(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
2017 年 8 月 17 日(17.08.2017)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2017/138284 A1

(51) 国際特許分類:
H01B 7/02 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2017/000614

(22) 国際出願日: 2017 年 1 月 11 日(11.01.2017)

(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 2016-024006 2016 年 2 月 10 日(10.02.2016) 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: 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). 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). 菅原　潤 (**SUGAWARA Jun**); 〒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). 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).

(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).

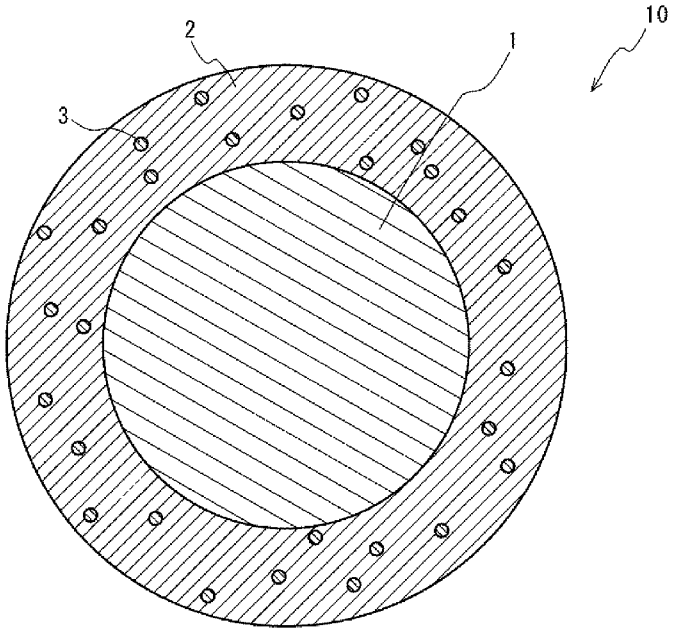
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, 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,

[続葉有]

(54) **Title**: INSULATED WIRE

(54) 発明の名称 : 絶縁電線



(57) **Abstract**: An insulated wire which comprises a linear conductor and one or more insulating layers laminated on the outer circumferential surface of the conductor, and wherein the insulating layers contain a silicone.

(57) 要約: 線状の導体と、この導体の外周面に積層される１又は複数の絶縁層とを備える絶縁電線であって、上記絶縁層がシリコーンを含有する絶縁電線。

WO 2017/138284 A1

MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

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。本発明は２０１６年２月１０日出願の日本出願第２０１６－０２４００６号に基づく優先権を主張し、前記日本出願に記載されたすべての記載内容を援用するものである。

背景技術

[0002] 適用電圧が高い電気機器、例えば高電圧で使用されるモーター等では、電気機器を構成する絶縁電線に高電圧が印加され、その絶縁被膜表面で部分放電（コロナ放電）が発生し易くなる。コロナ放電の発生により絶縁電線に局部的な温度上昇、オゾンの発生、イオンの発生等が引き起こされると、早期に絶縁破壊を生じる。それにより絶縁電線ひいては電気機器の寿命が短くなる。このため、適用電圧が高い電気機器に使用される絶縁電線には、優れた絶縁性、機械的強度等に加えてコロナ放電開始電圧の向上も求められる。

[0003] コロナ放電開始電圧を上げる工夫としては、絶縁被膜の低誘電率化が有効である。絶縁被膜の低誘電率化を実現するために、塗膜構成樹脂と、この塗膜構成樹脂の焼付温度よりも低い温度で分解する熱分解性樹脂とを含む絶縁ワニスにより加熱硬化膜（絶縁被膜）を形成する絶縁電線が提案されている（特開２０１２－２２４７１４号公報参照）。この絶縁電線は、上記熱分解性樹脂が塗膜構成樹脂の焼付時に熱分解してその部分が気孔となることを利用して加熱硬化膜内に気孔が形成されており、この気孔の形成により絶縁被膜の低誘電率化を実現している。

[0004] また、絶縁電線には、使用時に過電圧（サージ電圧）が一時的に加わることがある。サージ電圧が加わると絶縁層が放熱による加熱で劣化し製品寿命が短くなる。そのため、絶縁層に無機微粒子（シリカ）を含有させ耐サージ性を改善した絶縁電線が提案されている（特開２００７－１４１５０７号公報参照）。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開２０１２－２２４７１４号公報

特許文献2：特開２００７－１４１５０７号公報

発明の概要

課題を解決するための手段

[0006] 上記課題を解決するためになされた本発明の一態様に係る絶縁電線は、線状の導体と、この導体の外周面に積層される１又は複数の絶縁層とを備える絶縁電線であって、上記絶縁層がシリコーンを含有する。

図面の簡単な説明

[0007] [図1]本発明の一実施形態の絶縁電線の模式的断面図である。

[図2]図１とは異なる実施形態の絶縁電線の模式的断面図である。

[図3]図１及び図２とは異なる実施形態の絶縁電線の模式的断面図である。

発明を実施するための形態

[0008] [発明が解決しようとする課題]

上述の従来の絶縁電線は、絶縁層に用いるシリカを樹脂中に分散させることが困難であり、シリカが偏在しやすいため、耐サージ性の改善が不十分となるおそれがある。また、シリカを含むワニスは、シリカの沈降が起こりやすく取り扱いが困難であり、絶縁電線の製造性が低下するという不都合がある。

[0009] 本発明は以上のような事情に基づいてなされたものであり、製造性を維持しつつ、耐サージ性に優れる絶縁電線を提供することを目的とする。

[0010] [本開示の効果]

本発明の絶縁電線は、製造性を維持しつつ、耐サージ性に優れる。

[0011] ［本発明の実施形態の説明］

本発明の一態様に係る絶縁電線は、線状の導体と、この導体の外周面に積層される１又は複数の絶縁層とを備える絶縁電線であって、上記絶縁層がシ

リコーンを含有する。

[0012] 当該絶縁電線は、絶縁層にシリコーンを含有する。このシリコーンが、サージ電圧が印可された際の放熱によりシリカに変性する。当該絶縁層に含まれるシリコーンはシリカと異なり絶縁層中に偏在しにくく、かつ放熱を経た後にシリカに変性する。そのため当該絶縁電線は、シリコーンを含むことで製造性を維持しつつ、絶縁層の耐サージ性を均質に高め、製品寿命を著しく向上できる。なお、「シリコーン」とは、ケイ素原子と酸素原子とが結合したシロキサン結合の繰り返し構造を含む高分子を意味する。

[0013] 上記絶縁層の少なくとも一層がマトリックスとこのマトリックス中に分散するシリコーンとを含有するとよい。このように絶縁層がマトリックス中にシリコーンを含有分散することで、容易かつ確実に耐サージ性を向上することができる。

[0014] 上記絶縁層の少なくとも一層がシリコーンを主成分としてもよい。このように絶縁層がシリコーンを主成分とする層を含むことでも、容易かつ確実に耐サージ性を向上することができる。

[0015] 上記絶縁層の少なくとも一層が複数の気孔とこの気孔の周縁部の外殻とを含有し、この外殻がシリコーンを主成分としてもよい。絶縁層がこのような気孔と外殻とを含有することで、絶縁層の誘電率を低下させつつ、耐サージ性を向上させることができる。また、絶縁層に含まれる気孔が外殻で囲まれることで、気孔同士が連通し難く粗大な気孔が生じ難い。よって絶縁性及び耐溶剤性の低下を抑制しつつ誘電率を低減できる。

[0016] なお、「主成分」とは、最も多く含まれる成分を意味し、例えば５０質量％以上含まれる成分を意味する。

[0017] ［本発明の実施形態の詳細］

以下、図面を参照しつつ、本発明の実施形態に係る絶縁電線を説明する。

[0018] ［第一実施形態］

図１の当該絶縁電線１０は、線状の導体１と、この導体１の外周面に積層される１層の絶縁層２とを備える。この絶縁層２は、マトリックスとこのマ

トリックス中に分散するシリコーン３とを含有する。

[0019] ＜導体＞

上記導体１は、例えば断面が円形状の丸線とされるが、断面が方形状の角線や、複数の素線を撚り合わせた撚り線であってもよい。

[0020] 導体１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。このような金属としては、例えば銅、銅合金、アルミニウム、ニッケル、銀、軟鉄、鋼、ステンレス鋼等が挙げられる。導体１は、これらの金属を線状に形成した材料や、このような線状の材料にさらに別の金属を被覆した多層構造のもの、例えばニッケル被覆銅線、銀被覆銅線、銅被覆アルミニウム線、銅被覆鋼線等を用いることができる。

[0021] 導体１の平均断面積の下限としては、０．０１ｍｍ^{2}が好ましく、０．１ｍｍ^{2}がより好ましい。一方、導体１の平均断面積の上限としては、１０ｍｍ^{2}が好ましく、５ｍｍ^{2}がより好ましい。導体１の平均断面積が上記下限に満たないと、導体１に対する絶縁層２の体積が大きくなり、当該絶縁電線を用いて形成されるコイル等の体積効率が低くなるおそれがある。逆に、導体１の平均断面積が上記上限を超えると、誘電率を十分に低下させるために絶縁層２を厚く形成しなければならず、当該絶縁電線が不必要に大径化するおそれがある。

[0022] ＜絶縁層＞

上記絶縁層２は、図１に示すように、マトリックスとこのマトリックス中に分散するシリコーン３とを含有する。

[0023] 絶縁層２の平均厚さの下限としては、５μｍが好ましく、１０μｍがより好ましい。一方、絶縁層２の平均厚さの上限としては、２００μｍが好ましく、１００μｍがより好ましい。絶縁層２の平均厚さが上記下限に満たない場合、絶縁層２に破れが生じ、導体１の絶縁が不十分となるおそれがある。逆に、絶縁層２の平均厚さが上記上限を超える場合、当該絶縁電線１０を用いて形成されるコイル等の体積効率が低くなるおそれがある。

[0024] 絶縁層２のマトリックスは、シリコーン３以外の樹脂により形成される。

[0025] 上記マトリックスの主成分（主ポリマー）としては、特に限定されないが、熱硬化性樹脂を使用する場合、例えばポリビニールホルマール、熱硬化性ポリウレタン、熱硬化性アクリル樹脂、エポキシ樹脂、フェノキシ樹脂、熱硬化性ポリエステル、熱硬化性ポリエステルイミド、熱硬化性ポリエステルアミドイミド、熱硬化性ポリアミドイミド、熱硬化性ポリイミド等が使用できる。また、主ポリマーとして熱可塑性樹脂を使用する場合、例えばポリエーテルイミド、ポリエーテルエーテルケトン、ポリエーテルサルフォン、熱可塑性ポリイミド等が使用できる。これらの中でも、絶縁層形成用のワニスを塗布し易くできると共に絶縁層２の強度及び耐熱性を向上させ易い点において、熱硬化性ポリイミドが好ましい。

[0026] シリコーン３は、粒子状であり、マトリックス中に分散している。シリコーン３の形状としては、球形でも扁平形状でもよい。

[0027] シリコーンとしては、例えばポリメチルシロキサン等のオルガノポリシロキサンなどが用いられる。

[0028] シリコーン３の平均粒子径の下限としては、特に限定はないが、０．１μｍが好ましく、１μｍがより好ましく、１．５μｍがさらに好ましい。一方、シリコーン３の平均粒子径の上限としては、１０μｍが好ましく、８μｍがより好ましく、６μｍがさらに好ましい。シリコーン３の平均粒子径が上記下限より小さい場合、分散性が低下し、耐サージ性の向上効果が低下するおそれがある。逆に、シリコーン３の平均粒子径が上記上限を超える場合、絶縁層２の誘電率が上昇するおそれや機械的強度等が低下するおそれに加え、絶縁層２が不要に厚くなるおそれがある。なお、「平均粒子径」とは、レーザー回折式粒度分布測定装置で測定した粒度分布において、最も高い体積の含有割合を示す粒子径を意味する。

[0029] 絶縁層２におけるシリコーン３の含有率は、絶縁電線の使用時に想定される過電圧（サージ電圧）や寿命時間によって任意に変更できる。絶縁層２におけるシリコーン３の含有率の下限としては、マトリックス１００質量部に対し、５質量部が好ましく、１５質量部がより好ましく、２０質量部がさら

に好ましい。一方、絶縁層２におけるシリコーン３の含有率の上限としては、マトリックス１００質量部に対し、６０質量部が好ましく、５０質量部がより好ましく、４０質量部がさらに好ましい。シリコーン３の含有率が上記下限より小さい場合、耐サージ性の向上効果が不十分となるおそれがある。逆に、シリコーン３の含有率が上記上限を超える場合、絶縁層２の誘電率が上昇するおそれや機械的強度等が低下する。

[0030] 絶縁層２におけるシリコーン３の絶縁層２全体における含有率の下限としては、３質量％が好ましく、１０質量％がより好ましく、１５質量％がさらに好ましい。一方、絶縁層２におけるシリコーン３の絶縁層２全体における含有率の上限としては、５０質量％が好ましく、４０質量％がより好ましく、３０質量％がさらに好ましい。シリコーン３の含有率が上記下限より小さい場合、耐サージ性の向上効果が不十分となるおそれがある。逆に、シリコーン３の含有率が上記上限を超える場合、絶縁層２の機械的強度等が低下するおそれに加え、絶縁層２が厚くなるおそれがある。

[0031] また、絶縁層２を形成する樹脂組成物に硬化剤を含有させてもよい。硬化剤としては、チタン系硬化剤、イソシアネート系化合物、ブロックイソシアネート、尿素やメラミン化合物、アミノ樹脂、アセチレン誘導体、メチルテトラヒドロ無水フタル酸などの脂環式酸無水物、脂肪族酸無水物、芳香族酸無水物等が例示される。これらの硬化剤は、使用する樹脂組成物が含有する主ポリマーの種類に応じて、適宜選択される。例えば、ポリアミドイミド系の場合、硬化剤として、イミダゾール、トリエチルアミン等が好ましく用いられる。

[0032] なお、上記チタン系硬化剤としては、テトラプロピルチタネート、テトライソプロピルチタネート、テトラメチルチタネート、テトラブチルチタネート、テトラヘキシルチタネート等が例示される。上記イソシアネート系化合物としては、トリレンジイソシアネート（ＴＤＩ）、ジフェニルメタンイソシアネート（ＭＤＩ）、ｐ－フェニレンジイソシアネート、ナフタレンジイソシアネートなどの芳香族ジイソシアネート、ヘキサメチレンジイソシアネ

ート（ＨＤＩ）、２，２，４－トリメチルヘキサンジイソシアネート、リジンジイソシアネートなどの炭素数３～１２の脂肪族ジイソシアネート、１，４－シクロヘキサンジイソシアネート（ＣＤＩ）、イソホロンジイソシアネート（ＩＰＤＩ）、４，４’－ジシクロヘキシルメタンジイソシアネート（水添ＭＤＩ）、メチルシクロヘキサンジイソシアネート、イソプロピリデンジシクロヘキシル－４，４’－ジイソシアネート、１，３－ジイソシアナトメチルシクロヘキサン（水添ＸＤＩ）、水添ＴＤＩ、２，５－ビス（イソシアナートメチル）－ビシクロ［２，２，１］ヘプタン、２，６－ビス（イソシアナートメチル）－ビシクロ［２，２，１］ヘプタンなどの炭素数５～１８の脂環式イソシアネート、キシリレンジイソシアネート（ＸＤＩ）、テトラメチルキシリレンジイソシアネート（ＴＭＸＤＩ）などの芳香環を有する脂肪族ジイソシアネート、これらの変性物等が例示される。上記ブロックイソシアネートとしては、ジフェニルメタン－４，４’－ジイソシアネート（ＭＤＩ）、ジフェニルメタン－３，３’－ジイソシアネート、ジフェニルメタン－３，４’－ジイソシアネート、ジフェニルエーテル－４，４’－ジイソシアネート、ベンゾフェノン－４，４’－ジイソシアネート、ジフェニルスルホン－４，４’－ジイソシアネート、トリレン－２，４－ジイソシアネート、トリレン－２，６－ジイソシアネート、ナフチレン－１，５－ジイソシアネート、ｍ－キシリレンジイソシアネート、ｐ－キシリレンジイソシアネート等が例示される。上記メラミン化合物としては、メチル化メラミン、ブチル化メラミン、メチロール化メラミン、ブチロール化メラミン等が例示される。上記アセチレン誘導体としては、エチニルアニリン、エチニルフタル酸無水物等が例示される。

[0033] ＜絶縁電線の製造方法＞

次に、当該絶縁電線１０の製造方法について説明する。当該絶縁電線１０の製造方法は、上記絶縁層２を形成する樹脂を溶剤で希釈した樹脂組成物に、シリコーン３を分散させることで絶縁層形成用ワニスを調製する工程（ワニス調製工程）と、上記絶縁層形成用ワニスを上記導体１の外周面に塗布及

び加熱する工程（ワニス塗布工程）とを備える。

[0034]（ワニス調製工程）

上記ワニス調製工程において、まず、絶縁層２のマトリックスを形成する樹脂（熱硬化性樹脂の場合は前駆体）を溶剤で希釈することにより、絶縁層２のマトリックスを形成する樹脂組成物を作成する。次に、この樹脂組成物にシリコーン３を分散させて絶縁層形成用ワニスを調製する。なお、樹脂組成物にシリコーン３を分散させるのではなく、樹脂を溶剤で希釈する際、同時にシリコーン３を混合することにより上記絶縁層形成用ワニスを調製してもよい。

[0035] 希釈用溶剤としては、絶縁ワニスに従来より用いられている公知の有機溶剤を用いることができる。具体的には、例えばＮ－メチル－２－ピロリドン、Ｎ，Ｎ－ジメチルアセトアミド、Ｎ，Ｎ－ジメチルホルムアミド、ジメチルスルホキシド、テトラメチル尿素、ヘキサエチルリン酸トリアミド、γ－ブチロラクトンなどの極性有機溶媒をはじめ、アセトン、メチルエチルケトン、メチルイソブチルケトン、シクロヘキサノンなどのケトン類、酢酸メチル、酢酸エチル、酢酸ブチル、シュウ酸ジエチルなどのエステル類、ジエチルエーテル、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モノメチルエーテル、エチレングリコールモノブチルエーテル（ブチルセロソルブ）、ジエチレングリコールジメチルエーテル、テトラヒドロフランなどのエーテル類、ヘキサン、ヘプタン、ベンゼン、トルエン、キシレンなどの炭化水素類、ジクロロメタン、クロロベンゼンなどのハロゲン化炭化水素類、クレゾール、クロルフェノールなどのフェノール類、ピリジンなどの第三級アミン類等が挙げられ、これらの有機溶媒はそれぞれ単独であるいは２種以上を混合して用いられる。

[0036] 絶縁層形成用ワニスの樹脂固形分濃度の下限としては、１５質量％が好ましく、２０質量％がより好ましい。一方、絶縁層形成用ワニスの樹脂固形分濃度の上限としては、５０質量％が好ましく、３０質量％がより好ましい。絶縁層形成用ワニスの樹脂固形分濃度が上記下限に満たない場合、１回のワ

ニスの塗布で形成できる厚さが小さくなるため、所望の厚さの絶縁層２を形成するためのワニス塗布工程の繰り返し回数が多くなり、ワニス塗布工程の時間が長くなるおそれがある。逆に、絶縁層形成用ワニスの樹脂固形分濃度が上記上限を超える場合、ワニスが増粘することにより、ワニスの保存安定性が悪化するおそれがある。

[0037] （ワニス塗布工程）

上記ワニス塗布工程において、まず、上記ワニス調製工程で調製した絶縁層形成用ワニスを導体１の外周面に塗布した後、塗布ダイスにより導体１のワニスの塗布量の調節及び塗布されたワニス面の平滑化を行う。

[0038] 上記塗布ダイスは開口部を有し、絶縁層形成用ワニスを塗布した導体１がこの開口部を通過することで余分なワニスが除去され、ワニスの塗布量が調整される。これにより、当該絶縁電線１０は、絶縁層２の厚さが均一になり、均一な電気絶縁性が得られる。

[0039] 次に、絶縁層形成用ワニスが塗布された導体１を焼付炉に通して絶縁層形成用ワニスを焼付けることで、導体１表面に絶縁層２を形成する。

[0040] 導体１表面に積層される絶縁層２が所定の厚さとなるまで、上記ワニス塗布工程及び加熱工程を繰り返すことにより、当該絶縁電線１０が得られる。

[0041] ＜利点＞

当該絶縁電線１０は、絶縁層２のマトリックス中に分散するシリコーン３が、サージ電圧が印可された際に放熱によりシリカに変性する。このシリカは、耐サージ性を向上し、サージ電圧による絶縁層２の劣化を抑制することができる。従って、当該絶縁電線１０は、放熱を経た後にシリコーン３に由来するシリカが絶縁層２中に存在するため、製造性を維持しつつ、絶縁層２の耐サージ性を均質に高め、製品寿命を著しく向上できる。

[0042] なお、当該絶縁電線１０において、絶縁層２は多層構造であってもよく、この場合絶縁層２の少なくとも１層がシリコーン３を含有すればよい。

[0043] ［第二実施形態］

図２の当該絶縁電線２０は、線状の導体１と、この導体１の外周面に積層

される多層の絶縁層２２とを備える。この絶縁層２２は、内層２２ａと外層２２ｂとを有する。導体１は、図１の絶縁電線１０の導体１と同様であるため、同一符号を付して説明を省略する。

[0044] ＜絶縁層＞

上記絶縁層２２は、図２に示すように、導体１の外周面に積層される内層２２ａとこの内層２２ａの外周面に積層され、最外層を形成する外層２２ｂとを有する。

[0045] 外層２２ｂは、シリコーンを主成分とする。外層２２ｂは、シリコーン以外に、他の絶縁性の樹脂や添加剤を含有してもよい。

[0046] 外層２２ｂにおけるシリコーンの含有率の下限としては、２質量％が好ましく、５質量％がさらに好ましい。一方、外層２２ｂにおけるシリコーンの含有率の上限としては特に限定されず、通常１００質量％である。シリコーンの含有率が上記下限より小さい場合、耐サージ性の向上効果が不十分となるおそれがある。

[0047] 外層２２ｂの平均厚さの下限としては、１μｍが好ましく、３μｍがより好ましい。一方、外層２２ｂの平均厚さの上限としては、２００μｍが好ましく、１００μｍがより好ましい。外層２２ｂの平均厚さが上記下限に満たない場合、耐サージ性の向上効果が不十分となるおそれがある。逆に、外層２２ｂの平均厚さが上記上限を超える場合、絶縁層２の誘電率が上昇するおそれや、当該絶縁電線２０を用いて形成されるコイル等の体積効率が低くなるおそれがある。

[0048] 内層２２ａは、絶縁性を有する樹脂組成物で形成される。この樹脂組成物としては、例えば図１の絶縁電線１０の絶縁層２を形成する樹脂組成物と同様とすることができる。なお、内層２２ａを形成する樹脂組成物は、シリコーンを含有していてもしていなくてもよい。

[0049] 内層２２ａの平均厚さの下限としては、５μｍが好ましく、１０μｍがより好ましい。一方、内層２２ａの平均厚さの上限としては、２００μｍが好ましく、１００μｍがより好ましい。内層２２ａの平均厚さが上記下限に満

たない場合、内層２２ａに破れが生じ、導体１の絶縁が不十分となるおそれがある。逆に、内層２２ａの平均厚さが上記上限を超える場合、当該絶縁電線２０を用いて形成されるコイル等の体積効率が低くなるおそれがある。

[0050] ＜絶縁電線の製造方法＞

当該絶縁電線２０は、上記内層２２ａを形成するための樹脂等を溶剤で希釈した樹脂組成物を上記導体１の外周面に塗布及び加熱する工程（内層ワニス塗布工程）と、上記外層２２ｂを形成するための樹脂等を溶剤で希釈した樹脂組成物を上記内層２２ａの外周面に塗布及び加熱する工程（外層ワニス塗布工程）とを備える製造方法により得ることができる。

[0051] ＜利点＞

当該絶縁電線２０は、内層２２ａに含まれるシリコーンが、サージ電圧が印可された際に放熱によりシリカに変性する。従って、当該絶縁電線２０は、一度放熱を経た後にシリコーンに由来するシリカが絶縁層２２中に存在するため、製造性を維持しつつ、絶縁層２２の耐サージ性を均質に高め、製品寿命を著しく向上できる。

[0052] なお、当該絶縁電線２０において、絶縁層２は３層以上の多層構造であってもよく、またシリコーンを主成分とする層は最外層に限定されず、最内層や中間層であってもよい。

[0053] ［第三実施形態］

図３の当該絶縁電線３０は、線状の導体１と、この導体１の外周面に積層される１層の絶縁層３２とを備える。この絶縁層３２は、複数の気孔４とこの気孔の周縁部の外殻５とを含有する。導体１は、図１の絶縁電線１０の導体１と同様であるため、同一符号を付して説明を省略する。

[0054] ＜絶縁層＞

上記絶縁層３２は、図３に示すように、後述するコアシェル構造の中空形成粒子に由来する複数の気孔４とシリコーンを主成分とする外殻５とを含有する。

[0055] 絶縁層３２は、絶縁性を有する樹脂組成物、この樹脂組成物中に散在する

気孔４、及び気孔４の周縁部の外殻５で形成される。この樹脂組成物としては、図１の絶縁電線１０の絶縁層２を形成する樹脂組成物と同様とすることができる。なお、絶縁層３２を形成する樹脂組成物は、シリコーンを含有していてもしていなくてもよい。

[0056] 複数の気孔４は、図３に示すようにそれぞれ外殻５で被覆され、この外殻５はコアシェル構造の中空形成粒子のコアが除去されて中空となったシェルで構成される。つまり、外殻５はコアシェル構造の中空形成粒子のシェルに由来する。また、複数の外殻５のうち少なくとも一部は、欠損を有している。

[0057] 複数の気孔４は、図３に示すように扁平球体であることが好ましい。また、気孔４の短軸が導体１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気孔同士が当接し難くなるため、独立気孔がより維持され易い。そのため、短軸が導体１表面と垂直方向に配向している気孔４の割合が大きいほど好ましい。全気孔４の数に対する短軸が導体１表面と垂直方向に配向している気孔４の数の割合の下限としては、６０％が好ましく、８０％がより好ましい。短軸が導体１表面と垂直方向に配向している気孔４の割合が上記下限に満たないと、気孔同士で当接する気孔４が増加し、連続気孔の発生を十分に抑制できないおそれがある。

[0058] 気孔４の短径及び長径を含む断面における長径に対する短径の長さの比の平均の下限としては、０．２が好ましく、０．３がより好ましい。一方、上記比の平均の上限としては、０．９５が好ましく、０．９がより好ましい。上記比の平均が上記下限に満たないと、ワニス焼付時の厚さ方向の収縮量を大きくする必要があるため、当該絶縁電線３０の可撓性が低下するおそれがある。逆に、上記比の平均が上記上限を超えると、気孔率を高くする場合に、外力が作用し易い絶縁層３２の厚さ方向に気孔同士が当接し易くなり、気孔４の連通抑制効果が十分に得られないおそれがある。なお、上記比は、絶縁層形成用ワニスに含まれる樹脂組成物の焼付時の収縮により中空形成粒子に加わる圧力を変化させることで調節できる。この中空形成粒子に加わる圧

力は、例えば上記樹脂組成物の主成分となる材料の種類、絶縁層３２の厚さ、中空形成粒子の材料、焼付条件等により変化させることができる。

[0059] 気孔４の長径の平均の下限としては、０．１μｍが好ましく、１μｍがより好ましい。一方、上記長径の平均の上限としては、１０μｍが好ましく、８μｍがより好ましい。上記長径の平均が上記下限に満たないと、絶縁層３２に所望の気孔率が得られないおそれがある。逆に、上記長径の平均が上記上限を超えると、絶縁層３２内における気孔４の分布を均一にし難くなり、誘電率の分布に偏りが生じ易くなるおそれがある。

[0060] 複数の気孔４の周縁部に存在する複数の外殻５は、少なくとも一部が欠損を有する。気孔４及び外殻５は、熱分解性樹脂を主成分とするコアと、この熱分解性樹脂より熱分解温度が高いシェルとを有する中空形成粒子に由来する。つまり、この中空形成粒子を含むワニスの焼付時にコアの主成分である熱分解性樹脂が熱分解によりガス化し、シェルを通過して飛散することにより気孔４及び外殻５が形成される。このとき、シェルにおける熱分解性樹脂の通過路が欠損として外殻５に存在する。この欠損の形状は、シェルの材質や形状によって変化するが、外殻５による気孔４の連通防止効果を高める観点から、亀裂、割れ目及び孔が好ましい。

[0061] なお、絶縁層３２は、欠損のない外殻５を含んでいてもよい。コアの熱分解性樹脂のシェル外部への流出条件によっては外殻５に欠損が形成されない場合もある。また、絶縁層３２は、外殻５に被覆されない気孔４を含んでいてもよい。

[0062] 外殻５の平均厚さは、後述する中空形成粒子のシェルの平均厚さと同じである。

[0063] 絶縁層３２の平均厚さの下限としては、５μｍが好ましく、１０μｍがより好ましい。一方、絶縁層３２の平均厚さの上限としては、２００μｍが好ましく、１００μｍがより好ましい。絶縁層３２の平均厚さが上記下限に満たない場合、絶縁層３２に破れが生じ、導体１の絶縁が不十分となるおそれがある。逆に、絶縁層３２の平均厚さが上記上限を超える場合、当該絶縁電

線３０を用いて形成されるコイル等の体積効率が低くなるおそれがある。

[0064] 絶縁層３２の気孔率の下限としては、５体積％が好ましく、１０体積％がより好ましい。一方、絶縁層３２の気孔率の上限としては、８０体積％が好ましく、５０体積％がより好ましい。絶縁層３２の気孔率が上記下限に満たないと、絶縁層３２の誘電率が十分に低下せず、コロナ放電開始電圧を十分に向上できないおそれがある。逆に、絶縁層３２の気孔率が上記上限を超えると、絶縁層３２の機械的強度を維持できないおそれがある。ここで、「気孔率」とは、気孔を含む絶縁層の体積に対する気孔の容積の百分率を意味する。

[0065] 絶縁層３２と材質が同一でかつ気孔を含有しない層の誘電率に対する絶縁層３２の誘電率の比の上限としては、９５％であり、９０％が好ましく、８０％がより好ましい。上記誘電率の比が上記上限を超えると、コロナ放電開始電圧を十分に向上できないおそれがある。

[0066] ＜絶縁電線の製造方法＞

次に、当該絶縁電線３０の製造方法について説明する。当該絶縁電線３０の製造方法は、上記絶縁層３２を形成する樹脂を溶剤で希釈した樹脂組成物に、コアシェル構造の中空形成粒子を分散させることで絶縁層形成用ワニスを調製する工程（ワニス調製工程）、上記絶縁層形成用ワニスを上記導体１の外周面に塗布する工程（ワニス塗布工程）、及び加熱により上記中空形成粒子のコアを除去する工程（加熱工程）を備える。

[0067] （ワニス調製工程）

上記ワニス調製工程において、まず、絶縁層３２を形成する樹脂を溶剤で希釈することにより、絶縁層３２のマトリックスを形成する樹脂組成物を作成する。次に、この樹脂組成物に中空形成粒子を分散させて絶縁層形成用ワニスを調製する。なお、樹脂組成物に中空形成粒子を分散させるのではなく、樹脂を溶剤で希釈する際、同時に中空形成粒子を混合することにより上記絶縁層形成用ワニスを調製してもよい。

[0068] 上記中空形成粒子は、熱分解性樹脂を主成分とするコアと、この熱分解性

樹脂より熱分解温度が高いシェルとを有する。

[0069] コアの主成分に用いる熱分解性樹脂としては、例えば絶縁層を形成する樹脂の焼付温度よりも低い温度で熱分解する樹脂粒子が用いられる。絶縁層形成樹脂の焼付温度は、樹脂の種類に応じて適宜設定されるが、通常２００℃以上６００℃以下程度である。従って、中空形成粒子のコアに用いる熱分解性樹脂の熱分解温度の下限としては２００℃が好ましく、上限としては４００℃が好ましい。ここで、熱分解温度とは、空気雰囲気下で室温から１０℃／分で昇温し、質量減少率が５０％となるときの温度を意味する。熱分解温度は、例えば熱重量測定－示差熱分析装置（エスアイアイ・ナノテクノロジー株式会社の「ＴＧ／ＤＴＡ」）を用いて熱重量を測定することにより測定できる。

[0070] 上記中空形成粒子のコアに用いる熱分解性樹脂としては、特に限定されないが、例えばポリエチレングリコール、ポリプロピレングリコールなどの片方、両方の末端又は一部をアルキル化、（メタ）アクリレート化又はエポキシ化した化合物、ポリ（メタ）アクリル酸メチル、ポリ（メタ）アクリル酸エチル、ポリ（メタ）アクリル酸プロピル、ポリ（メタ）アクリル酸ブチルなどの炭素数１以上６以下のアルキル基を有する（メタ）アクリル酸エステルの重合体、ウレタンオリゴマー、ウレタンポリマー、ウレタン（メタ）アクリレート、エポキシ（メタ）アクリレート、ε－カプロラクトン（メタ）アクリレートなどの変性（メタ）アクリレートの重合物、ポリ（メタ）アクリル酸、これらの架橋物、ポリスチレン、架橋ポリスチレン等が挙げられる。これらの中でも、絶縁層形成樹脂の焼付温度で熱分解し易く絶縁層２に気孔４を形成させ易い点において、炭素数１以上６以下のアルキル基を有する（メタ）アクリル酸エステルの重合体が好ましい。このような（メタ）アクリル酸エステルの重合体として、例えばポリメチルメタクリレート（ＰＭＭＡ）が挙げられる。

[0071] コアの形状は、球状が好ましい。コアの形状を球状とするために、例えば球状の熱分解性樹脂粒子をコアとして用いるとよい。球状の熱分解性樹脂粒

子を用いる場合、この樹脂粒子の平均粒子径の下限としては、特に制限はないが、例えば０．１μｍが好ましく、０．５μｍがより好ましく、１μｍがさらに好ましい。一方、上記樹脂粒子の平均粒子径の上限としては、１５μｍが好ましく、１０μｍがより好ましい。上記樹脂粒子の平均粒子径が上記下限に満たないと、この樹脂粒子をコアとする中空形成粒子が作製し難くなるおそれがある。逆に、上記樹脂粒子の平均粒子径が上記上限を超えると、この樹脂粒子をコアとする中空形成粒子が大きくなり過ぎるため、絶縁層３２内における気孔４の分布が均一になり難くなり、誘電率の分布に偏りが生じ易くなるおそれがある。

[0072] シェルの主成分としては、シリコーンが用いられる。

[0073] シェルの平均厚さの下限としては、特に制限はないが、例えば０．０１μｍが好ましく、０．０２μｍがより好ましい。一方、シェルの平均厚さの上限としては、０．５μｍが好ましく、０．４μｍがより好ましい。シェルの平均厚さが上記下限に満たないと、気孔４の連通抑制効果が十分に得られないおそれがある。逆に、シェルの平均厚さが上記上限を超えると、気孔４の体積が小さくなり過ぎるため、絶縁層３２の気孔率を所定以上に高められないおそれがある。なお、シェルは、１層で形成されてもよいし、複数の層で形成されてもよい。シェルが複数の層で形成される場合、複数の層の合計厚さの平均が、上記厚さの範囲内であればよい。

[0074] 中空形成粒子のＣＶ値（変動係数）の上限としては、３０％が好ましく、２０％がより好ましい。中空形成粒子のＣＶ値が上記上限を超えると、絶縁層３２にサイズが異なる複数の気孔４が含まれるようになるため、誘電率の分布に偏りが生じ易くなるおそれがある。なお、中空形成粒子のＣＶ値の下限としては、特に制限はないが、例えば１％が好ましい。中空形成粒子のＣＶ値が上記下限に満たないと、中空形成粒子のコストが高くなり過ぎるおそれがある。

[0075] なお、上記中空形成粒子は、コアを１個の熱分解性樹脂粒子で形成する構成としてもよいし、コアを複数の熱分解性樹脂粒子で形成し、シェルの樹脂

がこれらの複数の熱分解性樹脂粒子を被覆する構成としてもよい。また、上記中空形成粒子の表面は、凹凸がなく滑らかであってもよいし、凹凸が形成されてもよい。

[0076] また、絶縁層形成用ワニスに、中空形成粒子に加えて、気孔形成のために熱分解性粒子等の気孔形成剤を混合してもよい。また、気孔形成のために、沸点の異なる希釈溶剤を組合せて上記絶縁層形成用ワニスを調製してもよい。気孔形成剤により形成された気孔や沸点の異なる希釈溶剤の組合せにより形成される気孔は、中空形成粒子に由来する気孔とは連通し難い。従って、このように外殻５に被覆されない気孔を含む場合でも、外殻５に被覆される気孔の存在により、絶縁層３２に粗大な気孔が生じ難い。

[0077] （ワニス塗布工程）

上記ワニス塗布工程において、上記ワニス調製工程で調製した絶縁層形成用ワニスを導体１の外周面に塗布した後、塗布ダイスにより導体１のワニスの塗布量の調節及び塗布されたワニス面の平滑化を行う。

[0078] 上記塗布ダイスは開口部を有し、絶縁層形成用ワニスを塗布した導体１がこの開口部を通過することで余分なワニスが除去され、ワニスの塗布量が調整される。これにより、当該絶縁電線は、絶縁層３２の厚さが均一になり、均一な電気絶縁性が得られる。

[0079] （加熱工程）

次に、上記加熱工程において、絶縁層形成用ワニスが塗布された導体１を焼付炉に通して絶縁層形成用ワニスを焼付けることで、導体１表面に絶縁層３２を形成する。焼付の際、絶縁層形成用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。このように、焼付時の加熱により、中空形成粒子のコアが除去される。その結果、絶縁層３２中に中空形成粒子に由来する中空粒子（シェルのみの粒子）が形成され、この中空粒子による気孔４が絶縁層２内に形成される。このように、上記加熱工程は、絶縁層形成用ワニスの焼付工程を兼ねる。

[0080] 導体１表面に積層される絶縁層３２が所定の厚さとなるまで、上記ワニス塗布工程及び加熱工程を繰り返すことにより、当該絶縁電線３０が得られる。

[0081] なお、上記加熱工程は、ワニス調製工程の前に行ってもよい。この場合、例えば恒温槽などを用いて上記中空形成粒子を加熱することにより、コアの熱分解性樹脂を熱分解によりガス化させ、コアが除去された中空形成粒子、すなわち中空粒子を得る。上記ワニス調製工程では、絶縁層３２のマトリックスを形成する上記樹脂組成物に、中空粒子を分散させて絶縁層形成用ワニスを調製する。この絶縁層形成用ワニスの塗布及び焼付後も、上記コアが除去された中空形成粒子すなわち中空粒子の中空構造が維持されるので、この絶縁層形成用ワニスの塗布及び焼付により、中空粒子による気孔４を含む絶縁層３２を形成できる。ただし、このようにワニス調製工程の前に加熱工程を行う場合、加熱工程とは別に絶縁層形成用ワニスを焼付ける工程をワニス塗布工程の後に行う。

[0082] このように、ワニス調製工程の前に加熱工程を行う場合、焼付時の加熱により中空形成粒子のコアを消失させる場合に比べて、より確実にコアを消失させ易い。そのため、より確実に絶縁層３２に気孔を形成できると共に、熱分解性樹脂の分解ガスによる絶縁層３２の発泡を抑制できる。

[0083] ＜利点＞

当該絶縁電線３０は、外殻５に含まれるシリコーンが、サージ電圧が印可された際に放熱によりシリカに変性する。従って、当該絶縁電線３０は、一度放熱を経た後にシリコーンに由来するシリカが絶縁層３２中に存在するため、製造性を維持しつつ、絶縁層３２の耐サージ性を均質に高め、製品寿命を著しく向上できる。

[0084] また、当該絶縁電線３０は、絶縁層３２に含まれる気孔４が外殻５で囲まれており、外殻５が当接しても気孔４同士が連通し難いため、粗大な気孔が生じ難い。これにより、当該絶縁電線３０は、絶縁性及び耐溶剤性の低下を抑制しつつ絶縁層３２の気孔率を高められる。

[0085] ［その他の実施形態］

今回開示された実施の形態は全ての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は、上記実施形態の構成に限定されるものではなく、特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味及び範囲内での全ての変更が含まれることが意図される。

[0086] 上記各実施形態の構成は適宜組み合わせが可能である。例えば、上記第一実施形態又は第二実施形態の絶縁電線において、絶縁層の少なくとも一層が第三実施形態の気泡を有していてもよい。

[0087] 上記第三実施形態において、１層の絶縁層が導体の外周面に積層される絶縁電線について説明したが、複数の絶縁層が導体の外周面に積層される絶縁電線としてもよい。つまり、図３の導体１と気孔４を含む絶縁層３２との間に１又は複数の他の絶縁層が積層されてもよいし、図３の気孔４を含む絶縁層３２の外周面に１又は複数の他の絶縁層が積層されてもよいし、図３の気孔４を含む絶縁層３２の外周面及び内周面の両方に１又は複数の他の絶縁層が積層されてもよい。

[0088] また、例えば当該絶縁電線において、導体と絶縁層との間にプライマー処理層等のさらなる層が設けられてもよい。プライマー処理層は、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。

[0089] 導体と絶縁層との間にプライマー処理層を設ける場合、このプライマー処理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、プライマー処理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と絶縁層との間にプライマー処理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、当該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。

[0090] また、プライマー処理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、プライマー処理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。

[0091] プライマー処理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、プライマー処理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。プライマー処理層の平均厚さが上記下限に満たないと、導体との十分な密着性を発揮できないおそれがある。逆に、プライマー処理層の平均厚さが上記上限を超えると、当該絶縁電線が不必要に大径化するおそれがある。

実施例

[0092] 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。

[0093] ［実施例１～５］

まず、銅を鋳造、延伸、伸線及び軟化し、断面が円形で平均径１ｍｍの導体を得た。この導体の外周面に、ポリアミドイミドと表１に示すシリコーンフィラー（ポリメチルシルセスキオキサン粒子；ポリメチルトリメトキシシランの粉体）を含むワニスを塗布及び焼付して表１に示す平均厚さの絶縁層を被覆し、実施例１～５の絶縁電線を得た。なお、実施例４、５の絶縁電線では、絶縁層を下層と上層との２層構造とし、下層又は上層の一方にのみシリコーンフィラーを含有させた。なお、表１におけるフィラーの含有量は、ポリアミドイミド１００質量部に対する含有割合である。

[0094] ［実施例６］

シリコーンフィラーの代わりにコアがＰＭＭＡ、シェルがシリコーンの平均粒子径２μｍの中空形成粒子を含有するワニスを用いたこと以外は実施例１～３と同様にして、絶縁電線を得た。

[0095] ［比較例１］

絶縁層形成用のワニスにシリコーンフィラーを含有させなかったこと以外は実施例１～３と同様にして、絶縁電線を得た。

[0096] ［比較例２］

シリコーンフィラーの代わりに表１に示すシリカフィラーを用いたこと以外は実施例１～３と同様にして、絶縁電線を得た。

[0097] ［評価］

実施例１～５及び比較例１、２について、以下の評価を行った。結果を表１に示す。

[0098] ＜ワニス安定性＞

実施例１～５及び比較例２の絶縁層形成用ワニスを３０日間２５℃で保管した後、ワニスの外観を確認した。ワニスの上層と下層とで溶液の濃淡に差がない場合をＡ、沈降等の濃淡の差がある場合をＢとした。

[0099] ＜可撓性＞

ＪＩＳ－Ｃ３２１６－３（２０１１）の５．１に規定の「巻付け試験」に準拠して実施例１～５及び比較例１、２の絶縁電線を０％の伸張を行いながら同径の丸棒に沿って３０回巻き付け、絶縁層に割れが生じなかったものをＡ、割れが生じたものをＢとした。

[0100] ＜Ｖ－ｔ特性（ｈ）＞

実施例１～５及び比較例１、２の絶縁電線について、それぞれ同じ絶縁電線をペアでツイストしたサンプルに１０ｋＨｚ、１ｋＶの正弦波電圧を印可し、短絡するまでの時間（最大１００時間）を計測した。

[0101] [表1]

	絶縁層						評価		
	下層		上層		フィラー				
	平均厚さ（μm）	フィラー含有量（質量部）	平均厚さ（μm）	フィラー含有量（質量部）	種類	平均粒子径（μm）	ワニス安定性	可撓性	V-t特性（h）
実施例1	40	10	-	-	シリコーン	2	A	A	13
実施例2	40	30	-	-	シリコーン	2	A	A	50
実施例3	40	30	-	-	シリコーン	5	A	A	59
実施例4	15	30	25	0	シリコーン	2	A	A	32
実施例5	25	0	15	30	シリコーン	2	A	A	29
実施例6	40	45	-	-	中空形成粒子	2	A	A	100以上
比較例1	40	0	-	-	-	-	-	A	5
比較例2	40	30	-	-	シリカ	2	B	B	58

[0102] 表１より、シリコーンを含有した絶縁層を備える実施例１～６は、絶縁層がシリコーンを含有しない比較例１に対して、同等のＢＤＶを有しつつ、Ｖ－ｔ特性に優れる。また、シリカを絶縁層に含有させた比較例２では、Ｖ－ｔ特性は高いものの、ワニスに沈降が発生しその取り扱いが困難となり、得られた絶縁電線の可撓性も不十分であった。これらから、シリコーンを絶縁層に含有させることで、製造性を維持しつつ、絶縁層の耐サージ性を均質に高め、製品寿命を著しく向上できることがわかる。

[0103] ［シリカへの変性確認試験］

上記Ｖ－ｔ特性試験後の実施例２の絶縁電線の絶縁層の白色粉末が析出した部分（試験片１）と、試験前の実施例２の絶縁電線の絶縁層（試験片２）とに対し、ＵＬＶＡＣ　ＰＨＩ社製の「ＱｕａｎｔｅｒａＳＸＭ」を用いてＸＰＳ分析を行った。その結果（原子濃度）を表２に示す。

[0104] [表2]

	C	N	O	Na	Si
試験片1	12.2	1.0	61.8	0	25.0
試験片2	79.3	1.9	15.4	0.6	2.8

[0105] 表２に示すように、短絡が生じた絶縁電線（試験片１）では、試験前の絶縁層（試験片２）に比べてシリカ（SiO_2）が多く検出され、シリコーンがシリカに変性していることが確認された。

符号の説明

[0106] １　導体

２、２２、３２　絶縁層

３　シリコーン

４　気孔

５　外殻

１０、２０、３０　絶縁電線

２２ａ　内層

２２ｂ　外層

請求の範囲

[請求項1] 線状の導体と、この導体の外周面に積層される１又は複数の絶縁層とを備える絶縁電線であって、

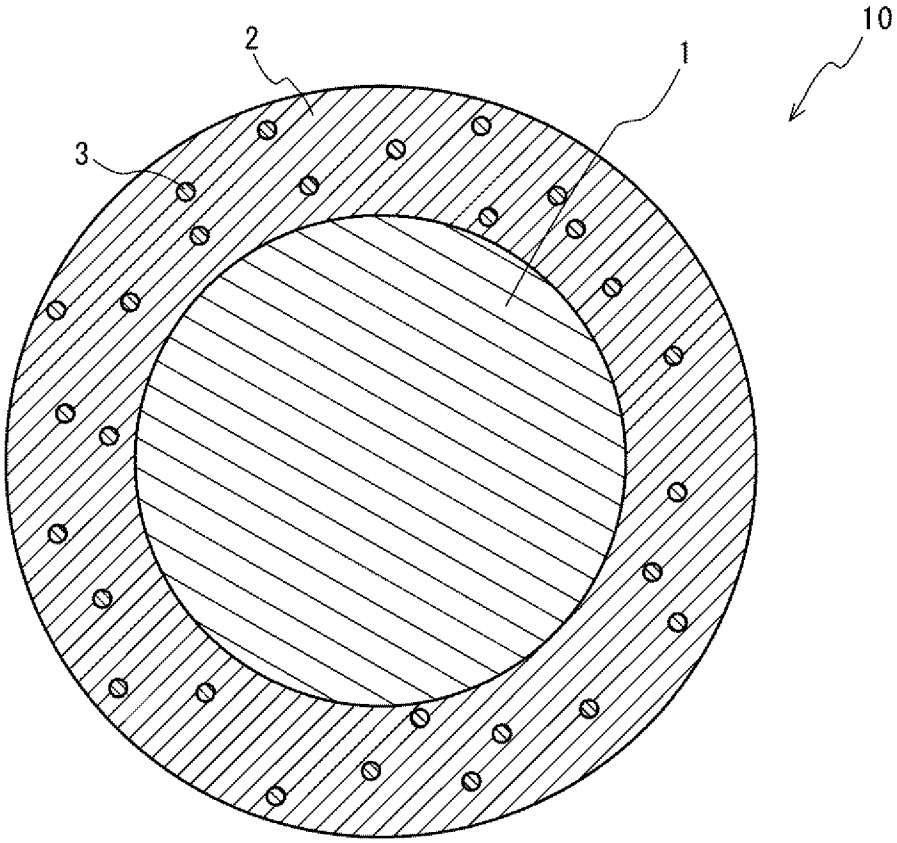
上記絶縁層がシリコーンを含有する絶縁電線。

[請求項2] 上記絶縁層の少なくとも一層がマトリックスとこのマトリックス中に分散するシリコーンとを含有する請求項１に記載の絶縁電線。

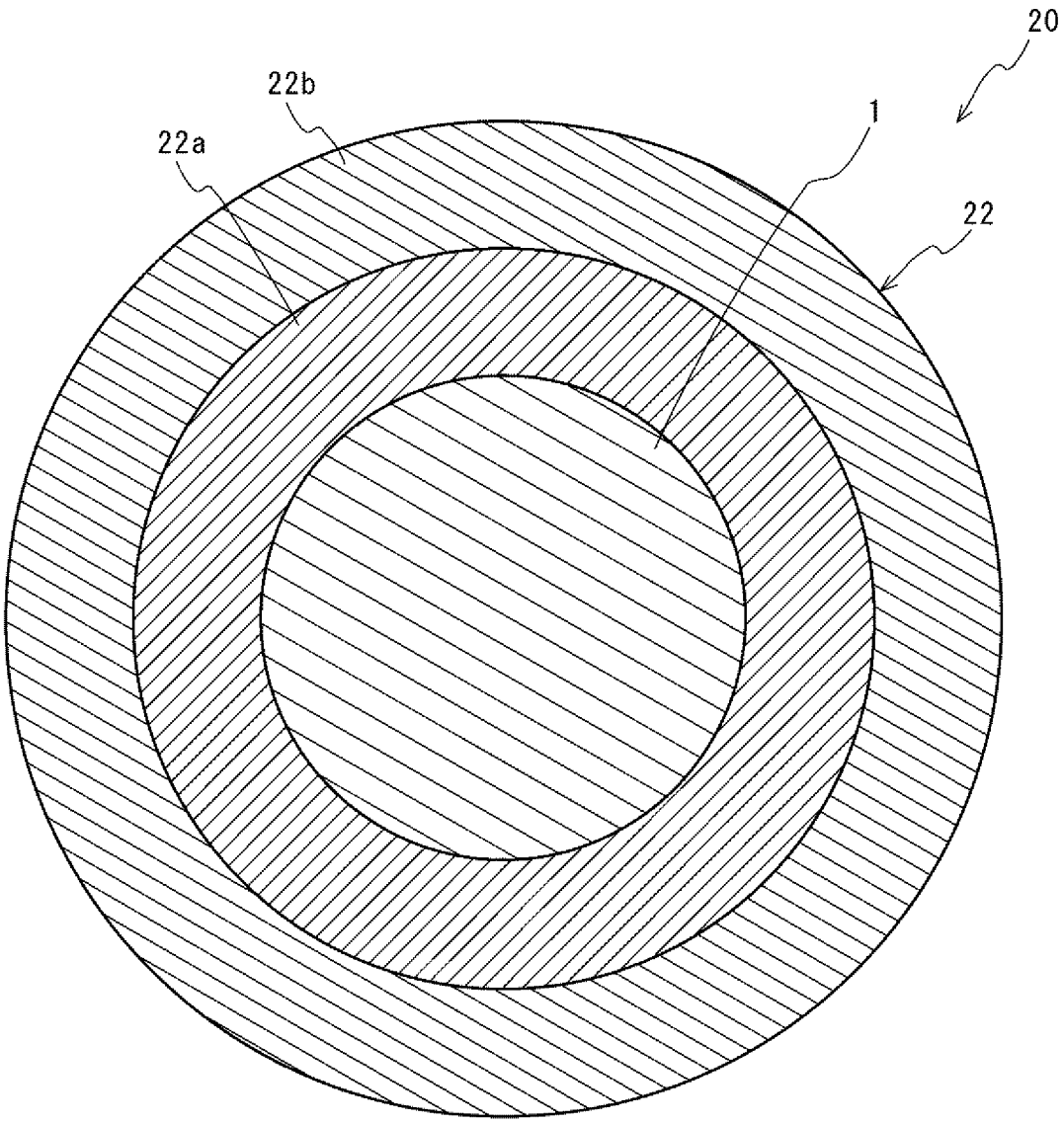
[請求項3] 上記絶縁層の少なくとも一層がシリコーンを主成分とする請求項１に記載の絶縁電線。

[請求項4] 上記絶縁層の少なくとも一層が複数の気孔とこの気孔の周縁部の外殻とを含有し、この外殻がシリコーンを主成分とする請求項１に記載の絶縁電線。

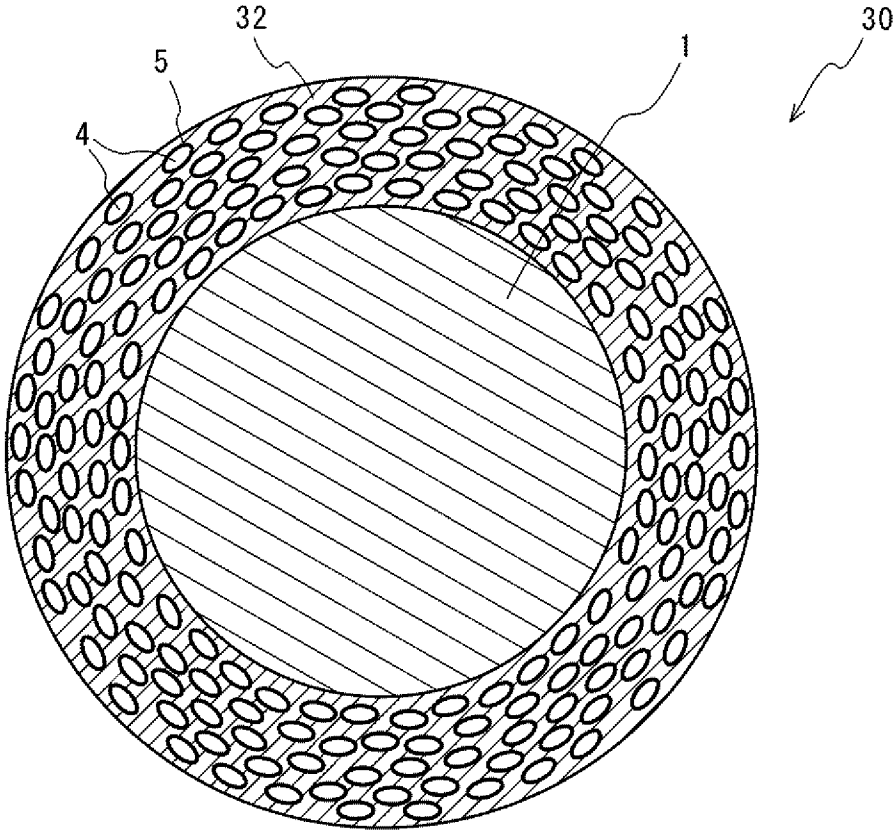
[図1]



[図2]



[図3]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2017/000614

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
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)
H01B7/02

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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	JP 49-13308 B1 (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 30 March 1974 (30.03.1974), column 14, line 42 to column 15, line 4 (Family: none)	1-2 3-4
X A	JP 51-2627 B1 (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 27 January 1976 (27.01.1976), column 16, lines 15 to 21 (Family: none)	1-2 3-4

☒ 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
31 January 2017 (31.01.17)	14 February 2017 (14.02.17)

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/JP2017/000614

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 49-781 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 07 January 1974 (07.01.1974), claims; page 6, upper right column, line 20 to lower left column, line 4 & US 4000362 A claims & GB 1419881 A & DE 2310826 A1	1-3 4
A	JP 02-226616 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 10 September 1990 (10.09.1990), page 2, lower left column, lines 5 to 7 & US 5115103 A column 2, lines 20 to 23 & EP 373400 A2 & DE 68925679 T2 & FI 96803 B & CA 2005286 A1 & KR 92-0001934 B1	4

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１７／０００６１４

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	１９７１－２０１７年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１７年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１７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	JP 49-13308 B1（住友電気工業株式会社）1974.03.30，第１４欄第４２行から第１５欄第４行（ファミリーなし）	1-2 3-4
X A	JP 51-2627 B1（住友電気工業株式会社）1976.01.27，第１６欄第１５乃至２１行（ファミリーなし）	1-2 3-4
X A	JP 49-781 A（住友電気工業株式会社）1974.01.07，特許請求の範囲、第６頁右上欄第２０行から同頁左下欄第４行 & US 4000362 A,claims & GB 1419881 A & DE 2310826 A1	1-3 4

☑　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
３１．０１．２０１７	１４．０２．２０１７

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　９４５９
和田　財太
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
A	JP 02-226616 A (住友電気工業株式会社) 1990.09.10, 第２頁左下欄５乃至７行 & US 5115103 A,col.2,ll.20-23 & EP 373400 A2 & DE 68925679 T2 & FI 96803 B & CA 2005286 A1 & KR 92-0001934 B1	4