における絶縁電線の構造を示す断面模式図である。

[図4]実施の形態２の第１の変形例を示す断面模式図である。

[図5]実施の形態２の第２の変形例を示す断面模式図である。

[図6]実施の形態２の第３の変形例を示す断面模式図である。

[図7]実施の形態３における絶縁電線の構造を示す断面模式図である。

[図8]実施の形態３の第１の変形例を示す断面模式図である。

[図9]実施の形態４における絶縁電線の構造を示す断面模式図である。

[図10]実施の形態４の第１の変形例を示す断面模式図である。

[図11]実施の形態５における絶縁電線の構造を示す断面模式図である。

[図12]実施の形態５の第１の変形例を示す断面模式図である。

発明を実施するための形態

[0007] ［本開示が解決しようとする課題］

従来の絶縁電線において絶縁層を構成する材料として、ポリイミドが用いられる場合がある。これは、ポリイミドが耐熱性および耐加工性に優れるためである。しかしながら、ポリイミドは高価なため、絶縁層を構成する材料としてポリイミドを用いると製造コストが増加する。

[0008] そこで、優れた耐熱性および耐加工性を有し、低コストで低い誘電率を有する絶縁層を備える絶縁電線を提供することを目的の１つとする。

[0009] ［本開示の効果］

本開示の絶縁電線によれば、優れた耐熱性および耐加工性を有し、低コストで低い誘電率を有する絶縁層を備える絶縁電線を提供することができる。

[0010] ［本発明の実施形態の説明］

最初に本発明の実施態様を列記して説明する。本開示の絶縁電線は、線状

の導体部と、導体部の外周面を被覆する絶縁層と、を備える。絶縁層は、内部に複数の空孔を有するポリアミドイミド層と、ポリイミド層と、を含む。ポリアミドイミド層の気孔率は、２０体積％以上８０体積％以下である。

[0011] 本開示の絶縁電線において、絶縁層はポリイミド層を含む。このようにすることで、絶縁層の耐熱性および耐加工性を向上させることができる。絶縁層は、ポリアミドイミド層を含む。このようにすることで、絶縁層がポリイミド層のみから構成される場合に比べて絶縁電線の製造コストを低くすることができる。ポリアミドイミド層が内部に複数の空孔を有し、ポリアミドイミド層の気孔率を２０体積％以上とすることで、ポリアミドイミド層の誘電率を低くすることができる。このように誘電率の低いポリアミドイミド層を含むことで、絶縁層全体の誘電率を低くすることができる。一方、ポリアミドイミド層の気孔率を８０体積％以下とすることで、絶縁性の低下を抑制しつつ誘電率を低くすることができる。その結果、本開示の絶縁電線によれば、優れた耐熱性および耐加工性を有し、低コストで低い誘電率を有する絶縁層を備える絶縁電線を提供することができる。ここで、ポリアミドイミド層の気孔率とは、ポリアミドイミド層の空孔を含む全体積に占める空孔の総体積の割合を意味する。

[0012] 上記絶縁電線において、ポリイミド層は、中実層であってもよい。このようにすることで、絶縁層の耐熱性および耐加工性をより確実に向上させることができる。

[0013] 上記絶縁電線において、ポリイミド層は、絶縁層の外周面を含むように配置されてもよい。このようにすることで、絶縁電線が油中で使用される場合に、絶縁層に油が浸透して、耐久性が低下することを抑制することができる。

[0014] 上記絶縁電線において、ポリアミドイミド層に形成された空孔の平均径は、１μｍ以上１０μｍ以下であることが好ましい。ポリアミドイミド層に形成された空孔の平均径を１μｍ以上とすることで、ポリアミドイミド層の誘電率を低くし、絶縁層全体の誘電率をより確実に低くすることができる。一

方でポリアミドイミド層に形成された空孔の平均径が、１０μｍを超えると誘電率は低くなるものの絶縁性が低下する。

[0015] 上記絶縁電線において、絶縁層の厚みに対するポリアミドイミド層の厚みの割合は、２０％以上９０％以下であることが好ましい。絶縁層の厚みに対するポリアミドイミド層の厚みの割合を２０％以上とすることで、絶縁電線の製造コストをより確実に低くすることができる。一方で、絶縁層の厚みに対するポリアミドイミド層の厚みの割合が９０％を超えると、絶縁層の耐熱性および耐加工性が低下する。

[0016] 上記絶縁電線において、導体部と絶縁層の間にプライマー層を備えていてもよい。このようにすることで、導体と絶縁層との間の密着性を向上することが可能であり、その結果、絶縁電線の可撓性や耐摩耗性、耐傷性、耐加工性などの特性を効果的に高めることができる。

[0017] 上記絶縁電線において、複数の空孔は、その周縁部に外殻を備えていてもよい。このようにすることで、空孔同士が連通し難く、そのため、絶縁層の空孔の大きさにばらつきが生じ難い。その結果、絶縁電線の誘電率を低下しつつ、絶縁層の強度、絶縁性及び耐溶剤性の低下を抑制できる。

[0018] ［本発明の実施形態の詳細］

次に、本開示の絶縁電線の一実施の形態を、図面を参照しつつ説明する。以下の図面において同一または相当する部分には同一の参照番号を付しその説明は繰返さない。

[0019] （実施の形態１）

実施の形態１における絶縁電線１を図１に示す。図１は、絶縁電線１の長手方向に垂直な断面を示す断面模式図である。図１を参照して、絶縁電線１は、円形状の断面形状を有する。絶縁電線１は、円形状の断面形状を有する線状の導体部１０と、この導体部１０の外周面を被覆する絶縁層２０と、を備える。

[0020] （導体部）

本実施の形態において、導体部１０は長手方向に垂直な断面において円形

状の形状を有する。導体部１０としては、本実施の形態のように長手方向に垂直な断面の形状が円形状の丸線の他、長方形の形状を有する平角線、正方形の形状の角線等を用いることができる。また、複数の素線を撚り合わせた撚り線であってもよい。

[0021] 導体部１０の材質としては、導電率が高くかつ機械的強度が大きい金属が好ましい。本実施の形態において、導体部１０は銅からなる。導体部１０は、本実施の形態の銅の他、銅合金、アルミニウム、アルミニウム合金、ニッケル、銀、鉄、鋼、ステンレス鋼等を用いることができる。導体部１０は、上記の金属を線状に形成したものや、上記の金属を線状に形成したものに別の金属を被覆した多層構造のものを用いることができる。多層構造の導体部１０としては、例えば、ニッケル被覆銅線、銀被覆銅線、銅被覆アルミ線、銅被覆鋼線等があげられる。

[0022] （絶縁層）

図１を参照して、絶縁電線１を構成する絶縁層２０は、ポリイミド層３０と、ポリアミドイミド層４０とを含む。絶縁電線１を構成する絶縁層２０は、本実施の形態のように、ポリイミド層３０およびポリアミドイミド層４０のみから構成される他、複数の絶縁層が積層された構造を有し、ポリイミド層３０およびポリアミドイミド層４０を少なくとも含むようにしてもよい。また、ポリアミドイミド層４０およびポリイミド層３０を複数繰り返し含むようにしてもよい。ポリアミドイミド層４０は、導体部１０の外周面を被覆するように配置される。ポリアミドイミド層４０の内部には、複数の空孔１５を有する。絶縁層２０の厚みは、たとえば５μｍ以上２００μｍ以下である。このような範囲とすることで、導体部１０を十分に絶縁することができる。

[0023] ポリアミドイミド層４０は、ポリアミドイミドを主成分とする層である。ここで、主成分とは、ポリアミドイミド層４０を構成する成分のうち、少なくとも５０質量％以上を占める成分をいう。本実施の形態において、ポリアミドイミド層４０はポリアミドイミドを含み、残部が不可避的不純物からな

る。ポリアミドイミド層４０を構成する合成樹脂は、ポリアミドイミドの他、ポリエステルイミド、ポリエーテルイミド、ポリアミド、ポリウレタン、ポリエステル、ポリベンゾイミダゾール、メラミン樹脂、ポリビニルホルマール、エポキシ樹脂、フェノール樹脂、ウレア樹脂、アクリル樹脂等の熱硬化性樹脂を含んでもよい。また、ポリアミド、ポリカーボネート、ポリブチレンテレフタレート、ポリエチレンテレフタレート、ポリブチレンナフタレート、ポリエチレンナフタレート、ポリスルホン、ポリエーテルサルホン、ポリフェニルサルホン、ポリエーテルイミド、ポリフェニレンスルフィド、ポリエーテルケトン、ポリアリールエーテルケトン、テトラフルオロエチレン・エチレン共重合体、ポリエーテルエーテルケトン、ポリテトラフルオロエチレン等の熱可塑性樹脂を含んでもよい。

[0024] 本実施の形態において、絶縁層２０の厚みに対するポリアミドイミド層４０の厚みの割合の下限は、２０％である。絶縁層２０の厚みに対するポリアミドイミド層４０の厚みの割合の上限は、９０％である。絶縁層２０の厚みに対するポリアミドイミド層４０の厚みの割合を２０％以上とすることで、絶縁電線１の製造コストをより確実に低くすることができる。一方で、絶縁層２０の厚みに対するポリアミドイミド層４０の厚みの割合が９０％を超えると、絶縁層２０の耐熱性および耐加工性が低下する。なお、ポリアミドイミド層４０を複数含む場合には、絶縁層２０におけるポリアミドイミド層４０の合計の厚みの割合が２０％以上９０％以下である。

[0025] 本実施の形態において、ポリアミドイミド層４０は、内部に複数の空孔１５を分散して有する。ポリアミドイミド層４０を構成するポリアミドイミドと空気では比誘電率が異なる。このため、ポリアミドイミド層４０に複数の空孔１５が形成されることによりポリアミドイミド層４０全体としての誘電率が変化する。その結果として、ポリアミドイミド層４０を含む絶縁層２０全体としての誘電率が変化する。例えばポリアミドイミドの比誘電率は、空気（比誘電率：約１．０）の比誘電率よりも高い。このため、ポリアミドイミド層４０がポリアミドイミドからなる場合、ポリアミドイミド層４０に空

孔１５が形成されることで、空孔１５が形成されないポリアミドイミド層４０に比べて誘電率を低くすることができる。

[0026] 本実施の形態におけるポリアミドイミド層４０の全体積（空孔１５を含む）に占める空孔１５の総体積の割合（気孔率）の上限は、８０体積％である。また、ポリアミドイミド層４０の気孔率の下限は、２０体積％である。ポリアミドイミド層４０の気孔率を２０体積％以上とすることで、ポリアミドイミド層４０の誘電率を低くし、絶縁層２０全体の誘電率をより確実に低くすることができる。一方でポリアミドイミド層４０の気孔率が８０体積％を超えると、誘電率が低くなるものの絶縁性が低下する。ポリアミドイミド層４０の気孔率の上限の好ましい範囲は、絶縁性を確保する観点から６０体積％以下である。ポリアミドイミド層４０の気孔率の下限の好ましい範囲は、絶縁層２０全体の誘電率をより確実に低くする観点から２５体積％以上である。なお、絶縁層が複数のポリアミドイミド層４０を含む場合には、絶縁層２０におけるポリアミドイミド層の合計の体積に占める空孔の総体積の割合が上記範囲内であればよい。なお、ポリアミドイミド層４０の気孔率は、ポリアミドイミド層４０を導体部１０から剥離し、剥離したポリアミドイミド層の実際の質量Ｗ２と、その外形から算出される見かけの体積Ｖ１にポリアミドイミド層４０の密度を乗じて求められる空孔がない場合の質量Ｗ１とから、（Ｗ１－Ｗ２）×１００／Ｗ１の式により求めることができる。

[0027] 本実施の形態におけるポリアミドイミド層４０に形成された空孔１５の平均径の下限は、１μｍである。ポリアミドイミド層４０に形成された空孔１５の平均径の上限は、１０μｍである。ポリアミドイミド層４０に形成された空孔１５の平均径を１μｍ以上とすることで、ポリアミドイミド層４０の誘電率を低くし、絶縁層２０全体の誘電率をより確実に低くすることができる。一方でポリアミドイミド層４０に形成された空孔１５の平均径が、１０μｍを超えると誘電率は低くなるものの絶縁性が低下する。なお、空孔１５の平均径は、細孔直径分布測定装置（例えばＰｏｒｏｕｓ　Ｍａｔｅｒｉａｌｓ社の「多孔質材料自動細孔径分布測定システム」）により断面を測定す

ることにより得られる値である。

[0028] ポリイミド層３０は、ポリイミドを主成分とする層である。ここで、主成分とは、ポリイミド層３０を構成する成分のうち、少なくとも５０質量％以上を占める成分をいう。本実施の形態において、ポリイミド層３０はポリイミドを含み、残部が不可避的不純物からなる。ポリイミド層３０を構成する合成樹脂は、ポリイミドの他、ポリエステルイミド、ポリエーテルイミド、ポリアミド、ポリウレタン、ポリエステル、ポリベンゾイミダゾール、メラミン樹脂、ポリビニルホルマール、エポキシ樹脂、フェノール樹脂、ウレア樹脂、アクリル樹脂等の熱硬化性樹脂を含んでもよい。また、ポリアミド、ポリカーボネート、ポリブチレンテレフタレート、ポリエチレンテレフタレート、ポリブチレンナフタレート、ポリエチレンナフタレート、ポリスルホン、ポリエーテルサルホン、ポリフェニルサルホン、ポリエーテルイミド、ポリフェニレンスルフィド、ポリエーテルケトン、ポリアリールエーテルケトン、テトラフルオロエチレン・エチレン共重合体、ポリエーテルエーテルケトン、ポリテトラフルオロエチレン等の熱可塑性樹脂を含んでもよい。

[0029] ポリイミド層３０を構成するポリイミドは、例えば芳香族ジアミンと、芳香族テトラカルボン酸二無水物とを縮合重合して得られるポリイミド前駆体を合成し、加熱等によりイミド化させて形成される。芳香族テトラカルボン酸二無水物としては、ピロメリット酸二無水物（ＰＭＤＡ）等を用いることができる。また、芳香族ジアミンとしては、４，４’－ジアミノジフェニルエーテル（ＯＤＡ）等を用いることができる。

[0030] 図１を参照して、本実施の形態におけるポリイミド層３０は、中実層である。ここで、中実層とは、空孔１５が意図的には形成されていない層、すなわち空孔１５が実質的に存在しない層をいう。具体的には、ポリイミド層３０の気孔率は、例えば１体積％以下である。このようにすることで、絶縁層２０の耐熱性および耐加工性をより確実に向上させることができる。また、ポリイミド層３０は、絶縁層２０の外周面を含むように配置される。このようにすることで、絶縁電線１が油中で使用される場合に、絶縁層２０に油が

浸透して、耐久性が低下することを抑制することができる。

[0031] なお、ポリイミド層３０は、本実施の形態のように空孔１５が形成されてない中実層の他、複数の空孔１５を有するようにしてもよい。実施の形態１における絶縁電線１の第１の変形例を図２に示す。図２は、絶縁電線１の長手方向に垂直な断面を示す断面模式図である。図２を参照して、ポリイミド層３０は、絶縁層２０の外周面を含むように配置され、複数の空孔１５を分散して有する。このようにすることで、絶縁層２０全体の誘電率をより低くすることができる。

[0032] ここで、本実施の形態の絶縁電線１においては、絶縁層２０はポリイミド層３０を含む。これにより、絶縁層２０の耐熱性および耐加工性が向上している。絶縁層２０は、ポリアミドイミド層４０を含む。これにより、絶縁層２０がポリイミド層３０のみから構成される場合に比べて絶縁電線１の製造コストが低くなる。ポリアミドイミド層４０の内部に複数の空孔１５を有し、ポリアミドイミド層４０の気孔率を２０体積％以上とすることで、ポリアミドイミド層４０の誘電率が低くなる。このように誘電率の低いポリアミドイミド層４０を含むことで、絶縁層２０全体の誘電率が低くなっている。一方、ポリアミドイミド層４０の気孔率を８０体積％以下とすることで、絶縁性の低下を抑制しつつ誘電率を低くすることができる。その結果、絶縁電線１は、優れた耐熱性および耐加工性を有し、低コストで低い誘電率を有する絶縁層２０を備える絶縁電線１となっている。

[0033] （絶縁電線の製造方法）

次に絶縁電線１の製造方法の概要について説明する。絶縁電線１の製造方法は、導体部１０を準備する工程と、ポリアミドイミド層４０となるべきポリアミドイミド樹脂ワニスを準備する工程と、ポリイミド層３０となるべきポリイミド樹脂ワニスを準備する工程と、導体部１０の外周面上にポリアミドイミド樹脂ワニスを塗布し、加熱することでポリアミドイミド層４０を形成する工程と、ポリアミドイミド層４０を形成した導体部１０のさらに外周面側にポリイミド樹脂ワニスを塗布し、加熱することでポリイミド層３０を

形成する工程と、を備える。

[0034] 導体部１０を準備する工程では、銅等の導体からなる線材である導体部１０が準備される。次に、ポリアミドイミド樹脂ワニスを準備する工程では、熱硬化性樹脂であるポリアミドイミドと、熱分解性樹脂とを含むワニスが準備される。上記ワニスを塗布し加熱することで、熱分解性樹脂が分解されて気化する。そして、ポリアミドイミドは硬化する。その結果、内部に複数の空孔１５を有するポリアミドイミド層４０が得られる。

[0035] 熱分解性樹脂としては、例えば、ポリアミドイミド層４０を形成するポリアミドイミドの硬化温度よりも低い温度で熱分解する樹脂粒子を用いることができる。熱分解性樹脂としては、例えば、（メタ）アクリル系重合体の架橋物を用いることができる。

[0036] また、上記の単一の熱分解性樹脂を用いる代わりに、熱分解性樹脂を主成分とするコアと、熱分解性樹脂より熱分解温度が高い樹脂を主成分とするシェルとを有するコアシェル構造の中空形成粒子を用いてもよい。この中空形成粒子のコアの熱分解性樹脂は、焼付時に熱分解によりガス化し、シェルを通過して飛散するため、上記中空形成粒子は、焼付後に内部が中空となった外殻が残る。つまり、中空形成粒子は、焼付後に内部が中空となった外殻のみで構成される中空粒子となり、絶縁層２０内に空孔１５が形成される。このように絶縁層２０内に形成される各空孔１５の周縁部が外殻で囲まれているので、各中空粒子内の中空部同士が連通し難く、絶縁層２０に中空粒子よりも大きい空孔１５が生じ難いため、空孔１５の大きさにばらつきが生じ難い。また、中空粒子により形成された空孔１５を有する絶縁層２０は、単一の熱分解性樹脂で形成された空孔を有する絶縁層よりも絶縁破壊電圧を高くできるため、絶縁性が優れた絶縁層２０を形成できる。従って、絶縁電線１の誘電率を低下しつつ、絶縁層２０の強度、絶縁性及び耐溶剤性の低下を抑制できる。なお、ここで、コアシェル構造とは、粒子のコアを形成する材料とコアの周囲を取り囲むシェルの材料が異なる構造をいう。

[0037] コアシェル構造の中空形成粒子に由来する空孔１５では、焼付時に、ワニ

スに含まれる中空形成粒子のコアの熱分解性樹脂が熱分解によりガス化し、このガス化した熱分解性樹脂がシェルを通過して飛散するため、空孔１５の外殻は少なくとも一部が亀裂、割れ目又は孔などの欠損を有している。このように外殻が欠損を有することで、空孔１５の形成が担保される。また、欠損が亀裂、割れ目又は孔であることにより、外殻による空孔１５の連通防止効果を高めることができる。

[0038] 上記空孔１５の形状は、扁平球体であることが好ましい。また、空孔１５の短軸が導体表面と垂直方向に配向していると、外力が作用し易い上記垂直方向に形成される空孔１５同士が当接し難くなるため、空孔同士の連通が抑制されて形成された独立した空孔１５（独立空孔）が維持され易い。その結果、絶縁層２０の絶縁性及び耐溶剤性がより低下し難くなる。ここで、「扁平球体」とは、重心を通る最大対角線長さを長径、重心を通る最小対角線長さを短径（短軸の長さ）としたとき、短径が長径の所定割合以下の球体を意味し、例えば短径及び長径を含む断面における長径に対する短径の比が０．９５以下の球体である。また、「導体表面と垂直方向に配向する」とは、空孔の短軸と導体表面に垂直な方向との角度差が２０度以下であることを意味する。

[0039] コアシェル構造を有する中空形成粒子において、コアの主成分に用いる熱分解性樹脂としては、ポリアミドイミドの硬化温度よりも低い温度で熱分解する樹脂粒子であれば、特に限定されないが、例えば、（メタ）アクリル系重合体の架橋物を用いることができる。また、上記外殻の主成分がシリコーンであるとよい。このように外殻の主成分がシリコーンであることで、外殻に弾性を付与すると共に絶縁性及び耐熱性を向上させ易く、その結果、外殻に囲まれた独立空孔がより維持され易い。ここで「主成分」とは、最も含有量の多い成分であり、例えば５０質量％以上含有される成分である。

[0040] また、上記実施形態のように、熱分解性樹脂を用いて空孔１５を形成させる他、発泡剤を用い発泡させることで空孔１５を形成してもよい。発泡剤としては、例えば、化学発泡剤又は熱膨張性マイクロカプセル等を用いること

ができる。化学発泡剤としては、例えば、加熱することにより分解して、窒素ガス、炭酸ガス、一酸化炭素、アンモニアガス等を発生するものであり、有機発泡剤又は無機発泡剤等を用いることができる。熱膨張性マイクロカプセルとしては、例えば、内部発泡剤からなる芯材と、この芯材を包む外殻とを有し、芯材の膨張によって外殻が膨張するものを採用することができる。また、高沸点溶剤を含むワニスを調製し、空孔１５を形成してもよい。高沸点溶剤としては、沸点が例えば１８０℃～３００℃の溶剤を用いることができる。高沸点溶剤としては、例えば、ジエチレングリコールジメチルエーテル、トリエチレングリコールジメチルエーテル、ジエチレングリコールジブチルエーテル、テトラエチレングリコールジメチルエーテル、テトラエチレングリコールモノメチルエーテル等を用いることができる。

[0041] 次に、ポリイミド樹脂ワニスを準備する工程では、熱硬化性樹脂であるポリイミドを含むワニスが準備される。ポリアミドイミド層４０を形成した導体部１０のさらに外周面側に上記ワニスを塗布し、加熱することでポリイミド層３０が形成される。

[0042] ワニスを導体部１０の外周面側に塗布する方法としては、液状のワニスを貯留した液状組成物槽と、塗布ダイスとを備える塗布装置を用いた方法を挙げることができる。この塗布装置によれば、導体部１０が液状組成物槽内を通過することでワニスが導体外周面側に付着し、その後塗布ダイスを通過して、ワニスが均一な厚さに塗布される。

[0043] ワニスを硬化する工程では、加熱することにより、ワニスを硬化させて、絶縁層２０を形成する。この加熱に用いる装置としては、ワニスが塗布された導体部１０の走行方向に沿って延びる筒状の焼き付け炉を用いることができる。加熱方法としては熱風加熱、赤外線加熱、高周波加熱等を採用することができる。また、加熱温度は、例えば３００℃以上６００℃以下である。

[0044] （その他の実施の形態）

次に、本開示の絶縁電線１の他の実施の形態について説明する。図３は、本開示の実施の形態２の絶縁電線１を示す図である。図４は、実施の形態２

における絶縁電線１の第１の変形例を示す図である。図５は、実施の形態２における絶縁電線１の第２の変形例を示す図である。図６は、実施の形態２における絶縁電線１の第３の変形例を示す図である。図３～図６は、絶縁電線１の長手方向に垂直な断面を示す断面模式図である。図７は、本開示の実施の形態３の絶縁電線１を示す図である。図８は、実施の形態３における絶縁電線１の第１の変形例を示す図である。図７および図８は、絶縁電線１の長手方向に垂直な断面を示す断面模式図である。図９は、本開示の実施の形態４の絶縁電線１を示す図である。図１０は、実施の形態４における絶縁電線１の第１の変形例を示す図である。図９および図１０は、絶縁電線１の長手方向に垂直な断面を示す断面模式図である。図１１は、本開示の実施の形態５の絶縁電線１を示す図である。図１２は、実施の形態５における絶縁電線１の第１の変形例を示す図である。図１１および図１２は、絶縁電線１の長手方向に垂直な断面を示す断面模式図である。実施の形態２、実施の形態３、実施の形態４および実施の形態５における絶縁電線１は、基本的には実施の形態１の場合と同様の構成を有する。しかし、実施の形態２、実施の形態３、実施の形態４および実施の形態５においては、絶縁層２０の構造が、実施の形態１の場合と異なっている。以下、実施の形態１の場合とは異なる点について説明する。

[0045] 図３を参照して、実施の形態２における絶縁電線１は、円形状の断面形状を有する線状の導体部１０と、この導体部１０の外周面を被覆する絶縁層２０と、を備える。絶縁層２０は、第１ポリイミド層３０１と、ポリアミドイミド層４０と、第２ポリイミド層３０２と、を含む。第１ポリイミド層３０１は、導体部１０の外周面を被覆するように配置される。ポリアミドイミド層４０は、導体部１０の外周面を被覆するように配置される第１ポリイミド層３０１上に積層される。第２ポリイミド層３０２は、ポリアミドイミド層４０上に積層され、絶縁層２０の外周面を含むように配置される。第１ポリイミド層３０１および第２ポリイミド層３０２は、中実層である。このようにすることで、絶縁層２０の耐熱性および耐加工性をより確実に向上させる

ことができる。なお、図４を参照して、第１ポリイミド層３０１は複数の空孔１５を分散して有し、第２ポリイミド層３０２は中実層であってもよい。また、図５を参照して、第１ポリイミド層３０１は中実層であり、第２ポリイミド層３０２は複数の空孔１５を分散して有するようにしてもよい。また、図６を参照して、第１ポリイミド層３０１および第２ポリイミド層３０２が、複数の空孔１５を分散して有するようにしてもよい。このようにすることで、絶縁層２０全体の誘電率をより低くすることができる。なお、絶縁層２０において、第１ポリイミド層３０１、ポリアミドイミド層４０および第２ポリイミド層３０２を複数繰り返し含むようにしてもよい。

[0046] 図７を参照して、実施の形態３における絶縁電線１は、円形状の断面形状を有する線状の導体部１０と、この導体部１０の外周面を被覆する絶縁層２０と、を備える。絶縁層２０は、ポリイミド層３０と、ポリアミドイミド層４０と、を含む。ポリイミド層３０は、導体部１０の外周面を被覆するように配置される。ポリアミドイミド層４０は、導体部１０の外周面を被覆するように配置されるポリイミド層３０上に積層され、絶縁層２０の外周面を含むように配置される。ポリイミド層３０は、中実層である。なお、図８を参照して、ポリイミド層３０が、複数の空孔１５を分散して有するようにしてもよい。なお、絶縁層２０において、ポリイミド層３０およびポリアミドイミド層４０を複数繰り返し含むようにしてもよい。

[0047] 図９を参照して、実施の形態４における絶縁電線１は、円形状の断面形状を有する線状の導体部１０と、この導体部１０の外周面を被覆する絶縁層２０と、を備える。絶縁層２０は、第１ポリイミド層３０１と、第２ポリイミド層３０２と、ポリアミドイミド層４０と、を含む。第１ポリイミド層３０１は、導体部１０の外周面を被覆するように配置される。第２ポリイミド層３０２は、第１ポリイミド層３０１上に積層される。ポリアミドイミド層４０は、第２ポリイミド層３０２上に積層され、絶縁層２０の外周面を含むように配置される。第１ポリイミド層３０１は中実層であり、第２ポリイミド層３０２は複数の空孔１５を分散して有する。なお、図１０を参照して、第

１ポリイミド層３０１は複数の空孔１５を分散して有し、第２ポリイミド層３０２は中実層であるようにしてもよい。なお、絶縁層２０において、第１ポリイミド層３０１、第２ポリイミド層３０２およびポリアミドイミド層４０を複数繰り返し含むようにしてもよい。

[0048] 図１１を参照して、実施の形態５における絶縁電線１は、円形状の断面形状を有する線状の導体部１０と、この導体部１０の外周面を被覆する絶縁層２０と、を備える。絶縁層２０は、ポリアミドイミド層４０と、第１ポリイミド層３０１と、第２ポリイミド層３０２と、を含む。ポリアミドイミド層４０は、導体部１０の外周面を被覆するように配置される。第１ポリイミド層３０１は、ポリアミドイミド層４０上に積層される。また、第２ポリイミド層３０２は、第１ポリイミド層３０１上に積層され、絶縁層２０の外周面を含むように配置される。第１ポリイミド層３０１は中実層であり、第２ポリイミド層３０２は複数の空孔１５を分散して有する。なお、図１２を参照して、第１ポリイミド層３０１は、複数の空孔１５を分散して有し、第２ポリイミド層３０２は中実層であるようにしてもよい。なお、絶縁層２０において、ポリアミドイミド層４０、第１ポリイミド層３０１および第２ポリイミド層３０２を複数繰り返し含むようにしてもよい。

[0049] 上記実施の形態２、実施の形態３、実施の形態４および実施の形態５の構造を有する絶縁電線１によっても、実施の形態１と同様に優れた耐熱性および耐加工性を有し、低コストで低い誘電率を有する絶縁層２０を備える絶縁電線１を提供することができる。

[0050] 今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって、どのような面からも制限的なものではないと理解されるべきである。本発明の範囲は上記した意味ではなく、請求の範囲によって示され、請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

[0051] 例えば、上記実施形態の絶縁電線１において、導体部１０と絶縁層２０との間にプライマー（Ｐｒｉｍｅｒ）層等のさらなる層が設けられてもよい。プライマー層は、層間の密着性を高めるために設けられる層であり、例えば

公知の樹脂組成物により形成することができる。

[0052] 導体部１０と絶縁層２０との間にプライマー層を設ける場合、このプライマー層を形成する樹脂組成物は、例えばポリイミド、ポリアミドイミド、ポリエステルイミド、ポリエステル及びフェノキシ樹脂の中の一種又は複数種の樹脂を含むとよい。また、プライマー層を形成する樹脂組成物は、密着向上剤等の添加剤を含んでもよい。このような樹脂組成物によって導体部１０と絶縁層２０との間にプライマー層を形成することで、導体と絶縁層との間の密着性を向上することが可能であり、その結果、絶縁電線１の可撓性や耐摩耗性、耐傷性、耐加工性などの特性を効果的に高めることができる。

[0053] また、プライマー層を形成する樹脂組成物は、上記樹脂と共に他の樹脂、例えばエポキシ樹脂、フェノキシ樹脂、メラミン樹脂等を含んでもよい。また、プライマー層を形成する樹脂組成物に含まれる各樹脂として、市販の液状組成物（絶縁ワニス）を使用してもよい。

[0054] プライマー層の平均厚さの下限としては、１μｍが好ましく、２μｍがより好ましい。一方、プライマー層の平均厚さの上限としては、３０μｍが好ましく、２０μｍがより好ましい。プライマー層の平均厚さが上記下限未満であると、導体部１０との十分な密着性を発揮できないおそれがある。逆に、プライマー層の平均厚さが上記上限を超えると、絶縁電線１が不必要に大径化するおそれがある。

符号の説明

[0055] １　絶縁電線、１０　導体部、１５　空孔、２０　絶縁層

３０　ポリイミド層、３０１　第１ポリイミド層、３０２　第２ポリイミド層

４０　ポリアミドイミド層

請求の範囲

[請求項1] 線状の導体部と、

前記導体部の外周面を被覆する絶縁層と、

を備え、

前記絶縁層は、

内部に複数の空孔を有するポリアミドイミド層と、

ポリイミド層と、を含み、

前記ポリアミドイミド層の気孔率は、２０体積％以上８０体積％以下である、絶縁電線。

[請求項2] 前記ポリイミド層は、中実層である、請求項１に記載の絶縁電線。

[請求項3] 前記ポリイミド層は、前記絶縁層の外周面を含むように配置される、請求項２に記載の絶縁電線。

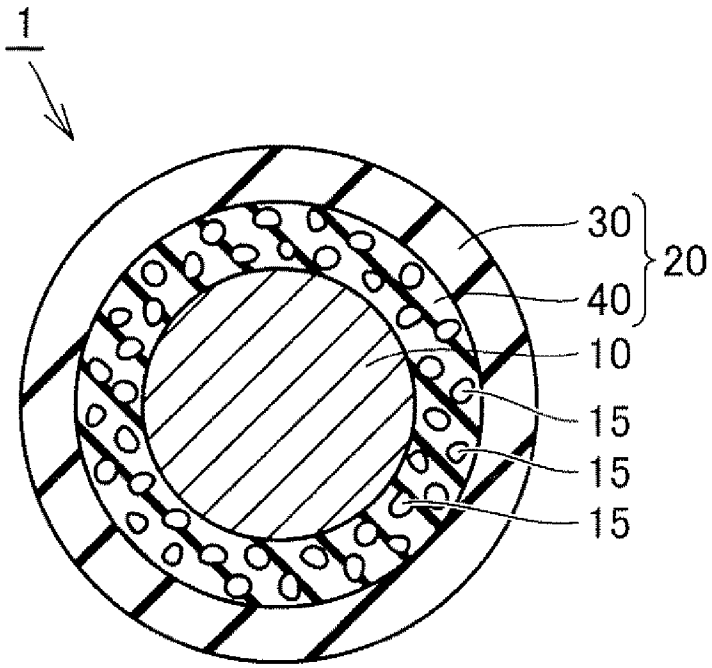
[請求項4] 前記ポリアミドイミド層に形成された前記空孔の平均径は、１μｍ以上１０μｍ以下である、請求項１～請求項３のいずれか１項に記載の絶縁電線。

[請求項5] 前記絶縁層の厚みに対する前記ポリアミドイミド層の厚みの割合は、２０％以上９０％以下である、請求項１～請求項４のいずれか１項に記載の絶縁電線。

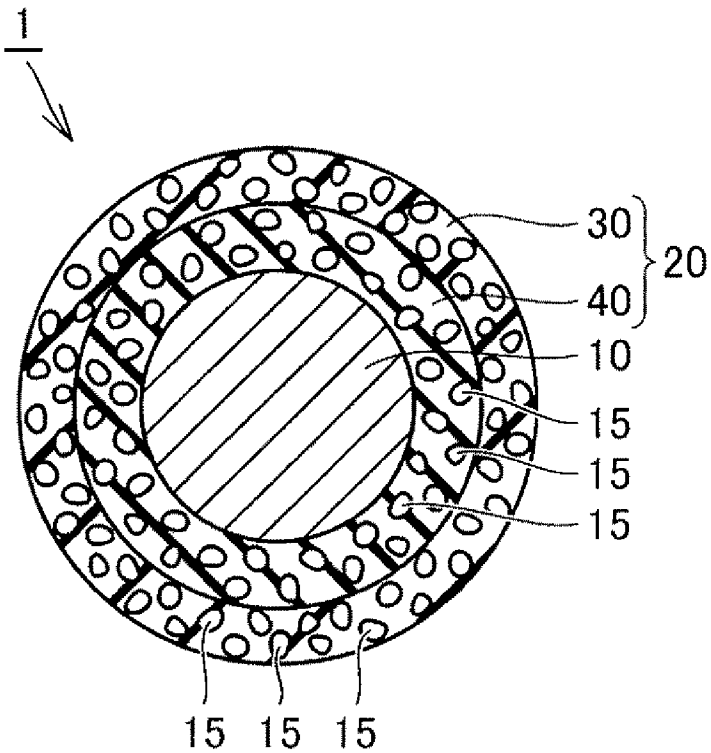
[請求項6] 前記導体部と前記絶縁層の間にプライマー層を備える請求項１から請求項５のいずれか１項に記載の絶縁電線。

[請求項7] 前記複数の空孔は、その周縁部に外殻を備える請求項１から請求項６のいずれか１項に記載の絶縁電線。

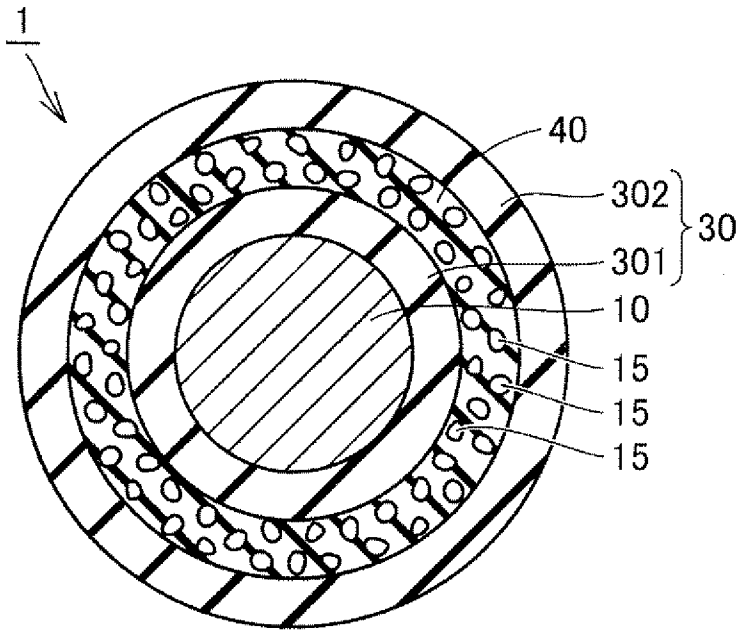
[図1]



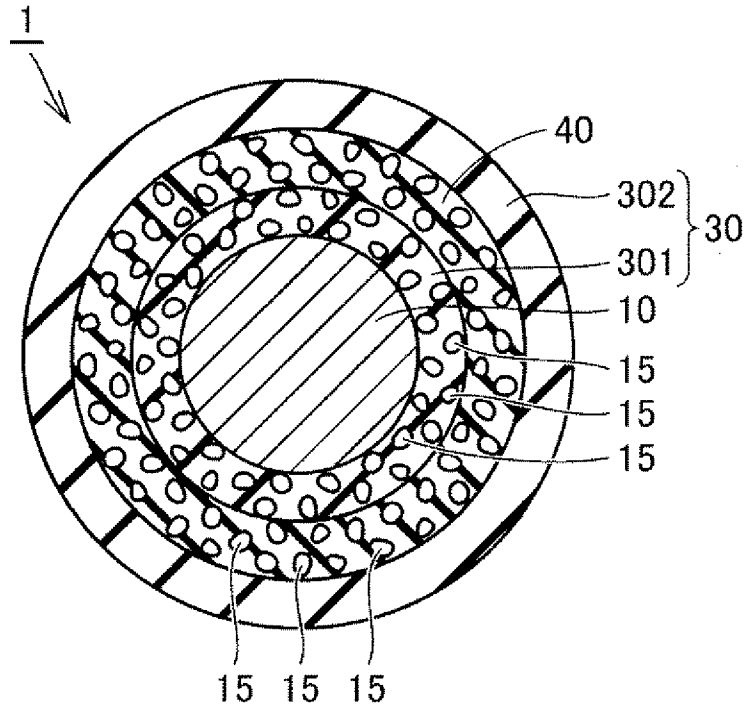
[図2]



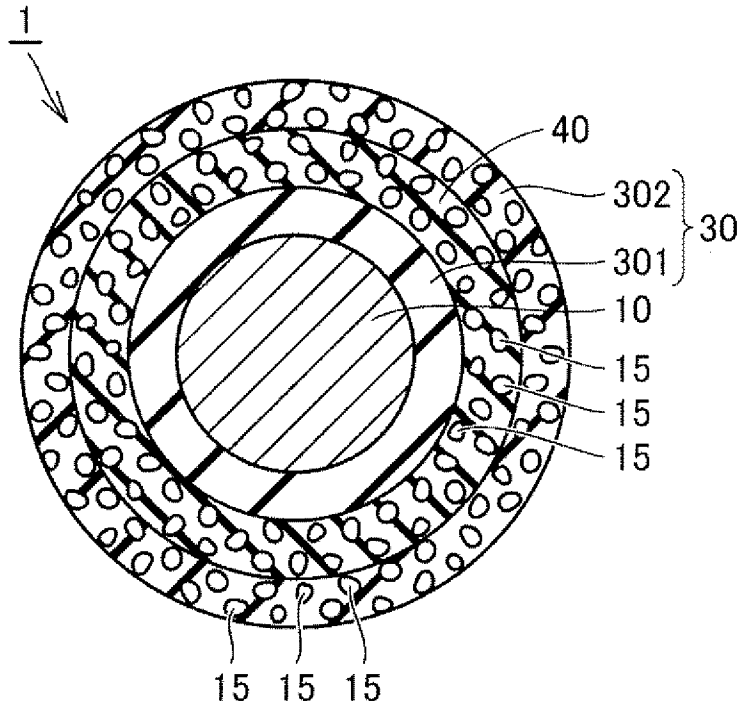
[図3]



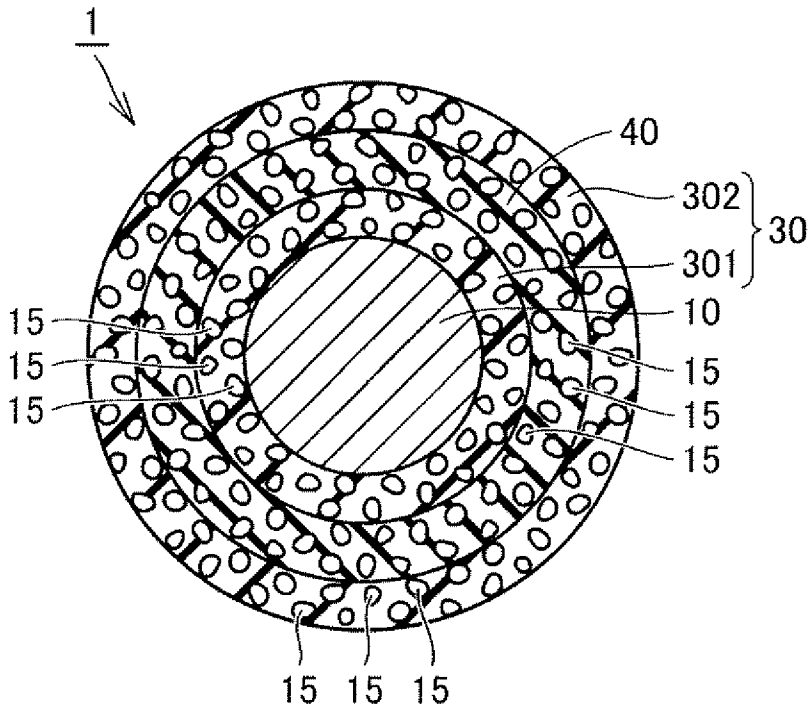
[図4]



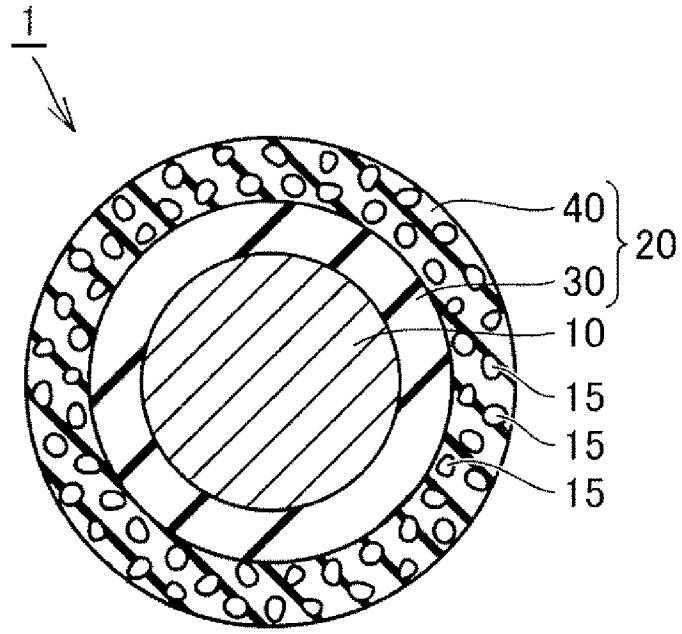
[図5]


1
40
302
30
301
10
15
15
15
15 15 15

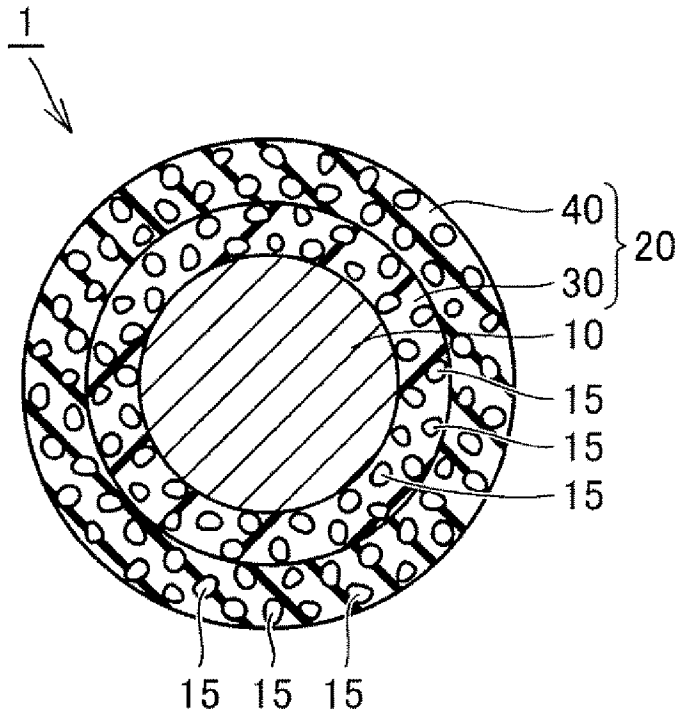
[図6]


1
40
302
30
301
10
15
15
15
15
15
15
15 15 15

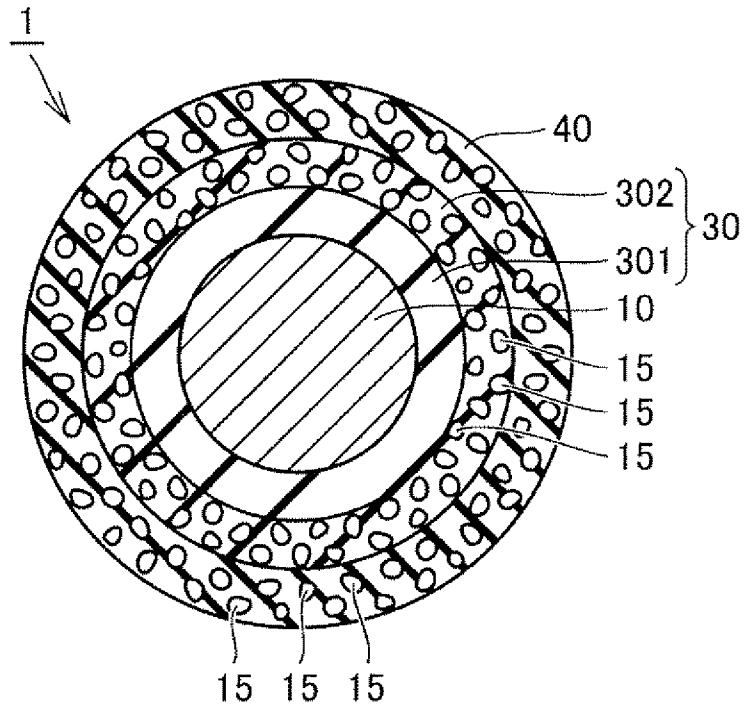
[図7]



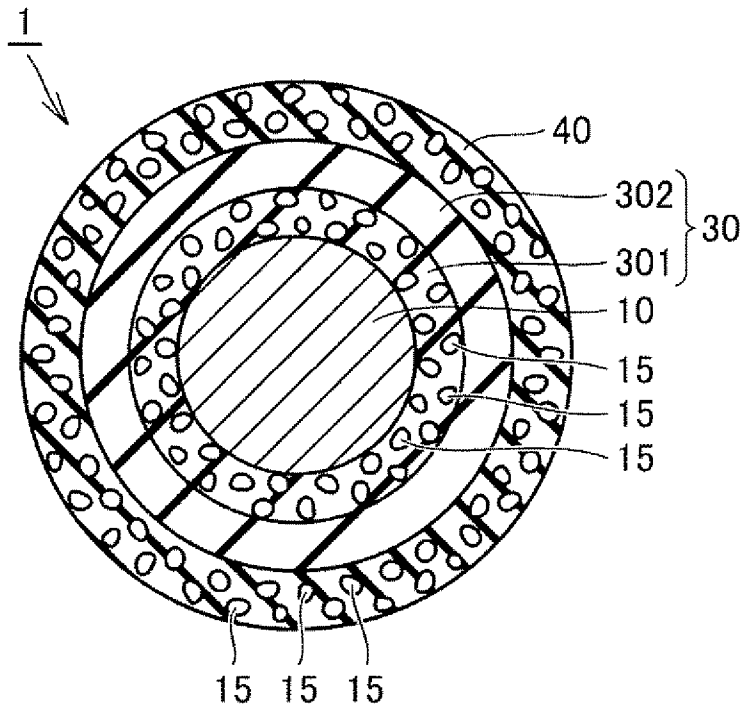
[図8]



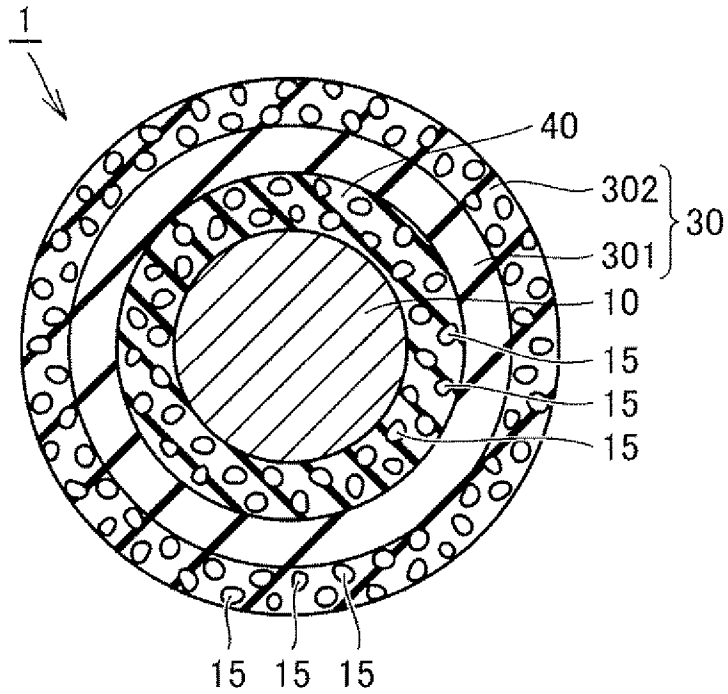
[図9]


1
40
302
30
301
10
15
15
15
15 15 15

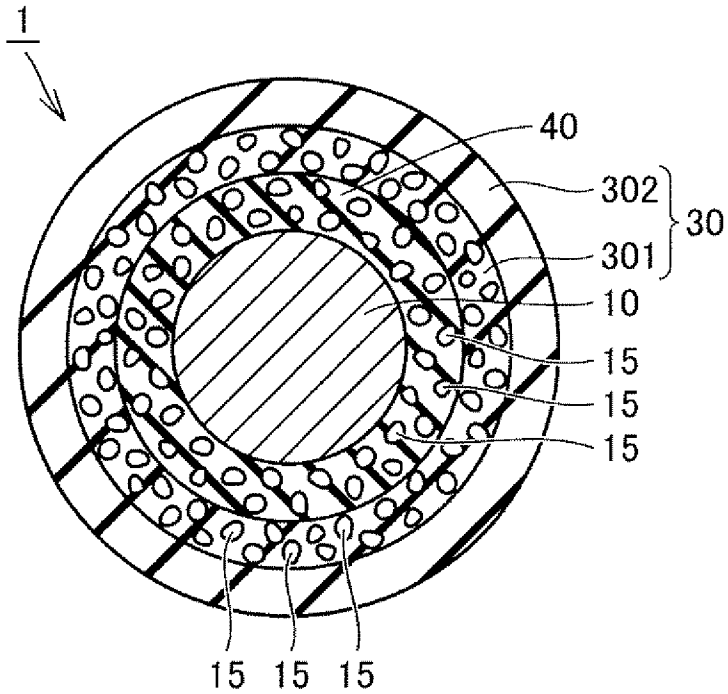
[図10]


1
40
302
30
301
10
15
15
15
15 15 15

[図11]


1
40
302
30
301
10
15
15
15
15 15 15

[図12]


1
40
302
30
301
10
15
15
15
15 15 15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2018/012828

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl. H01B7/02(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. H01B7/02

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 Y	WO 2014/175266 A1 (FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD.) 30 October 2014, paragraphs [0014]-[0038], [0074], fig. 3 & US 2016/0055940 A1, paragraphs [0036]-[0068], [0106], fig. 3	1-4, 6 5, 7
Y	WO 2013/133334 A1 (FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD.) 12 September 2013, paragraphs [0016], [0017], fig. 1, 2 & US 2015/0034360 A1, paragraphs [0034]-[0042], fig. 1, 2	5

☒ 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	Date of mailing of the international search report
18.04.2018	01.05.2018

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2018/012828

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2016-91865 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 23 May 2016, paragraphs [0073], [0074], fig. 1 (Family: none)	7

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１８／０１２８２８

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H01B7/02(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.　H01B7/02

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 Y	WO 2014/175266 A1（古河電気工業株式会社）2014.10.30, 段落[0014]-[0038],[0074],図３ & US 2016/0055940 A1,段落[0036]-[0068],[0106],図３	1-4,6 5,7
Y	WO 2013/133334 A1（古河電気工業株式会社）2013.09.12, 段落[0016],[0017],図1,2 & US 2015/0034360 A1,段落[0034]-[0042],図1,2	5

☑　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
１８．０４．２０１８	０１．０５．２０１８

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）　５Ｇ　３７９２
北嶋　賢二
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３５２６

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
Y	JP 2016-91865 A（住友電気工業株式会社）2016.05.23, 段落[0073],[0074],図１（ファミリーなし）	7