

(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
2020年7月23日(23.07.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/148950 A1

(51) 国際特許分類:
H01B 1/20 (2006.01) *H02G 15/064* (2006.01)
C08L 23/08 (2006.01) *H02G 15/08* (2006.01)
C08L 101/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2019/039695

(22) 国際出願日: 2019年10月8日(08.10.2019)

(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 2019-006887 2019年1月18日(18.01.2019) JP

(71) 出願人: 住友電気工業株式会社
(SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.)

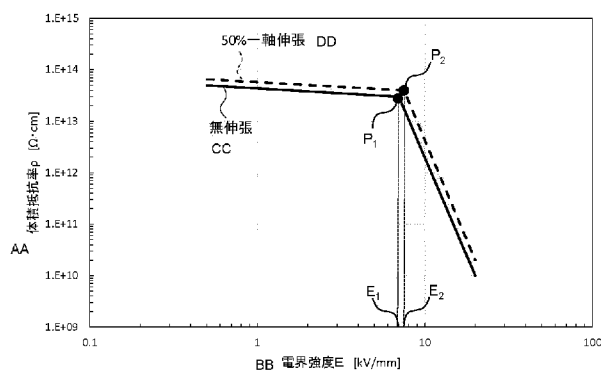
[JP/JP]; 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号 Osaka (JP).

(72) 発明者: 安田 周平(YASUDA Shuhei); 〒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). 山崎 孝則(YAMAZAKI Takanori); 〒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). 西川 信也(NISHIKAWA Shinya); 〒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: 福岡 昌浩, 外(FUKUOKA Masahiro et al.); 〒1020072 東京都千代田区飯田橋四丁目6番1号 21東和ビル3階 Tokyo (JP).

(54) Title: NON-OHMIC COMPOSITION, CABLE CONNECTION UNIT, AND CABLE CONNECTION UNIT PRODUCTION METHOD

(54) 発明の名称: 非オーム性組成物、ケーブル接続用ユニット、およびケーブル接続用ユニットの製造方法



AA Volume resistivity
BB Field intensity
CC No elongation
DD 50% uniaxial elongation

(57) Abstract: A non-ohmic composition having a base elastomer and a plurality of non-ohmic particles, wherein if the field intensity applied to the non-ohmic composition is E , the volume resistivity of the non-ohmic composition is ρ , the threshold field intensity at the point where the absolute value of the amount of change in the slope of $\log \rho$ relative to $\log E$ reaches the maximum value is E_{th} , and a comparison is made to the volume resistivity ρ of the non-ohmic composition in the range of $E \geq E_{th}$ when the non-ohmic composition is not elongated, the volume resistivity ρ of the non-ohmic composition at 50% uniaxial elongation is no more than 50 times the volume resistivity ρ of the non-ohmic composition when not elongated.

(57) 要約: ベースエラストマーと、複数の非オーム性粒子と、を有する非オーム性組成物であって、非オーム性組成物に印加する電界強度を E とし、非オーム性組成物の体積抵抗率を ρ とし、 $\log E$ に対する $\log \rho$ の傾きの変化量の絶対値が最大となる点での閾値電界強度を E_{th} とし、非オーム性組成物を伸張させない場合の $E \geq E_{th}$ の範囲で非オーム性組成物の体積抵抗率 ρ を比較したときに、非オーム性組成物を50%一軸伸張させた場合の体積抵抗率 ρ は、非オーム性組成物を伸張させない場合の体積抵抗率 ρ に対して50倍以下である。

(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：

非オーム性組成物、ケーブル接続用ユニット、およびケーブル接続用ユニットの製造方法

技術分野

[0001] 本開示は、非オーム性組成物、ケーブル接続用ユニット、およびケーブル接続用ユニットの製造方法に関する。

本出願は、2019年1月18日出願の日本国出願「特願2019-006887」に基づく優先権を主張し、前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] 電力ケーブルと架空送電線等とを接続したり、一对の電力ケーブルを接続したりするケーブル接続構造では、段階的に剥がされた電力ケーブルの先端に、絶縁性を確保する筒状のケーブル接続用ユニットが外嵌される。

[0003] ケーブル接続用ユニットでは、例えば、非オーム性粒子を含む組成物（以下、「非オーム性組成物」ともいう）により構成される非オーム性抵抗層が設けられることがある。これにより、高電界が印加された際に、非オーム性抵抗層の体積抵抗率が低くなることで、電界を均等に分布させることができる（例えば、特許文献1）。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特表2000-503454号公報

発明の概要

[0005] 本開示の一態様によれば、

ベースエラストマと、複数の非オーム性粒子と、を有する非オーム性組成物であって、

前記非オーム性組成物に印加する電界強度をEとし、前記非オーム性組成

物の体積抵抗率を ρ とし、 $\log E$ に対する $\log \rho$ の傾きの変化量の絶対値が最大となる点での閾値電界強度を E_{th} とし、前記非オーム性組成物を伸張させない場合の $E \geq E_{th}$ の範囲で前記非オーム性組成物の体積抵抗率 ρ を比較したときに、

前記非オーム性組成物を50%一軸伸張させた場合の前記体積抵抗率 ρ は、前記非オーム性組成物を伸張させない場合の前記体積抵抗率 ρ に対して50倍以下である

非オーム性組成物が提供される。

[0006] 本開示の他の態様によれば、

ベースエラストマと、複数の非オーム性粒子と、を有する非オーム性組成物であって、

前記非オーム性組成物に印加する電界強度を E とし、前記非オーム性組成物の体積抵抗率を ρ としたときに、

前記非オーム性組成物を50%一軸伸張させた場合の、 $\log E$ に対する $\log \rho$ の傾きの変化量の絶対値が最大となる点での閾値電界強度 E_{th} は、前記非オーム性組成物を伸張させない場合の E_{th} に対して1.4倍以下である非オーム性組成物が提供される。

[0007] 本開示の更に他の態様によれば、

ベースエラストマと、複数の非オーム性粒子と、を有する非オーム性組成物であって、

前記複数の非オーム性粒子は、前記ベースエラストマ中で網目状に分散している

非オーム性組成物が提供される。

[0008] 本開示の更に他の態様によれば、

電力ケーブルが嵌入される筒状のケーブル接続用ユニットであって、非オーム性組成物により構成される筒状の非オーム性抵抗層と、前記非オーム性抵抗層の外側を覆うように設けられる絶縁層と、を有し、

前記非オーム性組成物は、ベースエラストマと、複数の非オーム性粒子と、を有し、

前記非オーム性組成物に印加する電界強度を E とし、前記非オーム性組成物の体積抵抗率を ρ とし、 $\log E$ に対する $\log \rho$ の傾きの変化量の絶対値が最大となる点での閾値電界強度を E_{th} とし、前記非オーム性組成物を伸張させない場合の $E \geq E_{th}$ の範囲で前記非オーム性組成物の体積抵抗率 ρ を比較したときに、

前記非オーム性組成物を 50%一軸伸張させた場合の前記体積抵抗率 ρ は、前記非オーム性組成物を伸張させない場合の前記体積抵抗率 ρ に対して 50 倍以下である

ケーブル接続用ユニットが提供される。

[0009] 本開示の更に他の態様によれば、

電力ケーブルが嵌入される筒状のケーブル接続用ユニットであって、
非オーム性組成物により構成される筒状の非オーム性抵抗層と、
前記非オーム性抵抗層の外側を覆うように設けられる絶縁層と、
を有し、

前記非オーム性組成物は、ベースエラストマと、複数の非オーム性粒子と、を有し、

前記複数の非オーム性粒子は、前記ベースエラストマ中で網目状に分散している

ケーブル接続用ユニットが提供される。

[0010] 本開示の更に他の態様によれば、

電力ケーブルが嵌入される筒状のケーブル接続用ユニットの製造方法であって、

ベースエラストマと、複数の非オーム性粒子と、を有する非オーム性組成物を準備する工程と、

前記非オーム性組成物により筒状の非オーム性抵抗層を形成する工程と、
前記非オーム性抵抗層の外側を覆うように絶縁層を形成する工程と、

を有し、

前記非オーム性組成物を準備する工程では、

前記非オーム性組成物に印加する電界強度を E とし、前記非オーム性組成物の体積抵抗率を ρ とし、 $\log E$ に対する $\log \rho$ の傾きの変化量の絶対値が最大となる点での閾値電界強度を E_{th} とし、前記非オーム性組成物を伸張させない場合の $E \geq E_{th}$ の範囲で前記非オーム性組成物の体積抵抗率 ρ を比較したときに、前記非オーム性組成物を50%一軸伸張させた場合の前記体積抵抗率 ρ が、前記非オーム性組成物を伸張させない場合の前記体積抵抗率 ρ に対して50倍以下となるように、前記ベースエラストマと、前記複数の非オーム性粒子と、を混合する

ケーブル接続用ユニットの製造方法が提供される。

[0011] 本開示の更に他の態様によれば、

電力ケーブルが嵌入される筒状のケーブル接続用ユニットの製造方法であって、

ベースエラストマと、複数の非オーム性粒子と、を有する非オーム性組成物を準備する工程と、

前記非オーム性組成物により筒状の非オーム性抵抗層を形成する工程と、

前記非オーム性抵抗層の外側を覆うように絶縁層を形成する工程と、

を有し、

前記非オーム性組成物を準備する工程では、

前記複数の非オーム性粒子を、前記ベースエラストマ中で網目状に分散させる

ケーブル接続用ユニットの製造方法が提供される。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]本開示の第1実施形態に係る非オーム性組成物の一部を拡大した断面図である。

[図2]本開示の第1実施形態に係る非オーム性組成物における電界強度に対する体積抵抗率の一例を示す図である。

[図3]本開示の第1実施形態に係るケーブル接続用ユニットを示す断面図である。

[図4]本開示の第1実施形態に係るケーブル接続構造の製造方法を示すフローチャートである。

[図5]本開示の第2実施形態に係るケーブル接続用ユニットを示す断面図である。

[図6A]実施例に係る非オーム性組成物を走査型電子顕微鏡により観察した観察像を示す図である。

[図6B]比較例に係る非オーム性組成物を走査型電子顕微鏡により観察した観察像を示す図である。

[図7]実施例および比較例のそれぞれの非オーム性組成物における、非オーム性粒子の重心間距離に対する頻度を示す図である。

[図8]実施例の非オーム性組成物における、電界強度に対する体積抵抗率を示す図である。

[図9]比較例の非オーム性組成物における、電界強度に対する体積抵抗率を示す図である。

発明を実施するための形態

[0013] [本開示が解決しようとする課題]

本開示の目的は、電界強度に対する体積抵抗率の特性の安定性を向上させることができる技術を提供することである。

[0014] [本開示の効果]

本開示によれば、電界強度に対する体積抵抗率の特性の安定性を向上させることができる。

[0015] [本開示の実施形態の説明]

<発明者の得た知見>

まず、発明者等が得た知見について説明する。

[0016] 上述したケーブル接続用ユニットは、例えば、電力ケーブルの外径よりも若干小さい内径を有し、拡張された状態で電力ケーブルに外嵌される。この

とき、電力ケーブルの外周を覆うように筒状に構成される非オーム性抵抗層は、周方向に伸長した状態となる。

[0017] ここで、本発明者等は、非オーム性抵抗層を構成する非オーム性組成物が伸張したときに、非オーム性組成物において電界強度に対する体積抵抗率の特性（以下、「 $E-\rho$ 特性」ともいう）が変化してしまう可能性があることを見出した。

[0018] 具体的には、非オーム性組成物が伸張すると、非オーム性粒子とベースエラストマとの界面において、応力が大きくなり、間隙が生じてしまう。このような間隙が生じると、隣接する非オーム性粒子同士が離れ、非オーム性粒子間の距離が長くなる。非オーム性粒子間の距離が長くなると、非オーム性組成物に対して高電界が印加された際に、非オーム性粒子の抵抗が低くなったとしても、非オーム性粒子同士による低抵抗経路が形成され難くなる。このため、非オーム性組成物全体としての抵抗は高い状態で維持され、非オーム性組成物が本来有する $E-\rho$ 特性が得られなくなってしまう。所望の $E-\rho$ 特性が得られないと、局所的に高電界が印加された際に、非オーム性抵抗層において電界を均等に分布させることができない可能性がある。その結果、局所的に高電界が印加された部分で、絶縁破壊が生じてしまうおそれがある。

[0019] 一方で、非オーム性組成物が伸張しても所定の $E-\rho$ 特性が得られるようにするために、非オーム性粒子を高濃度に配合することが考えられる。しかしながら、非オーム性粒子が高濃度に配合されると、ベースエラストマにおける分子同士の絡み合いが減少してしまう。このため、非オーム性組成物の伸び特性および残留伸び特性が低下する可能性がある。

[0020] 本発明者等は、上述のような事象に対して鋭意検討を行った結果、ベースエラストマ中における非オーム性粒子の分散状態を適切に調整することで、非オーム性組成物の伸張時における $E-\rho$ 特性を安定的に維持させることができることを見出した。

[0021] 本開示は、発明者等が見出した上記知見に基づくものである。

[0022] <本開示の実施態様>

次に、本開示の実施態様を列記して説明する。

[0023] [1] 本開示の一態様に係る非オーム性組成物は、

ベースエラストマと、複数の非オーム性粒子と、を有する非オーム性組成物であって、

前記非オーム性組成物に印加する電界強度を E とし、前記非オーム性組成物の体積抵抗率を ρ とし、 $\log E$ に対する $\log \rho$ の傾きの変化量の絶対値が最大となる点での閾値電界強度を E_{th} とし、前記非オーム性組成物を伸張させない場合の $E \geq E_{th}$ の範囲で前記非オーム性組成物の体積抵抗率 ρ を比較したときに、

前記非オーム性組成物を 50%一軸伸張させた場合の前記体積抵抗率 ρ は、前記非オーム性組成物を伸張させない場合の前記体積抵抗率 ρ に対して 50 倍以下である。

この構成によれば、非オーム性組成物の伸張時における電界強度に対する体積抵抗率の特性の安定性を向上させることができる。

[0024] [2] 上記 [1] に記載の非オーム性組成物において、

前記非オーム性組成物を 50%一軸伸張させた場合の、前記閾値電界強度 E_{th} は、前記非オーム性組成物を伸張させない場合の E_{th} に対して 1.4 倍以下である。

この構成によれば、非オーム性組成物の伸張時における電界強度に対する体積抵抗率の特性の安定性を向上させることができる。

[0025] [3] 本開示の他の態様に係る非オーム性組成物は、

ベースエラストマと、複数の非オーム性粒子と、を有する非オーム性組成物であって、

前記非オーム性組成物に印加する電界強度を E とし、前記非オーム性組成物の体積抵抗率を ρ としたときに、

前記非オーム性組成物を 50%一軸伸張させた場合の、 $\log E$ に対する $\log \rho$ の傾きの変化量の絶対値が最大となる点での閾値電界強度 E_{th} は、前

記非オーム性組成物を伸張させない場合の E_{th} に対して 1.4 倍以下である非オーム性組成物。

この構成によれば、非オーム性組成物の伸張時における電界強度に対する体積抵抗率の特性の安定性を向上させることができる。

[0026] [4] 上記 [1] ~ [3] のいずれか 1 つに記載の非オーム性組成物において、

前記非オーム性組成物を 50% 一軸伸張させた場合の、 $E > E_{th}$ における直線部での前記傾きは、前記非オーム性組成物を伸張させない場合の、 $E > E_{th}$ における直線部での前記傾きに対して $\pm 50\%$ 以内である。

この構成によれば、非オーム性組成物の伸張時における電界強度に対する体積抵抗率の特性の安定性を向上させることができる。

[0027] [5] 上記 [1] ~ [4] のいずれか 1 つに記載の非オーム性組成物において、

前記複数の非オーム性粒子は、前記ベースエラストマ中で網目状に分散している。

この構成によれば、非オーム性組成物の伸張時における電界強度に対する体積抵抗率の特性の安定性を向上させることができる。

[0028] [6] 本開示の更に他の態様に係る非オーム性組成物は、

ベースエラストマと、複数の非オーム性粒子と、を有する非オーム性組成物であって、

前記複数の非オーム性粒子は、前記ベースエラストマ中で網目状に分散している。

この構成によれば、非オーム性組成物の伸張時における電界強度に対する体積抵抗率の特性の安定性を向上させることができる。

[0029] [7] 上記 [1] ~ [6] のいずれか 1 つに記載の非オーム性組成物において、

前記複数の非オーム性粒子の重心間距離の以下の式 (1) で求められる変動係数は、0.5 以上である。

変動係数＝標準偏差／平均値・・・（１）

この構成によれば、非オーム性組成物の伸張状態によらず、非オーム性組成物の電界強度に対する体積抵抗率の特性のばらつきを安定的に抑制することができる。

[0030] [８] 上記 [１] ～ [７] のいずれか１つに記載の非オーム性組成物において、

前記非オーム性組成物の断面を見たときに、前記非オーム性粒子を含まない複数の無粒子領域が、前記非オーム性粒子の体積平均粒子径の１．５倍以上の直径を有して存在する。

この構成によれば、非オーム性組成物が伸張した場合に、無粒子領域中のベースエラストマによる優先的な変形を生じさせ易くすることができる。

[0031] [９] 上記 [１] ～ [８] のいずれか１つに記載の非オーム性組成物において、

前記ベースエラストマは、

前記非オーム性粒子に対して相対的に高い相溶性を有するエラストマ（Ａ）と、

前記非オーム性粒子に対して相対的に低い相溶性を有するエラストマ（Ｂ）と、

を有し、

前記エラストマ（Ａ）は、前記エラストマ（Ｂ）よりも前記非オーム性粒子を多く含み、海相を構成し、

前記エラストマ（Ｂ）は、島相を構成する。

この構成によれば、非オーム性粒子がベースエラストマ中で網目状に分散した状態を安定的に形成することができる。

[0032] [１０] 上記 [９] に記載の非オーム性組成物において、

前記エラストマ（Ａ）の溶解度パラメータと前記エラストマ（Ｂ）の溶解度パラメータとの差は、 $0.5 \left(\text{cal} / \text{cm}^3 \right)^{1/2}$ 以上である。

この構成によれば、非オーム性粒子がベースエラストマ中で網目状に分散

した状態を安定的に形成することができる。

[0033] [1 1] 上記 [9] に記載の非オーム性組成物において、

前記エラストマ (A) は、非架橋であり、

前記エラストマ (B) は、架橋されたゴムを含む。

この構成によれば、非オーム性粒子をエラストマ (A) 中に優先的に分散させることができる。

[0034] [1 2] 上記 [9] に記載の非オーム性組成物において、

前記エラストマ (A) は、ゴムを含み、

前記エラストマ (B) は、熱可塑性エラストマを含み、

前記エラストマ (B) の融点は、前記エラストマ (A) の軟化点よりも高い。

この構成によれば、非オーム性粒子をエラストマ (A) 中に優先的に分散させることができる。

[0035] [1 3] 上記 [9] に記載の非オーム性組成物において、

前記エラストマ (A) および前記非オーム性粒子は、前記非オーム性組成物全体の 30% 以上の体積を占める。

この構成によれば、エラストマ (B) により島相を離散的に形成しつつ、エラストマ (A) により海相を連続的に形成することができる。

[0036] [1 4] 上記 [9] に記載の非オーム性組成物において、

前記エラストマ (A) および前記エラストマ (B) は、互いに化学的に結合される。

この構成によれば、エラストマ (A) およびエラストマ (B) における溶解度パラメータの相違に起因した界面強度の低下を抑制することができる。

[0037] [1 5] 本開示の更に他の態様に係るケーブル接続用ユニットは、

電力ケーブルが嵌入される筒状のケーブル接続用ユニットであって、

非オーム性組成物により構成される筒状の非オーム性抵抗層と、

前記非オーム性抵抗層の外側を覆うように設けられる絶縁層と、

を有し、

前記非オーム性組成物は、ベースエラストマと、複数の非オーム性粒子と、を有し、

前記非オーム性組成物に印加する電界強度を E とし、前記非オーム性組成物の体積抵抗率を ρ とし、 $\log E$ に対する $\log \rho$ の傾きの変化量の絶対値が最大となる点での閾値電界強度を E_{th} とし、前記非オーム性組成物を伸張させない場合の $E \geq E_{th}$ の範囲で前記非オーム性組成物の体積抵抗率 ρ を比較したときに、

前記非オーム性組成物を 50%一軸伸張させた場合の前記体積抵抗率 ρ は、前記非オーム性組成物を伸張させない場合の前記体積抵抗率 ρ に対して 50 倍以下である。

この構成によれば、非オーム性組成物の伸張時における電界強度に対する体積抵抗率の特性の安定性を向上させることができる。

[0038] [16] 本開示の更に他の態様に係るケーブル接続用ユニットは、電力ケーブルが嵌入される筒状のケーブル接続用ユニットであって、非オーム性組成物により構成される筒状の非オーム性抵抗層と、前記非オーム性抵抗層の外側を覆うように設けられる絶縁層と、を有し、前記非オーム性組成物は、ベースエラストマと、複数の非オーム性粒子と、を有し、前記複数の非オーム性粒子は、前記ベースエラストマ中で網目状に分散している。

この構成によれば、非オーム性組成物の伸張時における電界強度に対する体積抵抗率の特性の安定性を向上させることができる。

[0039] [17] 本開示の更に他の態様に係るケーブル接続用ユニットの製造方法は、電力ケーブルが嵌入される筒状のケーブル接続用ユニットの製造方法であって、

ベースエラストマと、複数の非オーム性粒子と、を有する非オーム性組成

物を準備する工程と、

前記非オーム性組成物により筒状の非オーム性抵抗層を形成する工程と、

前記非オーム性抵抗層の外側を覆うように絶縁層を形成する工程と、

を有し、

前記非オーム性組成物を準備する工程では、

前記非オーム性組成物に印加する電界強度を E とし、前記非オーム性組成物の体積抵抗率を ρ とし、 $\log E$ に対する $\log \rho$ の傾きの変化量の絶対値が最大となる点での閾値電界強度を E_{th} とし、前記非オーム性組成物を伸張させない場合の $E \geq E_{th}$ の範囲で前記非オーム性組成物の体積抵抗率 ρ を比較したときに、前記非オーム性組成物を 50%一軸伸張させた場合の前記体積抵抗率 ρ が、前記非オーム性組成物を伸張させない場合の前記体積抵抗率 ρ に対して 50 倍以下となるように、前記ベースエラストマと、前記複数の非オーム性粒子と、を混合する。

この構成によれば、非オーム性組成物の伸張時における電界強度に対する体積抵抗率の特性の安定性を向上させることができる。

[0040] [17] 本開示の更に他の態様に係るケーブル接続用ユニットの製造方法は、

電力ケーブルが嵌入される筒状のケーブル接続用ユニットの製造方法であって、

ベースエラストマと、複数の非オーム性粒子と、を有する非オーム性組成物を準備する工程と、

前記非オーム性組成物により筒状の非オーム性抵抗層を形成する工程と、

前記非オーム性抵抗層の外側を覆うように絶縁層を形成する工程と、

を有し、

前記非オーム性組成物を準備する工程では、

前記複数の非オーム性粒子を、前記ベースエラストマ中で網目状に分散させる。

この構成によれば、非オーム性組成物の伸張時における電界強度に対する

体積抵抗率の特性の安定性を向上させることができる。

[0041] [本開示の実施形態の詳細]

次に、本開示の一実施形態を、以下に図面を参照しつつ説明する。なお、本発明はこれらの例示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。

[0042] <本開示の第1実施形態>

(1) 非オーム性組成物（エラストマ組成物）

本実施形態の非オーム性組成物は、例えば、後述するケーブル接続用ユニット10の非オーム性抵抗層220を構成する材料であり、電界強度が大きくなるにつれて、体積抵抗率が非線形に低下する特性を有している。

[0043] ここで、図1を用い、非オーム性組成物の構成について説明する。図1は、本実施形態に係る非オーム性組成物の一部を拡大した断面図である。

[0044] 図1に示すように、本実施形態の非オーム性組成物は、例えば、ベースエラストマ120と、複数の非オーム性粒子140と、を有している。ベースエラストマ120は、例えば、非オーム性組成物の主成分を構成するエラストマ成分を意味し、非オーム性組成物のマトリクス（母相）を構成している。非オーム性粒子140は、例えば、電界強度が大きくなるにつれて、体積抵抗率が非線形に低下する特性を有するセラミック系の粒子（いわゆるバリスタ粒子）として構成されている。

[0045] 本実施形態では、非オーム性粒子140は、例えば、ベースエラストマ120中で網目状に分散している。ここでいう「網目状に分散」とは、例えば、最近接粒子を数珠繋ぎ状に包含する粒子群領域の間に、粒子を含まず1つの粒子の大きさよりも広い範囲を有する無粒子領域が離散的に分布している状態のことを意味する。それぞれの無粒子領域は、粒子群領域によって閉じられた領域となっており、粒子群領域を介して、隣り合う他の無機粒子領域から不連続に分離されている。

[0046] このように非オーム性粒子140が網目状に分散していることで、網目状

の粒子群領域の外側に存在する無粒子領域において、ベースエラストマ 120 が本来有する弾性を維持させることができる。一方で、粒子群領域では、ベースエラストマ 120 と非オーム性粒子 140 との界面において、応力を緩和することができ、間隙の発生を抑制することができる。これにより、非オーム性組成物に対して高電界が印加された際に、非オーム性粒子同士による低抵抗経路を安定的に形成することができる。その結果、非オーム性組成物が伸張した場合であっても、非オーム性組成物が本来有する $E-\rho$ 特性を安定的に維持させることができる。

[0047] 具体的には、本実施形態では、非オーム性粒子 140 の重心間距離の変動係数 (CV) は、例えば、0.5 以上である。ここでの「変動係数 (CV)」は、以下の式 (1) で求められる。

[0048] 変動係数 (CV) = 標準偏差 / 平均値 …… (1)

なお、ここでいう「重心間距離」とは、隣接する複数の粒子の重心間の距離のことを意味する。重心間距離は、例えば、画像解析法により測定される。より具体的には、重心間距離は、例えば、走査型電子顕微鏡 (SEM) により倍率 2000 倍の断面を観察した観察像において、隣接する複数の非オーム性粒子 140 同士の重心の距離として測定される。ここでいう「隣接する粒子」とは、対象とする両粒子の重心を直線で結んだ際に他の粒子を含まない粒子のことである。

[0049] 非オーム性粒子 140 の重心間距離の変動係数が 0.5 未満であると、この状態は、上述の無粒子領域が小さく、非オーム性粒子 140 が均等に分散している状態に相当する。

この場合、非オーム性組成物が伸張すると、非オーム性組成物全体に均等に応力が印加される。このため、非オーム性粒子とベースエラストマとの界面において、応力が大きくなり、間隙が生じてしまう。その結果、非オーム性組成物の伸張状態に応じて、非オーム性組成物の $E-\rho$ 特性がばらつく可能性がある。これに対し、本実施形態では、非オーム性粒子 140 の重心間距離の変動係数を 0.5 以上とすることで、上述の非オーム性粒子 140 がベ

ースエラストマ 120 中で網目状に分散した状態を安定的に形成することができる。これにより、ベースエラストマ 120 と非オーム性粒子 140 との界面において、応力を緩和し易くすることができ、間隙の発生を安定的に抑制することができる。その結果、非オーム性組成物の伸張状態によらず、非オーム性組成物の $E-\rho$ 特性のばらつきを安定的に抑制することができる。

[0050] 一方で、本実施形態では、非オーム性粒子 140 の重心間距離の変動係数は、例えば、0.8 以下であることが好ましい。非オーム性粒子 140 の重心間距離の変動係数が 0.8 超であると、この状態は、非オーム性粒子 140 がベースエラストマ 120 中で構成する網目の間隙が大きくなり、無粒子領域が連続的に分布した状態、或いは、非オーム性粒子 140 がベースエラストマ 120 中で凝集した塊状に分散した状態に相当する。この場合、非オーム性粒子 140 同士の接触により形成される非オーム性粒子 140 の連鎖の数が不十分となる可能性がある。その結果、非オーム性組成物の非オーム性が発現されなくなる可能性がある。これに対し、本実施形態では、非オーム性粒子 140 の重心間距離の変動係数を 0.8 以下とすることで、非オーム性粒子 140 がベースエラストマ 120 中で構成する網目が過剰に大きくなることを抑制し、無粒子領域が連続的に分布することを抑制することができる。或いは、非オーム性粒子 140 がベースエラストマ 120 中で凝集した塊状に分散することを抑制することができる。これにより、非オーム性組成物の非オーム性を安定的に発現させることができる。

[0051] また、本実施形態では、例えば、非オーム性組成物の断面を見たときに、非オーム性粒子 140 を含まない複数の無粒子領域が、非オーム性粒子 140 の体積平均粒子径の 1.5 倍以上の直径を有して存在している。断面視での無粒子領域の直径が非オーム性粒子 140 の体積平均粒子径の 1.5 倍未満であると、非オーム性組成物が伸張した場合に、無粒子領域中のベースエラストマ 120 による優先的な変形が起こり難い。このため、粒子群領域では、非オーム性粒子とベースエラストマとの界面において、間隙が生じる可能性がある。その結果、非オーム性組成物の $E-\rho$ 特性のばらつき抑制効果

が得られ難くなる可能性がある。これに対し、本実施形態では、断面視での無粒子領域の直径を非オーム性粒子 140 の体積平均粒子径の 1.5 倍以上に確保することで、非オーム性組成物が伸張した場合に、無粒子領域中のベースエラストマ 120 による優先的な変形を生じさせ易くすることができる。これにより、ベースエラストマ 120 と非オーム性粒子 140 との界面において、間隙の発生を安定的に抑制することができる。その結果、非オーム性組成物の $E-\rho$ 特性のばらつき抑制効果を安定的に得ることができる。

[0052] なお、ここでいう「体積平均粒子径 (MV)」は、粒子の粒子径を d_i 、粒子の体積 V_i としたとき、以下の式で求められる。

$$MV = \Sigma (V_i d_i) / \Sigma V_i$$

なお、体積平均粒子径の測定には、動的光散乱式粒子径・粒度分布測定装置が用いられる。

[0053] なお、断面視での無粒子領域の大きさの上限値は、特に限定されるものではないが、伸張時の応力ばらつきを抑制する観点から、断面視での無粒子領域の直径は、例えば、非オーム性粒子 140 の体積平均粒子径の 10 倍以下であることが好ましい。

[0054] 本実施形態では、上述のように非オーム性粒子 140 がベースエラストマ 120 中で網目状に分散した状態を形成するため、非オーム性組成物は、例えば、相分離構造を有している。

[0055] 具体的には、ベースエラストマ 120 は、例えば、非オーム性粒子 140 に対して相対的に高い相溶性を有する（後述の溶解度パラメータの差が小さい）エラストマ (A) 122 と、非オーム性粒子 140 に対して相対的に低い相溶性を有する（溶解度パラメータの差が大きい）エラストマ (B) 124 と、を有している。すなわち、エラストマ (A) 122 とエラストマ (B) 124 とでは、非オーム性粒子 140 に対する相溶性が互いに異なることで、相分離構造を形成することができる。

[0056] エラストマ (A) 122 は、例えば、非オーム性粒子 140 に対して相対的に高い相溶性を有することで、エラストマ (B) 124 よりも非オーム性

粒子140を多く含んでいる。また、エラストマ(A)122は、例えば、非オーム性粒子140を含んだ状態で、海相(連続相)を構成している。すなわち、エラストマ(A)122が構成する海相は、例えば、上述した粒子群領域を含んでいる。

[0057] 一方、エラストマ(B)124は、例えば、島相(分散相)を構成している。エラストマ(B)124が構成する島相は、例えば、非オーム性粒子140に対して相対的に低い相溶性を有することで、上述した無粒子領域を含んでいる。当該島相の全体が、無粒子領域であることが好ましい。なお、島相の少なくとも一部に非オーム性粒子140が含まれていてもよい。この場合、島相に含まれる非オーム性粒子140は、上述の海相に含まれる非オーム性粒子140よりも小さいことが好ましい。

[0058] エラストマ(A)122が構成する海相と、エラストマ(B)124が構成する島相とにより、上述のように非オーム性粒子140がベースエラストマ120中で網目状に分散した状態を形成することができる。

[0059] ここで、本実施形態のエラストマ(A)122とエラストマ(B)124とは、例えば、互いに異なる溶解度パラメータを有している。

[0060] なお、「溶解度パラメータ(SP値)」とは、ヒルデブランドによって導入された正則溶液論により定義された値であり、2成分の溶解度の目安となるものである。溶解度パラメータは、 1 cm^3 の液体が蒸発するために必要な蒸発熱の平方根(cal/cm^3)^{1/2}から計算される。なお、溶解度パラメータは、Fedorsの方法(Polymer engineering and science, vol. 14, P152)によって求めることができる。2成分の溶解度パラメータの差が小さいと、2成分同士の相溶性が高いことを意味する。

[0061] 本実施形態では、エラストマ(A)122の溶解度パラメータとエラストマ(B)124の溶解度パラメータとの差は、例えば、 $0.5(\text{cal}/\text{cm}^3)^{1/2}$ 以上、好ましくは $1.0(\text{cal}/\text{cm}^3)^{1/2}$ 以上である。溶解度パラメータの差が $0.5(\text{cal}/\text{cm}^3)^{1/2}$ 未満であると、相分離構造の形成が

困難となる。これに対し、本実施形態では、溶解度パラメータの差を $0.5 (caI / cm^3)^{1/2}$ 以上とすることで、相分離構造を安定的に形成することができる。これにより、非オーム性粒子 140 がベースエラストマ 120 中で網目状に分散した状態を安定的に形成することができる。さらに、溶解度パラメータの差を $1.0 (caI / cm^3)^{1/2}$ 以上とすることで、非オーム性粒子 140 がベースエラストマ 120 中で網目状に分散した状態をより安定的に形成することができる。

[0062] なお、エラストマ (A) 122 の溶解度パラメータとエラストマ (B) 124 の溶解度パラメータとの差の上限値は、特に限定されるものではないが、例えば、 $2.5 (caI / cm^3)^{1/2}$ であることが望ましい。溶解度パラメータの差が、 $2.5 (caI / cm^3)^{1/2}$ よりも大きい場合、非オーム性組成物が伸長された際に、エラストマ (A) 122 とエラストマ (B) 124 との界面に剥離が生じやすく、機械特性が発現されない可能性がある。

[0063] なお、本実施形態では、エラストマ (B) 124 の溶解度パラメータ、エラストマ (A) 122 の溶解度パラメータ、および非オーム性粒子 140 の溶解度パラメータは、この順で大きくなっていることが好ましい。

[0064] 具体的には、非オーム性粒子 140 の溶解度パラメータは、例えば、 $12.0 (caI / cm^3)^{1/2}$ 以上 $20.0 (caI / cm^3)^{1/2}$ 以下である。エラストマ (A) 122 の溶解度パラメータは、例えば、 $8.0 (caI / cm^3)^{1/2}$ 以上 $11.5 (caI / cm^3)^{1/2}$ 以下である。エラストマ (B) 124 の溶解度パラメータは、例えば、 $7.0 (caI / cm^3)^{1/2}$ 以上 $9.0 (caI / cm^3)^{1/2}$ 以下である。これらの溶解度パラメータがそれぞれ上述の範囲内で上述した大小関係を満たすように、各材料が選択される。これにより、上述の相分離構造を安定的に形成することができる。

[0065] また、本実施形態では、エラストマ (A) 122 および非オーム性粒子 140 は、例えば、非オーム性組成物全体の 30% 以上の体積を占めている。エラストマ (A) 122 および非オーム性粒子 140 が占める体積が非オーム性組成物全体の 30% 未満であると、エラストマ (A) が離散的に分布し

、海相が形成されなくなる。このため、非オーム性粒子 140 がベースエラストマ 120 中で網目状に分散した状態の形成が困難となる。これに対し、本実施形態では、エラストマ (A) 122 および非オーム性粒子 140 が占める体積を非オーム性組成物全体の 30% 以上とすることで、エラストマ (B) 124 により島相を離散的に形成しつつ、エラストマ (A) 122 により海相を連続的に形成することができる。これにより、非オーム性粒子 140 がベースエラストマ 120 中で網目状に分散した状態を安定的に形成することができる。その結果、非オーム性組成物の $E-\rho$ 特性のばらつき抑制効果を安定的に得ることができる。

[0066] 一方で、本実施形態では、エラストマ (A) 122 および非オーム性粒子 140 は、例えば、非オーム性組成物全体の 70% 以下の体積を占めていることが好ましい。エラストマ (A) 122 および非オーム性粒子 140 が占める体積が非オーム性組成物全体の 70% 超であると、エラストマ (B) が構成する島相が過剰に小さくなってしまう。このため、非オーム性組成物が伸張した場合に、エラストマ (B) による優先的な変形が起こり難い。その結果、非オーム性組成物の $E-\rho$ 特性のばらつき抑制効果が得られ難くなる可能性がある。これに対し、本実施形態では、エラストマ (A) 122 および非オーム性粒子 140 が占める体積を非オーム性組成物全体の 70% 以下とすることで、エラストマ (B) が構成する島相が過剰に小さくなることを抑制することができる。これにより、非オーム性組成物が伸張した場合に、エラストマ (B) による優先的な変形を生じさせ易くすることができる。その結果、非オーム性組成物の $E-\rho$ 特性のばらつき抑制効果を安定的に得ることができる。

[0067] また、本実施形態では、エラストマ (A) 122 およびエラストマ (B) 124 は、例えば、互いに化学的に結合される。エラストマ (A) 122 およびエラストマ (B) 124 は、例えば、硫黄および有機過酸化物のうち少なくともいずれかの架橋剤により架橋される。これにより、エラストマ (A) 122 およびエラストマ (B) 124 における溶解度パラメータの相違に

起因した界面強度の低下を抑制することができる。その結果、非オーム性組成物の残留伸びを小さくすることができ、かつ長時間に亘る応力緩和を抑制することができる。

[0068] また、本実施形態では、エラストマ（Ａ）１２２およびエラストマ（Ｂ）１２４は、例えば、それぞれ、絶縁性を有している。具体的には、エラストマ（Ａ）１２２およびエラストマ（Ｂ）１２４のそれぞれの体積抵抗率は、例えば、 $1.0 \times 10^9 \Omega \cdot \text{cm}$ 以上である。これにより、低電界が印加された際には、非オーム性組成物の所定の絶縁性を得ることができる。

[0069] また、本実施形態では、エラストマ（Ｂ）１２４の弾性率は、例えば、エラストマ（Ａ）１２２の弾性率よりも低いことが好ましい。これにより、非オーム性組成物が伸張した場合に、エラストマ（Ｂ）による優先的な変形を生じさせ易くすることができ、エラストマ（Ａ）における応力の集中を抑制することができる。

[0070] 上述の条件を満たすエラストマ（Ａ）としては、例えば、エチレンプロピレンゴム（ＥＰＲ）、エチレンプロピレンジエンゴム（ＥＰＤＭ）、スチレンブタジエンゴム（ＳＢＲ）、エピクロロヒドリンゴム（ＣＯ）、クロロプレンゴム（ＣＲ）、クロロスルホン化ポリエチレンゴム（ＣＳＭ）、ニトリルゴム（ＮＢＲ）、アクリルゴム（ＡＣＭ）、エチレンアクリルゴム（ＡＥＭ）、エチレン酢酸ビニル共重合体（ＥＶＭ）、ウレタンゴム（Ｕ）などが挙げられる。

[0071] また、上述の条件を満たすエラストマ（Ｂ）としては、例えば、フッ素ゴム（ＦＫＭ）、シリコーンゴム（Ｑ）、エチレンプロピレンゴム（ＥＰＲ）、エチレンプロピレンジエンゴム（ＥＰＤＭ）、スチレンブタジエンゴム（ＳＢＲ）、エピクロロヒドリンゴム（ＣＯ）、クロロプレンゴム（ＣＲ）などが挙げられる。

[0072] なお、上述のエラストマ（Ａ）およびエラストマ（Ｂ）の両条件をともに満たすエラストマ、例えばＥＰＲ、ＥＰＤＭ、ＳＢＲ、ＣＯ、ＣＲなどは、対になるエラストマにより、非オーム性粒子１４０を多く含む海相、或いは

、無粒子領域を含む島相のいずれにもなりうる。

[0073] 具体的には、EPDM（SP値：8.0）は、例えば、シリコンゴム（SP値：7.3）をエラストマ（B）としたときにはエラストマ（A）とすることができるが、よりSP値の高いエラストマ（Uなど）をエラストマ（A）としたときにはエラストマ（B）とすることができる。

[0074] また、本実施形態で用いられる非オーム性粒子140は、例えば、結晶部と、粒界部とを有している。非オーム性粒子140は、臨界電界強度以下の電界が印加されたときに粒界部が高抵抗を示すことで、絶縁体として作用する。一方で、非オーム性粒子140は、臨界電界強度超の電界が印加されたときに、隣接する一对の結晶部間の粒界部を貫通して電流が流れることで、導電体として作用する。

[0075] 非オーム性粒子140の結晶部は、例えば、酸化亜鉛、炭化ケイ素、チタン酸ストロンチウムおよびチタン酸バリウムのうち少なくともいずれか1つを含んでいる。非オーム性粒子140の結晶部が酸化亜鉛を主体とする場合、非オーム性粒子140の粒界部は、例えば、ビスマス、アンチモン、マンガ、コバルトおよびニッケルのうち少なくともいずれか1つを含む酸化物を含んでいる。

[0076] また、本実施形態では、非オーム性粒子140の最大粒子径は、特に限定されるものではないが、例えば、 $30\mu\text{m}$ 以下、好ましくは $10\mu\text{m}$ 以下である。非オーム性粒子140の最大粒子径を $30\mu\text{m}$ 以下とすることで、非オーム性組成物の絶縁破壊電界強度を向上させることができる。さらに、非オーム性粒子140の最大粒子径を $30\mu\text{m}$ 以下とすることで、非オーム性組成物の絶縁破壊電界強度を安定的に向上させることができる。なお、非オーム性粒子140の最大粒子径の下限值は、特に限定されるものではないが、所望の非オーム性を安定的に得る観点から、 $1.5\mu\text{m}$ である。

[0077] また、本実施形態では、非オーム性組成物中における非オーム性粒子140の配合量は、非オーム性組成物に求められる特性に応じて適宜調整される。具体的には、非オーム性粒子140の配合量は、例えば、ベースエラスト

マ 1 2 0 に対する体積比率で 0.1 以上 0.5 以下であることが好ましい。非オーム性粒子 1 4 0 の配合量をベースエラストマ 1 2 0 に対する体積比率で 0.1 以上とすることで、非オーム性組成物の所定の $E-\rho$ 特性を安定的に得ることができる。一方で、非オーム性粒子 1 4 0 の配合量をベースエラストマに対する体積比率で 0.5 以下とすることで、非オーム性組成物の所定の引張特性を安定的に得ることができる。

[0078] また、本実施形態では、非オーム性粒子 1 4 0 は、例えば、シランカップリング剤により表面処理されていてもよい。具体的には、シランカップリング剤としては、例えば、トリメトキシビニルシラン、トリエトキシビニルシラン、メチルジメトキシビニルシランなどを用いることができる。これにより、エラストマ (A) 1 2 2 への分散性を調整し、効果的に無粒子領域を形成することができる。その結果、非オーム性組成物の所定の $E-\rho$ 特性を発現することができる。

[0079] なお、非オーム性組成物には、他の添加剤を適宜配合してもよい。例えば、架橋剤、酸化防止剤、可塑剤などを用いることができる。

[0080] (非オーム性組成物の特性)

次に、図 2 を用い、本実施形態の非オーム性組成物が示す特性について説明する。図 2 は、本実施形態に係る非オーム性組成物における電界強度に対する体積抵抗率の一例を示す図である。

[0081] なお、ここで、電界強度を E とし、体積抵抗率を ρ とする。また、 $\log E$ に対する $\log \rho$ の傾きの変化量の絶対値が最大となる点を「低下開始点」とし、非オーム性組成物を伸張させない場合の低下開始点を「 P_1 」とし、非オーム性組成物を 50%一軸伸張させた場合の低下開始点を「 P_2 」とする。なお、ここでいう「 $\log E$ に対する $\log \rho$ の傾き」とは「 E および ρ を両対数グラフにプロットしたときの E に対する ρ の傾き」と言い換えることができる。また、低下開始点での電界強度 E を「閾値電界強度 E_{th} 」とし、非オーム性組成物を伸張させない場合の低下開始点 P_1 での閾値電界強度 E_{th} を「 E_1 」とし、非オーム性組成物を 50%一軸伸張させた場合の低下開始点 P_2

での閾値電界強度 E_{th} を「 E_2 」とする。

[0082] 本実施形態では、上述のように、非オーム性粒子 140 がベースエラストマ 120 中で網目状に分散していることで、非オーム性組成物が伸張した場合であっても、非オーム性組成物が本来有する $E-\rho$ 特性を安定的に維持させることができる。

[0083] 具体的には、図 2 に示すように、本実施形態では、非オーム性組成物を伸張させない場合の $E \geq E_1$ の範囲で非オーム性組成物の体積抵抗率 ρ を比較したときに、非オーム性組成物を 50% 一軸伸張させた場合の体積抵抗率 ρ は、例えば、非オーム性組成物を伸張させない場合の体積抵抗率 ρ に対して、50 倍以下、好ましくは 20 倍以下である。

[0084] 本実施形態では、非オーム性組成物を 50% 一軸伸張させた場合の低下開始点 P_2 での閾値電界強度 E_2 は、例えば、非オーム性組成物を伸張させない場合の低下開始点 P_1 での閾値電界強度 E_1 に対して 1.4 倍以下、好ましくは 1.2 倍以下である。

[0085] なお、 E_1 に対する E_2 の比率の下限值は、特に限定されるものではないが、 E_1 に対する E_2 の比率は、例えば、0.6 倍以上が好ましく、0.8 倍以上がより好ましく、1.0 倍以上がさらに好ましい。

[0086] また、本実施形態では、非オーム性組成物を 50% 一軸伸張させた場合の、 $E > E_2$ における直線部での傾きは、例えば、非オーム性組成物を伸張させない場合の、 $E > E_1$ における直線部での傾きに対して $\pm 50\%$ 以内、好ましくは $\pm 30\%$ 以内である。

[0087] なお、ここでいう「 $E > E_{th}$ における直線部での傾き」とは、例えば、 $E > E_{th}$ の範囲で、連続した複数の測定点から、最小二乗法で近似した際に、その相関係数が -0.99 以下となる範囲での傾きである。また、「 $E > E_{th}$ における直線部での傾き」を求めるときの E の上限値は、任意であるため限定されるものではないが、例えば、 $3E_{th}$ 、好ましくは $2E_{th}$ である。

[0088] (2) ケーブル接続用ユニット

図 3 を用い、本実施形態に係るケーブル接続用ユニットについて説明する

。図3は、本実施形態に係るケーブル接続用ユニットを示す断面図である。

[0089] 以下において、電力ケーブル（不図示）またはケーブル接続用ユニット10の「軸方向」とは、電力ケーブルまたはケーブル接続用ユニット10の中心軸の方向のことをいい、「沿層方向」「長手方向」と言い換えることができる。なお、ケーブル接続用ユニット10の軸方向とは、中空部202の軸方向と言い換えることもできる。また、電力ケーブルまたはケーブル接続用ユニット10の「径方向」とは、電力ケーブルまたはケーブル接続用ユニット10の中心軸から外周に向かう方向のことをいい、場合によっては「厚さ方向」「短手方向」と言い換えることができる。

[0090] また、以下において、ケーブル接続用ユニット10の軸方向の端部のうち、電力ケーブルの先端が配置される側の端部を「先端」といい、電力ケーブルの先端と反対側（延在側）の端部を「後端」という。

[0091] 図3に示すように、本実施形態のケーブル接続用ユニット（ケーブル終端接続用ユニット）10は、例えば、電力ケーブルが嵌入されるよう筒状に構成されている。これにより、電力ケーブルの外側における電界を緩和し、絶縁性を確保することができる。

[0092] 本実施形態のケーブル接続用ユニット10は、例えば、電力ケーブルと架空送電線（不図示）等とを接続するケーブル終端接続構造（気中終端接続部）に用いられるよう構成されている。ケーブル終端接続構造では、例えば、段階的に剥がされた電力ケーブルの外周にケーブル接続用ユニット10が外嵌された状態で、碍管（不図示）内に電力ケーブルが挿入され、碍管内に絶縁媒体が充填される。なお、絶縁媒体は、例えば、絶縁油または絶縁ガスである。

[0093] なお、ここでいう電力ケーブルとは、いわゆるCVケーブル（Cross linked polyethylene insulated PVC sheathed cable、XLPEケーブルともいう）として構成され、例えば、中心軸から外周に向けて、ケーブル導体（不図示）、ケーブル内部半導電層（不図示）、ケーブル絶縁層（不図示）、ケーブル外部半導電

層（不図示）、ケーブル金属被（不図示）、およびケーブルシース（不図示）を有するものである。

[0094] 図3に示すように、本実施形態のケーブル接続用ユニット10は、例えば、非オーム性抵抗層（FGM層：Field Grading Material Layer）220と、半導電コーン部（半導電部、ストレスコーン部）240と、絶縁層260と、を有している。

[0095] （非オーム性抵抗層）

非オーム性抵抗層220は、例えば、上述したベースエラストマ120および複数の非オーム性粒子140を含む非オーム性組成物により構成されている。非オーム性抵抗層220では、例えば、エラストマ（A）122およびエラストマ（B）124が、架橋によって互いに化学的に結合されている。

[0096] 非オーム性抵抗層220は、例えば、中空部202を構成するよう筒状に設けられている。非オーム性抵抗層220は、例えば、ケーブル接続用ユニット10の軸方向の全長に亘って設けられ、中空部202内に電力ケーブルが嵌入されたときに、電力ケーブルのうち露出したケーブル絶縁層および露出したケーブル外部半導電層のそれぞれの外周を覆うように構成されている。

[0097] 非オーム性抵抗層220が構成する中空部202の内径は、例えば、電力ケーブルの外径よりも若干小さい。非オーム性抵抗層220は、拡張された状態で電力ケーブルに外嵌され、周方向に伸張した状態となる。これにより、中空部202内に電力ケーブルが弾性的に嵌合し、非オーム性抵抗層220の内周面に電力ケーブルが気密に密着するようになっている。

[0098] 中空部202内に電力ケーブルが嵌入されたときには、非オーム性抵抗層220のうちケーブル接続用ユニット10の後端側は、ケーブル外部半導電層に接するため、接地される。一方で、非オーム性抵抗層220のうちケーブル接続用ユニット10の先端側は、電力ケーブルのケーブル導体とほぼ同電位となり、すなわち、高電位となる。

[0099] 本実施形態では、非オーム性抵抗層 220 が中空部 202 を構成しケーブル絶縁層を覆うように配置されることで、ケーブル接続用ユニット 10 の先端側で、電力ケーブルのケーブル絶縁層と、ケーブル接続用ユニット 10 の絶縁層 260 と、碍管内に充填される絶縁媒体と、が接近する部分（三重点ともいう）において、局所的な電界集中が生じたときに、非オーム性抵抗層 220 の抵抗を低減させることができる。これにより、ケーブル接続用ユニット 10 の軸方向に沿った断面を見たときに、非オーム性抵抗層 220 内において、ケーブル接続用ユニット 10 の先端側から後端側に向けて、等電位線を均等に分布（分散）させることができる。その結果、ケーブル接続用ユニット 10 の先端側での電界集中を緩和させ、絶縁破壊などの電气的リスクを低減させることができる。

[0100] （半導電コーン部）

半導電コーン部 240 は、例えば、半導電性を有している。具体的には、半導電コーン部 240 は、例えば、半導電性ゴムを含んでいる。半導電性ゴムは、例えば、エチレンプロピレンゴムまたはシリコンゴムと、カーボンブラックと、を有する組成物である。

[0101] 半導電コーン部 240 は、例えば、円錐状（ラッパ状）に構成され、いわゆるストレスコーンを形成している。具体的には、半導電コーン部 240 は、例えば、非オーム性抵抗層 220 よりもケーブル接続用ユニット 10 の径方向の外側に設けられている。また、例えば、半導電コーン部 240 のうちケーブル接続用ユニット 10 の軸方向の後端側は、非オーム性抵抗層 220 に接してもよいし、離れていてもよい。また、半導電コーン部 240 は、例えば、当該非オーム性抵抗層 220 に近接する部分からケーブル接続用ユニット 10 の軸方向の先端側に向けて非オーム性抵抗層 220 から徐々に離間するように傾斜する傾斜面 242 を有している。これにより、ケーブル接続用ユニット 10 の軸方向に沿った断面を見たときに、半導電コーン部 240 の傾斜面 242 に沿って等電位線を形成することができ、等電位線を均等に分布させることができる。

[0102] (絶縁層)

絶縁層 260 は、例えば、半導電コーン部 240 等よりも高い絶縁性を有している。具体的には、絶縁層 260 は、例えば、絶縁性ゴムを含んでいる。絶縁性ゴムは、例えば、エチレンプロピレンゴムまたはシリコンゴムである。

[0103] 絶縁層 260 は、非オーム性抵抗層 220 および半導電コーン部 240 を覆うように設けられている。絶縁層 260 は、例えば、非オーム性抵抗層 220 と半導電コーン部 240 の傾斜面 242 との間に入り込むように設けられている。

[0104] また、絶縁層 260 は、例えば、ケーブル接続用ユニット 10 の軸方向の先端に近づくにつれて徐々に縮径している。上述のように、非オーム性抵抗層 220 が設けられている点に加え、ケーブル接続用ユニット 10 の絶縁層 260 の先端が徐々に縮径していることで、上記三重点での電界をさらに緩和することができる。

[0105] 以上の非オーム性抵抗層 220、半導電コーン部 240 および絶縁層 260 は、例えば、一体的に結合するようモールド成形されている。これにより、ケーブル接続構造を製造（構築）する現場における作業を容易にすることができる。また、現場において、各層間でのボイドの形成や各層間への不純物の混入を抑制することができる。なお、非オーム性抵抗層 220、半導電コーン部 240 および絶縁層 260 は、分離されていてもよい。

[0106] (3) ケーブル接続用ユニットの製造方法およびケーブル接続構造の製造方法（ケーブル接続方法）

次に、図 4 を用い、本実施形態に係るケーブル接続用ユニットの製造方法およびケーブル接続構造の製造方法について説明する。図 4 は、本実施形態に係るケーブル接続構造の製造方法を示すフローチャートである。以下、ステップを「S」と略している。

[0107] 本実施形態のケーブル接続構造の製造方法は、例えば、ケーブル接続用ユニット作製工程（ケーブル接続用ユニット製造工程）S120 と、電力ケー

ブル準備工程 S 1 4 0 と、嵌入工程 S 1 6 0 と、碍管内挿入工程 S 1 8 0 と、を有している。

[0108] (S 1 2 0 : ケーブル接続用ユニット作製工程)

まず、非オーム性抵抗層 2 2 0、半導電コーン部 2 4 0 および絶縁層 2 6 0 を有する筒状のケーブル接続用ユニット 1 0 を作製する。ケーブル接続用ユニット作製工程 S 1 2 0 は、例えば、非オーム性組成物準備工程 S 1 2 2 と、非オーム性抵抗層形成工程 S 1 2 4 と、半導電コーン部形成工程 S 1 2 6 と、絶縁層形成工程 S 1 2 8 と、を有している。

[0109] (S 1 2 2 : 非オーム性組成物準備工程)

まず、ベースエラストマ 1 2 0 と非オーム性粒子 1 4 0 とを準備する。

[0110] 本実施形態では、ベースエラストマ 1 2 0 として、例えば、非オーム性粒子 1 4 0 に対して相対的に高い相溶性を有するエラストマ (A) 1 2 2 と、非オーム性粒子 1 4 0 に対して相対的に低い相溶性を有するエラストマ (B) 1 2 4 と、を準備する。

[0111] また、本実施形態では、非オーム性粒子 1 4 0 として、結晶部と、粒界部とを有する、いわゆるバリスタ粒子を準備する。

[0112] ベースエラストマ 1 2 0 と非オーム性粒子 1 4 0 とを準備したら、これらを混合 (混練) する。

[0113] このとき、本実施形態では、例えば、非オーム性粒子 1 4 0 をベースエラストマ 1 2 0 中で網目状に分散させる。

[0114] また、このとき、本実施形態では、例えば、非オーム性組成物を伸張させない場合の $E \geq E_{th}$ の範囲で非オーム性組成物の体積抵抗率 ρ を比較したときに、非オーム性組成物を 5 0 % 一軸伸張させた場合の体積抵抗率 ρ が、非オーム性組成物を伸張させない場合の体積抵抗率 ρ に対して 5 0 倍以下となるように、ベースエラストマと非オーム性粒子とを混合する。

[0115] また、このとき、本実施形態では、例えば、非オーム性組成物を 5 0 % 一軸伸張させた場合の低下開始点 P_2 での閾値電界強度 E_2 が、非オーム性組成物を伸張させない場合の低下開始点 P_1 での閾値電界強度 E_1 に対して 1. 4 倍以

下となるように、ベースエラストマと非オーム性粒子とを混合する。

[0116] 具体的には、このとき、ベースエラストマ 120 として、上述のように、非オーム性粒子 140 に対して相対的に高い相溶性を有するエラストマ (A) 122 と、非オーム性粒子 140 に対して相対的に低い相溶性を有するエラストマ (B) 124 と、を混合することで、エラストマ (A) 122 によって、非オーム性粒子 140 を多く含んだ状態で、海相を構成することができ、エラストマ (B) 124 によって島相を構成することができる。その結果、非オーム性粒子 140 をベースエラストマ 120 中で網目状に分散させることができる。

[0117] なお、このとき、例えば、エラストマ (A) 122 とエラストマ (B) 124 と非オーム性粒子 140 とを同時に混合する。このように 3 種の材料を同時に混合したとしても、エラストマ (A) 122 とエラストマ (B) 124 との相溶性の相違により、エラストマ (A) 122 においてエラストマ (B) 124 よりも非オーム性粒子 140 を多く含有させ、非オーム性粒子 140 をベースエラストマ 120 中で網目状に分散させることができる。

[0118] また、このとき、例えば、エラストマ (A) 122 および非オーム性粒子 140 を、非オーム性組成物全体の 30% 以上の体積を占めるように配合する。これにより、非オーム性粒子 140 がベースエラストマ 120 中で網目状に分散した状態を安定的に形成することができる。

[0119] なお、必要に応じて、他の添加剤（架橋剤、酸化防止剤、可塑剤など）を添加する。

[0120] 以上により、本実施形態の非オーム性組成物が得られる。

[0121] (S 124 : 非オーム性抵抗層形成工程)

非オーム性組成物を準備したら、所定の芯金を有する金型を用い、該金型内に非オーム性組成物を注入し、所定の温度で加熱することで架橋させる。これにより、非オーム性抵抗層 220 を形成する。その結果、非オーム性抵抗層 220 が、中空部 202 を構成するように筒状に形成される。

[0122] (S 126 : 半導電コーン部形成工程)

所定の円錐状の空隙を有する金型を用い、該金型内に半導電性樹脂組成物を注入することにより、半導電コーン部 240 を形成する。このとき、半導電コーン部 240 において、中空部 202 の軸方向の一端側から他端側に向けて拡径するように傾斜する傾斜面 242 を形成する。

[0123] (S 1 2 8 : 絶縁層形成工程)

非オーム性抵抗層 220 および半導電コーン部 240 を形成したら、中空部 202 を構成する芯金を有する金型を用い、芯金の外周を覆うように非オーム性抵抗層 220 を配置する。非オーム性抵抗層 220 を配置したら、半導電コーン部 240 の一端側を非オーム性抵抗層 220 の外側に半導電コーン部 240 を配置する。

[0124] 金型内に非オーム性抵抗層 220 および半導電コーン部 240 を配置したら、金型内に絶縁性樹脂組成物を注入することにより、非オーム性抵抗層 220 および半導電コーン部 240 を覆うように、絶縁層 260 を形成する。

[0125] 成形が完了したら、金型から成形体を取り出し、成形体から不要部分を除去する。

[0126] 以上により、本実施形態のケーブル接続用ユニット 10 が製造される。このようにして、本実施形態のケーブル接続用ユニット 10 が現場施工可能な状態で準備される。

[0127] (S 1 4 0 : 電力ケーブル準備工程)

現場施工時には、電力ケーブルを、先端から軸方向に段階的に剥がすことにより、ケーブル導体、ケーブル絶縁層およびケーブル外部半導電層を、電力ケーブルの先端側からこの順で露出させる。

[0128] (S 1 6 0 : 嵌入工程)

ケーブル接続用ユニット 10 および電力ケーブルを準備したら、ケーブル接続用ユニット 10 の中空部 202 内に電力ケーブルを嵌入させる。本実施形態では、例えば、以下の拡径装着工法を採用することができる。

[0129] まず、電力ケーブルの外径よりも大きい外径を有する拡径パイプを準備する。拡径パイプは例えば軸方向に沿った分断面で分割されている。拡径パイ

プを準備したら、ケーブル接続用ユニット 10 の中空部 202 内に拡張パイプを挿入し、ケーブル接続用ユニット 10 を予め拡張させる。ケーブル接続用ユニット 10 を拡張させたら、拡張パイプ内に電力ケーブルを挿通させ、ケーブル接続用ユニット 10 を所定の装着位置に配置する。ケーブル接続用ユニット 10 を配置したら、ケーブル接続用ユニット 10 の中空部 202 から拡張パイプを取り外し、ケーブル接続用ユニット 10 を縮径させる。これにより、ケーブル接続用ユニット 10 の中空部 202 内に電力ケーブルを嵌入させることができる。

[0130] (S 180 : 碍管内挿入工程)

ケーブル接続用ユニット 10 の中空部 202 内に電力ケーブルを嵌入させたら、ケーブル接続用ユニット 10 が外嵌された状態の電力ケーブルを所定の碍管内に挿入する。電力ケーブルを碍管内に挿入したら、ケーブル導体の先端を碍管の上部に固定し、電力ケーブルの延在側を所定のフランジによって碍管の下部に固定する。

[0131] 電力ケーブルを碍管に固定したら、碍管内に所定の絶縁媒体を充填する。

[0132] 以上により、本実施形態のケーブル接続構造が製造される。

[0133] (4) 本実施形態に係る効果

本実施形態によれば、以下に示す 1 つ又は複数の効果を奏する。

[0134] (a) 本実施形態の非オーム性組成物では、非オーム性粒子 140 は、ベースエラストマ 120 中で網目状に分散している。このように非オーム性粒子 140 が網目状に分散していることで、網目状の粒子群領域の外側に存在する無粒子領域において、ベースエラストマ 120 が本来有する弾性を維持させることができる。これにより、非オーム性組成物が伸張した場合に、無粒子領域中のベースエラストマ 120 を優先的に変形させることができる。一方で、粒子群領域では、ベースエラストマ 120 と非オーム性粒子 140 との界面において、応力を緩和することができ、間隙の発生を抑制することができる。これにより、隣接する非オーム性粒子 140 同士が離れることを抑制し、非オーム性粒子 140 間の距離が長くなることを抑制することができる。

る。非オーム性粒子 140 間の距離が長くなることを抑制することで、非オーム性組成物に対して高電界が印加された際に、非オーム性粒子同士による低抵抗経路を安定的に形成することができる。その結果、非オーム性組成物が伸張した場合であっても、非オーム性組成物が本来有する $E-\rho$ 特性を安定的に維持させることができる。

[0135] (b) 非オーム性組成物が伸張した場合であっても、非オーム性組成物の $E-\rho$ 特性を安定的に維持させることで、ケーブル接続用ユニット 10 が拡張された状態で電力ケーブルに外嵌された場合に、局所的に高電界が印加された際に、非オーム性組成物により構成される非オーム性抵抗層において電界を均等に分布させることができる。その結果、ケーブル接続用ユニット 10 において絶縁破壊の発生を抑制することができる。

[0136] (c) 非オーム性組成物が伸張した場合であっても、非オーム性組成物の $E-\rho$ 特性を安定的に維持させることで、ケーブル接続用ユニット 10 を予め拡張してから電力ケーブルに装着する拡張装着工法を採用することができる。拡張装着工法を採用したとしても、非オーム性組成物の $E-\rho$ 特性に不可逆的な変化を生じさせることなく、非オーム性抵抗層の電界緩和効果を安定的に得ることが可能となる。

[0137] (d) 非オーム性組成物が伸張した場合であっても、非オーム性組成物の $E-\rho$ 特性を安定的に維持させることで、非オーム性粒子を過度に高濃度に配合する必要がなくなる。これにより、ベースエラストマにおける分子同士の絡み合いを充分に確保することができる。その結果、非オーム性組成物の伸び特性および残留伸び特性の低下を抑制することができる。

[0138] (e) 本実施形態の非オーム性組成物では、非オーム性粒子 140 の重心間距離の変動係数は、0.5 以上である。変動係数を 0.5 以上とすることで、非オーム性粒子 140 がベースエラストマ 120 中で網目状に分散した状態を安定的に形成することができる。これにより、ベースエラストマ 120 と非オーム性粒子 140 との界面において、応力を緩和し易くすることができ、間隙の発生を安定的に抑制することができる。その結果、非オーム性組

成物の伸張状態によらず、非オーム性組成物の $E-\rho$ 特性のばらつきを安定的に抑制することができる。

- [0139] (f) 本実施形態の非オーム性組成物において、ベースエラストマ 120 は、非オーム性粒子 140 に対して相対的に高い相溶性を有するエラストマ (A) 122 と、非オーム性粒子 140 に対して相対的に低い相溶性を有するエラストマ (B) 124 と、を有している。これにより、エラストマ (B) 124 よりも多くの非オーム性粒子 140 をエラストマ (A) 122 に含ませ、エラストマ (A) 122 により海相を構成することができる。一方で、エラストマ (B) 124 により島相を構成することができる。その結果、非オーム性粒子 140 がベースエラストマ 120 中で網目状に分散した状態を安定的に形成することができる。

[0140] (5) 本実施形態の変形例

上述の第 1 実施形態は、必要に応じて、以下に示す変形例のように変更することができる。以下、上述の実施形態と異なる要素についてのみ説明し、上述の実施形態で説明した要素と実質的に同一の要素には、同一の符号を付してその説明を省略する。

- [0141] 変形例 1 および変形例 2 では、ベースエラストマの構成が上述の第 1 実施形態と異なっている。

[0142] (5-1) 変形例 1

変形例 1 の架橋前の非オーム性組成物では、例えば、エラストマ (A) 122 は非架橋であり、一方で、エラストマ (B) 124 は予め架橋されたゴムを含んでいる（からなっている）。架橋されたゴムには、非オーム性粒子 140 が分散し難い。これにより、非オーム性粒子 140 を、エラストマ (A) 122 中に優先的に分散させることができる。

- [0143] なお、エラストマ (A) の少なくとも一部は架橋していてもよい。ただし、この場合であっても、例えば、エラストマ (B) 124 の架橋密度が、エラストマ (A) 122 の架橋密度よりも高いことが好ましい。

- [0144] 変形例 1 では、エラストマ (A) 122 とエラストマ (B) 124 とが異

なる材料により構成されていてもよいし、或いは、エラストマ（Ａ）１２２とエラストマ（Ｂ）１２４とが架橋状態を除いて同じ材料により構成されていてもよい。

[0145] 具体的には、エラストマ（Ａ）１２２は、例えば、シリコーンゴム（Ｑ）、エチレンプロピレンゴム（ＥＰＲ）、エチレンプロピレンジエンゴム（ＥＰＤＭ）、スチレンブタジエンゴム（ＳＢＲ）、エピクロロヒドリンゴム（ＣＯ）、クロロプレナム（ＣＲ）、クロロスルホン化ポリエチレンゴム（ＣＳＭ）、ニトリルゴム（ＮＢＲ）、アクリルゴム（ＡＣＭ）、エチレンアクリルゴム（ＡＥＭ）、エチレン酢酸ビニル共重合体（ＥＶＭ）、ウレタンゴム（Ｕ）である。エラストマ（Ｂ）１２４は、例えば、エチレンプロピレンゴム（ＥＰＲ）、エチレンプロピレンジエンゴム（ＥＰＤＭ）、スチレンブタジエンゴム（ＳＢＲ）、エピクロロヒドリンゴム（ＣＯ）、クロロプレナム（ＣＲ）、クロロスルホン化ポリエチレンゴム（ＣＳＭ）、ニトリルゴム（ＮＢＲ）、アクリルゴム（ＡＣＭ）、エチレンアクリルゴム（ＡＥＭ）、エチレン酢酸ビニル共重合体（ＥＶＭ）、ウレタンゴム（Ｕ）などの架橋物を凍結粉碎し作製された粒子、あるいはシリコーンゴムパウダー（信越化学製ＫＭＰ－５９７、ＫＭＰ－５９８、ＫＭＰ－５９４、Ｘ－５２８７５）などあらかじめパウダー状で架橋されたエラストマである。

[0146] 変形例１のケーブル接続用ユニット１０の非オーム性抵抗層２２０では、例えば、エラストマ（Ａ）１２２およびエラストマ（Ｂ）１２４は、架橋によって互いに化学的に結合されている。非オーム性抵抗層２２０において、エラストマ（Ａ）１２２とエラストマ（Ｂ）１２４とが一様に架橋されていてもよいし、或いは、エラストマ（Ｂ）１２４の架橋密度が、エラストマ（Ａ）１２２の架橋密度よりも高くなってもよい。

[0147] 変形例１の非オーム性組成物準備工程Ｓ１２２では、上述の第１実施形態と同様に、例えば、エラストマ（Ａ）１２２とエラストマ（Ｂ）１２４と非オーム性粒子１４０とを同時に混合する。混合時において、エラストマ（Ｂ）１２４は架橋された状態で維持される。これにより、エラストマ（Ｂ）１

24中への非オーム性粒子140の分散を抑制することができる。

[0148] (効果)

変形例1によれば、エラストマ(B)124が予め架橋されたゴムを含むことで、混合時において、エラストマ(B)124中への非オーム性粒子140の分散を抑制することができる。これにより、非オーム性粒子140をエラストマ(A)122中に優先的に分散させることができ、非オーム性粒子140を多く含むエラストマ(A)122により海相を構成することができる。その結果、非オーム性粒子140がベースエラストマ120中で網目状に分散した状態を安定的に形成することができる。

[0149] (5-2) 変形例2

変形例2の架橋前の非オーム性組成物では、例えば、エラストマ(A)122がゴムを含み(からなり)、エラストマ(B)124が熱可塑性エラストマを含んでいる(からなっている)。

[0150] 変形例2では、エラストマ(B)124の融点は、例えば、エラストマ(A)122の軟化点よりも高い。さらに、エラストマ(B)124の融点は、例えば、非オーム性組成物の混合時の温度よりも高いことが好ましい。

[0151] 具体的には、エラストマ(A)122は、例えば、シリコーンゴム(Q)、エチレンプロピレンゴム(EPR)、エチレンプロピレンジエンゴム(EPDM)、スチレンブタジエンゴム(SBR)、エピクロロヒドリンゴム(CO)、クロロプレンゴム(CR)、クロルスルホン化ポリエチレンゴム(CSM)、ニトリルゴム(NBR)、アクリルゴム(ACM)、エチレンアクリルゴム(AEM)、エチレン酢酸ビニル共重合体(EVM)である。エラストマ(B)124は、例えば、粒子状のオレフィン系熱可塑性エラストマ、ポリアミド系熱可塑性エラストマ、ポリウレタン系熱可塑性エラストマなどである。

[0152] 変形例2のケーブル接続用ユニット10の非オーム性抵抗層220では、例えば、エラストマ(A)122およびエラストマ(B)124は、架橋によって互いに化学的に結合されている。

[0153] 変形例2の非オーム性組成物準備工程S122では、上述の第1実施形態と同様に、例えば、エラストマ(A)122とエラストマ(B)124と非オーム性粒子140とを同時に混合する。混合時において、エラストマ(B)124は溶融しない状態で維持される。これにより、エラストマ(B)124中への非オーム性粒子140の分散を抑制することができる。

[0154] (効果)

変形例2によれば、エラストマ(B)124の融点を、エラストマ(A)122の軟化点よりも高くすることで、混合時において、エラストマ(B)124は溶融しない状態で維持し、エラストマ(B)124中への非オーム性粒子140の分散を抑制することができる。これにより、非オーム性粒子140を、エラストマ(A)中に優先的に分散させることができ、非オーム性粒子140を多く含むエラストマ(A)122により海相を構成することができる。その結果、非オーム性粒子140がベースエラストマ120中で網目状に分散した状態を安定的に形成することができる。

[0155] <本開示の第2実施形態>

次に、図5を用い、本開示の第2実施形態について説明する。図5は、本実施形態に係るケーブル接続用ユニットを示す断面図である。

[0156] 本実施形態では、ケーブル接続用ユニットにおけるケーブル接続態様が第1実施形態と異なる。以下、第1実施形態の変形例と同様に、第1実施形態と異なる要素についてのみ説明する。

[0157] (1) ケーブル接続用ユニット

本実施形態のケーブル接続用ユニット(ケーブル中間接続用ユニット)12は、例えば、一对の電力ケーブルを、互いに軸を一致させつつ突き合わせて直線状に接続するケーブル中間接続構造に用いられるよう構成されている。ここでは、一对の電力ケーブルのうち、一方を「第1電力ケーブル」とし、他方を「第2電力ケーブル」とする。

[0158] なお、本実施形態において、ケーブル接続用ユニット12の軸方向の一端であって、ケーブル接続用ユニット12のうち第1電力ケーブルの延在側の

端部を「ケーブル接続用ユニット１２の第１端」という。一方で、ケーブル接続用ユニット１２の軸方向の他端であって、ケーブル接続用ユニット１２のうち第２電力ケーブルの延在側の端部を「ケーブル接続用ユニットの第２端」という。

[0159] 図５に示すように、ケーブル接続用ユニット１２は、例えば、内部半導電層２１０と、非オーム性抵抗層２２０と、半導電コーン部２４０と、絶縁層２６０と、外部半導電層２８０と、を有している。

[0160] 内部半導電層２１０は、例えば、半導電性を有している。具体的には、内部半導電層２１０は、例えば、半導電コーン部２４０と同様の半導電性ゴムを含んでいる。内部半導電層２１０は、例えば、中空部２０２の軸方向の中央部を構成するよう筒状に設けられている。なお、内部半導電層２１０は、中空部２０２内に一对の電力ケーブルが嵌入されたときに、ケーブル導体同士を圧縮接続する圧縮スリーブを覆うように配置される。このため、内部半導電層２１０は、ケーブル導体とほぼ同電位となり、すなわち、高電位となる。

[0161] 非オーム性抵抗層２２０は、例えば、内部半導電層２１０以外の中空部２０２の軸方向の他部を構成するよう筒状に設けられている。また、非オーム性抵抗層２２０は、内部半導電層２１０を覆うように設けられている。非オーム性抵抗層２２０は、中空部２０２内に一对の電力ケーブルが嵌入されたときに、第１電力ケーブルのケーブル外部半導電層から第２電力ケーブルのケーブル外部半導電層までを覆うように延在している。

[0162] 中空部２０２内に一对の電力ケーブルが嵌入されたときには、非オーム性抵抗層２２０のうち両端側のそれぞれは、第１電力ケーブルのケーブル外部半導電層および第２電力ケーブルのケーブル外部半導電層に接するため、接地される。一方で、非オーム性抵抗層２２０のうち内部半導電層２１０と接する部分は、内部半導電層２１０と同様に、高電位となる。非オーム性抵抗層２２０内では、その非オーム性により電界集中箇所の抵抗を低減することで、内部半導電層２１０側から両端側のそれぞれに向けて、等電位線を均等

に分布させることができる。

[0163] 半導電コーン部240は、例えば、内部半導電層210を挟んでケーブル接続用ユニット12の軸方向の両側に一对設けられている。一对の半導電コーン部240のうち、第1電力ケーブル側を「第1半導電コーン部240a」とし、第2電力ケーブル側を「第2半導電コーン部240b」とする。

[0164] 第1半導電コーン部240aおよび第2半導電コーン部240bのそれぞれは、円錐状に構成され、拡径側を対向させている。

[0165] 第1半導電コーン部240aのうちケーブル接続用ユニット10の軸方向の第1端側は、非オーム性抵抗層220に接していてもよいし、離れていてもよい。第1半導電コーン部240aは、例えば、非オーム性抵抗層220に近接する部分からケーブル接続用ユニット10の軸方向の第2端側に向けて非オーム性抵抗層220から徐々に離間するように傾斜する傾斜面242を有している。

[0166] 一方で、第2半導電コーン部240bは、例えば、内部半導電層210を挟んで第1半導電コーン部240aと対称に構成されている。

[0167] 絶縁層260は、非オーム性抵抗層220および一对の半導電コーン部240を覆うように設けられている。絶縁層260は、例えば、非オーム性抵抗層220と第1半導電コーン部240aの傾斜面242との間や、非オーム性抵抗層220と第2半導電コーン部240bの傾斜面242との間に入り込むように設けられている。

[0168] 外部半導電層280は、絶縁層260を覆うように設けられている。外部半導電層280は、第1半導電コーン部240aおよび第2半導電コーン部240bに接している。これにより、外部半導電層280は、第1半導電コーン部240aおよび第2半導電コーン部240bとともに接地される。

[0169] 以上の内部半導電層210、非オーム性抵抗層220、一对の半導電コーン部240、絶縁層260および外部半導電層280は、例えば、一体的に結合するようモールド成形されている。

[0170] (2) 効果

本実施形態のように、ケーブル中間接続構造に用いられるケーブル接続用ユニット１２であっても、上述の第１実施形態と同様の効果を得ることができる。

[0171] <本開示の他の実施形態>

以上、本開示の実施形態について具体的に説明したが、本開示は上述の実施形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々変更可能である。なお、ここでいう「上述の実施形態」とは、第１実施形態および第２実施形態を意味する。

[0172] 上述の実施形態では、ケーブル接続用ユニット１０が半導電コーン部２４０を有する場合について説明したが、本開示はこの場合に限定されるものではない。例えば、半導電コーン部２４０が設けられる代わりに、絶縁層２６０が軸方向の中央部から両端部に向けて徐々に縮径していてもよい。これにより、絶縁層２６０の軸方向の両端側での電界集中を緩和することができる。

[0173] 上述の第２実施形態では、半導電コーン部２４０と外部半導電層２８０とが別体であるように図示したが、半導電コーン部２４０は、外部半導電層２８０の一部として該外部半導電層２８０と一体となってもよい。

[0174] 上述の実施形態では、非オーム性組成物準備工程Ｓ１２２において、エラストマ（Ａ）１２２とエラストマ（Ｂ）１２４と非オーム性粒子１４０とを同時に混合する場合について説明したが、本開示はこの場合に限定されるものではない。例えば、エラストマ（Ａ）１２２と非オーム性粒子１４０とを混合したマスタバッチを予め作製し、次にマスタバッチとエラストマ（Ｂ）１２４とを混合してもよい。

[0175] 上述の実施形態では、嵌入工程Ｓ１６０において拡張パイプを用いた拡張装着工法を採用する場合について説明したが、本開示はこの場合に限定されるものではない。例えば、インナーコアリボンを螺旋状に巻回することにより構成されるインナーコアによりケーブル接続用ユニット１０を拡張してもよい。なお、この場合、ケーブル接続用ユニット１０を縮径する際には、ケ

ーブル接続用ユニット 10 の軸方向の一端側からインナーコアリボンを徐々に解いていけばよい。

[0176] 上述の実施形態では、非オーム性抵抗層 220、半導電コーン部 240 および絶縁層 260 を一体として架橋させる場合について説明したが、本開示はこの場合に限定されるものではない。例えば、半導電コーン部 240 および絶縁層 260 を、一体として架橋させ、非オーム性抵抗層 220 は別金型で作製してもよい。

[0177] 上述の実施形態では、製造方法の一例を説明したが、製造方法における各工程の順番は、可能な限り入れ替えても良い。

[0178] 上述の第 1 実施形態について変形例 1 または 2 の構成が適用可能であることを説明したが、第 2 実施形態についても、第 1 実施形態の変形例 1 または 2 の構成を適用してもよい。

実施例

[0179] 次に、本開示に係る実施例を説明する。これらの実施例は本開示の一例であって、本開示はこれらの実施例により限定されない。

[0180] (1) 非オーム性組成物の作製

以下のようにして、実施例の非オーム性組成物を作製した。具体的には、まず、以下に示したベースエラストマおよび非オーム性粒子を準備した。次に、ベースエラストマ、非オーム性粒子、およびその他の添加物を混練し、非オーム性組成物を作製した。このとき、エラストマ (A) および非オーム性粒子を、非オーム性組成物全体の 30% 以上の体積を占めるように配合した。次に、得られた非オーム性組成物を 160℃ の温度で 1 時間加圧成形し、ケーブル接続用ユニットに使用する非オーム性抵抗層を模擬したサンプルシートを作製した。

[0181] [実施例]

ベースエラストマ：

ベースエラストマ (A)：エチレンアクリルゴム

ベースエラストマ (B)：エチレンプロピレンジエンゴム

非オーム性粒子：酸化亜鉛と、ビスマスおよびアンチモンなどの他の微少の金属酸化物とを含む粒子（最大粒子径：7 μm 、体積平均粒子径：3 μm ）（ベースエラストマに対する体積比率で0.3）

その他の添加剤（カッコ内はベースエラストマ100質量部に対する含有量）：

- ・架橋剤：DCP（1.5質量部）
- ・架橋助剤：亜鉛華3号（5質量部）
- ・可塑剤：ポリブタジエン油（10質量部）
- ・酸化防止剤：アミン系のTMDQ（1.5質量部）

[0182] 一方、比較例では、ベースエラストマをエチレンプロピレンジエンゴムのみとした点以外は、実施例と同様に非オーム性組成物を作製し、サンプルシートを作製した。

[0183] （2）評価

（断面観察）

実施例および比較例のそれぞれの非オーム性組成物の断面を走査型電子顕微鏡（SEM）により観察した。

[0184] （非オーム性粒子の重心間距離）

実施例および比較例のそれぞれのサンプルシート中における非オーム性粒子の重心間距離を、以下のようにして測定した。具体的には、重心間距離は、画像解析法により測定した。より具体的には、倍率2000倍の断面SEM観察像において、隣接する複数個の非オーム性粒子同士の重心との距離を測定した。なお、ここで隣接する粒子とは、上述したように、対象とする両粒子の重心を直線で結んだ際に他の粒子を含まない粒子のことである。

[0185] （体積抵抗率）

実施例および比較例のそれぞれのサンプルシートにおける体積抵抗率は、以下のようにして測定した。具体的には、ガード電極を有する直径25mmの円形の平行平板電極でサンプルシートを挟み、サンプルシートを温度30℃のシリコンオイル中に浸漬させた。

次に、サンプルシートを挟んだ電極間に所定の電圧を段階的に印加し、電極間に流れた電流を微小電流計で計測した。得られた電流値を下記式（２）に代入し、所定電圧（電界）に対する体積抵抗率 ρ を算出した。

$$\rho = S \cdot V / t \cdot I \quad \cdots (2)$$

ここで、 ρ ：体積抵抗率、 S ：電極面積、 t ：サンプルシートの厚さ、 V ：印加電圧、 I ：測定電流とする。

[0186] 上述の測定方法により、サンプルシートを伸張させない場合と、所定の引張治具を用いてサンプルシートを主面に沿った所定の一軸方向に３０％伸張させた場合と、これと同様の方法で５０％伸張させた場合と、のそれぞれにおいて、体積抵抗率 ρ を測定した。

[0187] （引張特性）

室温下で、厚さ２ｍｍのＪＩＳ－３号ダンベル片を、引張試験機を用いて２００ｍｍ／ｍｍの速度で伸長し、破断した際の伸び率と応力とを評価した。

[0188] （残留伸び特性）

室温下で、厚さ２ｍｍ、巾５ｍｍ、長さ１２０ｍｍの短冊試験片を所定の伸長治具を用いて、１３０％の伸長率で２４時間伸長した後、室温下で伸長治具から試験片を取り外し、２４時間経過後の残留伸び率を評価した。

[0189] （３）結果

（断面観察）

図６Ａおよび図６Ｂを用い、実施例および比較例のそれぞれの断面観察を行った結果について説明する。図６Ａは、実施例に係る非オーム性組成物を走査型電子顕微鏡により観察した観察像を示す図である。図６Ｂは、比較例に係る非オーム性組成物を走査型電子顕微鏡により観察した観察像を示す図である。

[0190] 比較例では、図６Ｂに示すように、ベースエラストマ中で非オーム性粒子が均等に分散していた。また、比較例では、無粒子領域が小さく、断面視で直径が４．５ μ ｍ未満であった。

[0191] これに対し、実施例では、図6Aに示すように、非オーム性粒子がベースエラストマ中で網目状に分散していたことを確認した。また、実施例では、断面視で、小さくとも直径 $4.5\mu\text{m}$ （図中点線）以上の無粒子領域が複数存在していたことを確認した。

[0192] （非オーム性粒子の重心間距離）

図7を用い、実施例および比較例のそれぞれにおける非オーム性粒子の重心間距離を測定した結果について説明する。図7は、実施例および比較例のそれぞれの非オーム性組成物における、非オーム性粒子の重心間距離に対する頻度を示す図である。

[0193] 図7に示すように、比較例では、上述のようにベースエラストマ中で非オーム性粒子が均等に分散していたため、重心間距離の範囲が狭かった。具体的には、非オーム性粒子の重心間距離の平均値は $2.59\mu\text{m}$ であり、重心間距離の標準偏差は $1.06\mu\text{m}$ であった。その結果、上述の式(1)で求められる変動係数は、 0.41 であった。

[0194] これに対し、実施例では、上述のように非オーム性粒子がベースエラストマ中で網目状に分散していたため、重心間距離が広い範囲にわたって分布していた。具体的には、非オーム性粒子の重心間距離の平均値は $2.41\mu\text{m}$ であり、重心間距離の標準偏差は $1.43\mu\text{m}$ であった。その結果、上述の式(1)で求められる変動係数は、 0.59 であったことを確認した。

[0195] （体積抵抗率）

図8および図9を用い、実施例および比較例のそれぞれにおける非オーム性組成物の体積抵抗率を測定した結果について説明する。図8は、実施例の非オーム性組成物における、電界強度に対する体積抵抗率を示す図である。図9は、比較例の非オーム性組成物における、電界強度に対する体積抵抗率を示す図である。

[0196] 比較例では、図9に示すように、非オーム性組成物を徐々に大きく伸張していくにつれて、体積抵抗率 ρ が徐々に上昇していた。具体的には、比較例では、非オーム性組成物を伸張させない場合の $E \geq E_1$ の範囲で非オーム性組

成物の体積抵抗率 ρ を比較したときに、非オーム性組成物を50%一軸伸張させた場合の体積抵抗率 ρ は、非オーム性組成物を伸張させない場合の体積抵抗率 ρ に対して50倍超となっていた。

[0197] また、比較例では、非オーム性組成物を徐々に大きく伸張していくにつれて、体積抵抗率 ρ の低下開始点が高電界強度側にシフトしていた。具体的には、比較例では、非オーム性組成物を50%一軸伸張させた場合の低下開始点での閾値電界強度 E_{th} は、非オーム性組成物を伸張させない場合の低下開始点での閾値電界強度 E_{th} に対して1.4倍超であった。

[0198] 比較例の結果では、ベースエラストマ中で非オーム性粒子が均等に分散していたため、非オーム性組成物が伸張したときに、非オーム性粒子とベースエラストマとの界面において、応力が大きくなり、間隙が生じていた。隣接する非オーム性粒子同士が離れ、非オーム性粒子間の距離が長くなっていた。その結果、非オーム性組成物の伸張に起因して、 $E-\rho$ 特性がばらついていたと考えられる。

[0199] これに対し、実施例では、図8に示すように、非オーム性組成物を徐々に大きく伸張していったとしても、体積抵抗率 ρ の変化は小さかった。具体的には、実施例では、非オーム性組成物を伸張させない場合の $E \geq E_1$ の範囲で非オーム性組成物の体積抵抗率 ρ を比較したときに、非オーム性組成物を50%一軸伸張させた場合の体積抵抗率 ρ は、非オーム性組成物を伸張させない場合の体積抵抗率 ρ に対して20倍以下となっていたことを確認した。

[0200] また、実施例では、非オーム性組成物を徐々に大きく伸張していったとしても、体積抵抗率 ρ の低下開始点がほぼ一致していた。具体的には、比較例では、非オーム性組成物を50%一軸伸張させた場合の低下開始点での閾値電界強度 E_{th} は、非オーム性組成物を伸張させない場合の低下開始点での閾値電界強度 E_{th} に対して1.2倍以下であったことを確認した。

[0201] なお、実施例では、非オーム性組成物を徐々に大きく伸張していったとしても、 $E > E_{th}$ における直線部での傾きの変化が小さかった。具体的には、非オーム性組成物を50%一軸伸張させた場合の、 $E > E_{th}$ における直線部での

傾きは、非オーム性組成物を伸張させない場合の、 $E > E_{th}$ における直線部での傾きに対して25%減であり、±50%以内に収まっていた。

[0202] (引張特性)

測定の結果、実施例では、破断伸び：280%、破断強度：5.9 MPaであった。一方、比較例では、破断伸び：280%、破断強度：6.0 MPaであった。つまり、実施例の引張特性は、比較例の引張特性とほぼ同等であった。

(残留伸び特性)

測定の結果、実施例の残留伸び率は9.2%であった。一方、比較例の残留伸び率は8.7%であった。つまり、実施例の残留伸び特性は、比較例の残留伸び特性とほぼ同等であった。

[0203] (まとめ)

以上の実施例の結果によれば、非オーム性粒子がベースエラストマ中で網目状に分散していたことで、非オーム性組成物が伸張した場合に、無粒子領域中のベースエラストマを優先的に変形させることができた。一方で、粒子群領域では、ベースエラストマと非オーム性粒子との界面において、応力を緩和することができ、間隙の発生を抑制することができた。これにより、非オーム性粒子間の距離が長くなることを抑制することができた。その結果、非オーム性組成物が伸張した場合であっても、非オーム性組成物が本来有する $E-\rho$ 特性を安定的に維持させることができたことを確認した。

[0204] また、実施例の結果によれば、非オーム性粒子を過度に高濃度に配合しなかったことで、ベースエラストマにおける分子同士の絡み合いを十分に確保することができた。その結果、非オーム性組成物の伸び特性および残留伸び特性の低下を抑制することができたことを確認した。

[0205] <本開示の好ましい態様>

以下、本開示の好ましい態様を付記する。

[0206] (付記1)

ベースエラストマと、複数の非オーム性粒子と、を有する非オーム性組成

物であって、

前記非オーム性組成物に印加する電界強度を E とし、前記非オーム性組成物の体積抵抗率を ρ とし、 $\log E$ に対する $\log \rho$ の傾きの変化量の絶対値が最大となる点での閾値電界強度を E_{th} とし、前記非オーム性組成物を伸張させない場合の $E \geq E_{th}$ の範囲で前記非オーム性組成物の体積抵抗率 ρ を比較したときに、

前記非オーム性組成物を 50%一軸伸張させた場合の前記体積抵抗率 ρ は、前記非オーム性組成物を伸張させない場合の前記体積抵抗率 ρ に対して 50 倍以下である

非オーム性組成物。

[0207] (付記 2)

前記非オーム性組成物を 50%一軸伸張させた場合の、前記閾値電界強度 E_{th} は、前記非オーム性組成物を伸張させない場合の E_{th} に対して 1.4 倍以下である

付記 1 に記載の非オーム性組成物。

[0208] (付記 3)

ベースエラストマと、複数の非オーム性粒子と、を有する非オーム性組成物であって、

前記非オーム性組成物に印加する電界強度を E とし、前記非オーム性組成物の体積抵抗率を ρ としたときに、

前記非オーム性組成物を 50%一軸伸張させた場合の、 $\log E$ に対する $\log \rho$ の傾きの変化量の絶対値が最大となる点での閾値電界強度 E_{th} は、前記非オーム性組成物を伸張させない場合の E_{th} に対して 1.4 倍以下である非オーム性組成物。

[0209] (付記 4)

前記非オーム性組成物を 50%一軸伸張させた場合の、 $E > E_{th}$ における直線部での前記傾きは、前記非オーム性組成物を伸張させない場合の、 $E > E_{th}$ における直線部での前記傾きに対して $\pm 50\%$ 以内である

付記 1 から付記 3 のいずれか 1 つに記載の非オーム性組成物。

[0210] (付記 5)

前記複数の非オーム性粒子は、前記ベースエラストマ中で網目状に分散している

付記 1 から付記 4 のいずれか 1 つに記載の非オーム性組成物。

[0211] (付記 6)

ベースエラストマと、複数の非オーム性粒子と、を有する非オーム性組成物であって、

前記複数の非オーム性粒子は、前記ベースエラストマ中で網目状に分散している

非オーム性組成物。

[0212] (付記 7)

前記複数の非オーム性粒子の重心間距離の以下の式で求められる変動係数は、0.5 以上である

付記 1 から付記 6 のいずれか 1 つに記載の非オーム性組成物。

$$\text{変動係数} = \text{標準偏差} / \text{平均値} \quad \cdots (1)$$

[0213] (付記 8)

前記非オーム性組成物の断面を見たときに、前記非オーム性粒子を含まない複数の無粒子領域が、前記非オーム性粒子の体積平均粒子径の 1.5 倍相当直径以上で存在する

付記 1 から付記 7 のいずれか 1 つに記載の非オーム性組成物。

[0214] (付記 9)

前記ベースエラストマは、

前記非オーム性粒子に対して相対的に高い相溶性を有するエラストマ (A) と、

前記非オーム性粒子に対して相対的に低い相溶性を有するエラストマ (B) と、

を有し、

前記エラストマ（Ａ）は、前記エラストマ（Ｂ）よりも前記非オーム性粒子を多く含み、海相を構成し、

前記エラストマ（Ｂ）は、島相を構成する
付記１から付記８のいずれか１つに記載の非オーム性組成物。

[0215]（付記１０）

前記エラストマ（Ａ）の溶解度パラメータと前記エラストマ（Ｂ）の溶解度パラメータとの差は、 $0.5 \text{ (cal/cm}^3)^{1/2}$ 以上である
付記９に記載の非オーム性組成物。

[0216]（付記１１）

前記エラストマ（Ａ）は、非架橋であり、
前記エラストマ（Ｂ）は、架橋されたゴムを含む
付記９に記載の非オーム性組成物。

[0217]（付記１２）

前記エラストマ（Ｂ）の架橋密度は、前記エラストマ（Ａ）の架橋密度よりも高い
付記９に記載の非オーム性組成物。

[0218]（付記１３）

前記エラストマ（Ａ）は、ゴムを含み、
前記エラストマ（Ｂ）は、熱可塑性エラストマを含み、
前記エラストマ（Ｂ）の融点は、前記エラストマ（Ａ）の軟化点よりも高い
付記９に記載の非オーム性組成物。

[0219]（付記１４）

前記エラストマ（Ａ）および前記非オーム性粒子は、前記非オーム性組成物全体の３０％以上の体積を占める
付記９から付記１３のいずれか１つに記載の非オーム性組成物。

[0220]（付記１５）

前記エラストマ（Ａ）および前記エラストマ（Ｂ）は、互いに化学的に結

合される

付記 9 から付記 14 のいずれか 1 つに記載の非オーム性組成物。

[0221] (付記 16)

前記エラストマ (A) および前記エラストマ (B) は、それぞれ、絶縁性を有する

付記 9 から付記 15 のいずれか 1 つに記載の非オーム性組成物。

[0222] (付記 17)

前記エラストマ (B) の弾性率は、前記エラストマ (A) の弾性率よりも低い

付記 9 から付記 16 のいずれか 1 つに記載の非オーム性組成物。

[0223] (付記 18)

電力ケーブルが嵌入される筒状のケーブル接続用ユニットであって、
非オーム性組成物により構成される筒状の非オーム性抵抗層と、
前記非オーム性抵抗層の外側を覆うように設けられる絶縁層と、
を有し、

前記非オーム性組成物は、ベースエラストマと、複数の非オーム性粒子と、
を有し、

前記非オーム性組成物に印加する電界強度を E とし、前記非オーム性組成物の体積抵抗率を ρ とし、 $\log E$ に対する $\log \rho$ の傾きの変化量の絶対値が最大となる点での閾値電界強度を E_{th} とし、前記非オーム性組成物を伸張させない場合の $E \geq E_{th}$ の範囲で前記非オーム性組成物の体積抵抗率 ρ を比較したときに、

前記非オーム性組成物を 50%一軸伸張させた場合の前記体積抵抗率 ρ は、
前記非オーム性組成物を伸張させない場合の前記体積抵抗率 ρ に対して 50 倍以下である

ケーブル接続用ユニット。

[0224] (付記 19)

電力ケーブルが嵌入される筒状のケーブル接続用ユニットであって、

非オーム性組成物により構成される筒状の非オーム性抵抗層と、
前記非オーム性抵抗層の外側を覆うように設けられる絶縁層と、
を有し、
前記非オーム性組成物は、ベースエラストマと、複数の非オーム性粒子と
、を有し、
前記非オーム性組成物に印加する電界強度を E とし、前記非オーム性組成物の体積抵抗率を ρ としたときに、
前記非オーム性組成物を 50%一軸伸張させた場合の、 $\log E$ に対する $\log \rho$ の傾きの変化量の絶対値が最大となる点での閾値電界強度 E_{th} は、前記非オーム性組成物を伸張させない場合の E_{th} に対して 1.4 倍以下であるケーブル接続用ユニット。

[0225] (付記 20)

電力ケーブルが嵌入される筒状のケーブル接続用ユニットであって、
非オーム性組成物により構成される筒状の非オーム性抵抗層と、
前記非オーム性抵抗層の外側を覆うように設けられる絶縁層と、
を有し、
前記非オーム性組成物は、ベースエラストマと、複数の非オーム性粒子と
、を有し、
前記複数の非オーム性粒子は、前記ベースエラストマ中で網目状に分散している
ケーブル接続用ユニット。

[0226] (付記 21)

電力ケーブルが嵌入される筒状のケーブル接続用ユニットの製造方法であって、
ベースエラストマと、複数の非オーム性粒子と、を有する非オーム性組成物を準備する工程と、
前記非オーム性組成物により筒状の非オーム性抵抗層を形成する工程と、
前記非オーム性抵抗層の外側を覆うように絶縁層を形成する工程と、

を有し、

前記非オーム性組成物を準備する工程では、

前記非オーム性組成物に印加する電界強度を E とし、前記非オーム性組成物の体積抵抗率を ρ とし、 $\log E$ に対する $\log \rho$ の傾きの変化量の絶対値が最大となる点での閾値電界強度を E_{th} とし、前記非オーム性組成物を伸張させない場合の $E \geq E_{th}$ の範囲で前記非オーム性組成物の体積抵抗率 ρ を比較したときに、前記非オーム性組成物を50%一軸伸張させた場合の前記体積抵抗率 ρ が、前記非オーム性組成物を伸張させない場合の前記体積抵抗率 ρ に対して50倍以下となるように、前記ベースエラストマと、前記複数の非オーム性粒子と、を混合する
ケーブル接続用ユニットの製造方法。

[0227] (付記22)

電力ケーブルが嵌入される筒状のケーブル接続用ユニットの製造方法であって、

ベースエラストマと、複数の非オーム性粒子と、を有する非オーム性組成物を準備する工程と、

前記非オーム性組成物により筒状の非オーム性抵抗層を形成する工程と、

前記非オーム性抵抗層の外側を覆うように絶縁層を形成する工程と、

を有し、

前記非オーム性組成物を準備する工程では、

前記複数の非オーム性粒子を、前記ベースエラストマ中で網目状に分散させる

ケーブル接続用ユニットの製造方法。

符号の説明

[0228] 10, 12 ケーブル接続用ユニット

120 ベースエラストマ

122 エラストマ(A)

124 エラストマ(B)

- 1 4 0 非オーム性粒子
- 2 0 2 中空部
- 2 1 0 内部半導電層
- 2 2 0 非オーム性抵抗層
- 2 4 0 半導電コーン部
- 2 4 0 a 第1半導電コーン部
- 2 4 0 b 第2半導電コーン部
- 2 4 2 傾斜面
- 2 6 0 絶縁層
- 2 8 0 外部半導電層

請求の範囲

[請求項1] ベースエラストマと、複数の非オーム性粒子と、を有する非オーム性組成物であって、

前記非オーム性組成物に印加する電界強度を E とし、前記非オーム性組成物の体積抵抗率を ρ とし、 $\log E$ に対する $\log \rho$ の傾きの変化量の絶対値が最大となる点での閾値電界強度を E_{th} とし、前記非オーム性組成物を伸張させない場合の $E \geq E_{th}$ の範囲で前記非オーム性組成物の体積抵抗率 ρ を比較したときに、

前記非オーム性組成物を50%一軸伸張させた場合の前記体積抵抗率 ρ は、前記非オーム性組成物を伸張させない場合の前記体積抵抗率 ρ に対して50倍以下である

非オーム性組成物。

[請求項2] 前記非オーム性組成物を50%一軸伸張させた場合の、前記閾値電界強度 E_{th} は、前記非オーム性組成物を伸張させない場合の E_{th} に対して1.4倍以下である

請求項1に記載の非オーム性組成物。

[請求項3] ベースエラストマと、複数の非オーム性粒子と、を有する非オーム性組成物であって、

前記非オーム性組成物に印加する電界強度を E とし、前記非オーム性組成物の体積抵抗率を ρ としたときに、

前記非オーム性組成物を50%一軸伸張させた場合の、 $\log E$ に対する $\log \rho$ の傾きの変化量の絶対値が最大となる点での閾値電界強度 E_{th} は、前記非オーム性組成物を伸張させない場合の E_{th} に対して1.4倍以下である

非オーム性組成物。

[請求項4] 前記非オーム性組成物を50%一軸伸張させた場合の、 $E > E_{th}$ における直線部での前記傾きは、前記非オーム性組成物を伸張させない場合の、 $E > E_{th}$ における直線部での前記傾きに対して $\pm 50\%$ 以内

である

請求項 1 から請求項 3 のいずれか 1 項に記載の非オーム性組成物。

[請求項5] 前記複数の非オーム性粒子は、前記ベースエラストマ中で網目状に分散している

請求項 1 から請求項 4 のいずれか 1 項に記載の非オーム性組成物。

[請求項6] ベースエラストマと、複数の非オーム性粒子と、を有する非オーム性組成物であって、

前記複数の非オーム性粒子は、前記ベースエラストマ中で網目状に分散している

非オーム性組成物。

[請求項7] 前記複数の非オーム性粒子の重心間距離の以下の式（1）で求められる変動係数は、0.5 以上である

請求項 1 から請求項 6 のいずれか 1 項に記載の非オーム性組成物。

$$\text{変動係数} = \text{標準偏差} / \text{平均値} \quad \cdots (1)$$

[請求項8] 前記非オーム性組成物の断面を見たときに、前記非オーム性粒子を含まない複数の無粒子領域が、前記非オーム性粒子の体積平均粒子径の 1.5 倍以上の直径を有して存在する

請求項 1 から請求項 7 のいずれか 1 項に記載の非オーム性組成物。

[請求項9] 前記ベースエラストマは、

前記非オーム性粒子に対して相対的に高い相溶性を有するエラストマ（A）と、

前記非オーム性粒子に対して相対的に低い相溶性を有するエラストマ（B）と、

を有し、

前記エラストマ（A）は、前記エラストマ（B）よりも前記非オーム性粒子を多く含み、海相を構成し、

前記エラストマ（B）は、島相を構成する

請求項 1 から請求項 8 のいずれか 1 項に記載の非オーム性組成物。

- [請求項10] 前記エラストマ（A）の溶解度パラメータと前記エラストマ（B）の溶解度パラメータとの差は、 $0.5 \text{ (cal/cm}^3)^{1/2}$ 以上である
請求項9に記載の非オーム性組成物。
- [請求項11] 前記エラストマ（A）は、非架橋であり、
前記エラストマ（B）は、架橋されたゴムを含む
請求項9に記載の非オーム性組成物。
- [請求項12] 前記エラストマ（A）は、ゴムを含み、
前記エラストマ（B）は、熱可塑性エラストマを含み、
前記エラストマ（B）の融点は、前記エラストマ（A）の軟化点よりも高い
請求項9に記載の非オーム性組成物。
- [請求項13] 前記エラストマ（A）および前記非オーム性粒子は、前記非オーム性組成物全体の30%以上の体積を占める
請求項9から請求項12のいずれか1項に記載の非オーム性組成物。
- [請求項14] 前記エラストマ（A）および前記エラストマ（B）は、互いに化学的に結合される
請求項9から請求項13のいずれか1項に記載の非オーム性組成物。
- [請求項15] 電力ケーブルが嵌入される筒状のケーブル接続用ユニットであって、
非オーム性組成物により構成される筒状の非オーム性抵抗層と、
前記非オーム性抵抗層の外側を覆うように設けられる絶縁層と、
を有し、
前記非オーム性組成物は、ベースエラストマと、複数の非オーム性粒子と、を有し、
前記非オーム性組成物に印加する電界強度をEとし、前記非オーム性組成物の体積抵抗率を ρ とし、 $\log E$ に対する $\log \rho$ の傾きの変化量の絶対値が最大となる点での閾値電界強度を E_{th} とし、前記非

オーム性組成物を伸張させない場合の $E \geq E_{th}$ の範囲で前記非オーム性組成物の体積抵抗率 ρ を比較したときに、

前記非オーム性組成物を 50% 一軸伸張させた場合の前記体積抵抗率 ρ は、前記非オーム性組成物を伸張させない場合の前記体積抵抗率 ρ に対して 50 倍以下である

ケーブル接続用ユニット。

[請求項16] 電力ケーブルが嵌入される筒状のケーブル接続用ユニットであって、

非オーム性組成物により構成される筒状の非オーム性抵抗層と、
前記非オーム性抵抗層の外側を覆うように設けられる絶縁層と、
を有し、

前記非オーム性組成物は、ベースエラストマと、複数の非オーム性粒子と、を有し、

前記複数の非オーム性粒子は、前記ベースエラストマ中で網目状に分散している

ケーブル接続用ユニット。

[請求項17] 電力ケーブルが嵌入される筒状のケーブル接続用ユニットの製造方法であって、

ベースエラストマと、複数の非オーム性粒子と、を有する非オーム性組成物を準備する工程と、

前記非オーム性組成物により筒状の非オーム性抵抗層を形成する工程と、

前記非オーム性抵抗層の外側を覆うように絶縁層を形成する工程と、

を有し、

前記非オーム性組成物を準備する工程では、

前記非オーム性組成物に印加する電界強度を E とし、前記非オーム性組成物の体積抵抗率を ρ とし、 $\log E$ に対する $\log \rho$ の傾きの

変化量の絶対値が最大となる点での閾値電界強度を E_{th} とし、前記非オーム性組成物を伸張させない場合の $E \geq E_{th}$ の範囲で前記非オーム性組成物の体積抵抗率 ρ を比較したときに、前記非オーム性組成物を 50%一軸伸張させた場合の前記体積抵抗率 ρ が、前記非オーム性組成物を伸張させない場合の前記体積抵抗率 ρ に対して 50 倍以下となるように、前記ベースエラストマと、前記複数の非オーム性粒子と、を混合する

ケーブル接続用ユニットの製造方法。

[請求項18] 電力ケーブルが嵌入される筒状のケーブル接続用ユニットの製造方法であって、

ベースエラストマと、複数の非オーム性粒子と、を有する非オーム性組成物を準備する工程と、

前記非オーム性組成物により筒状の非オーム性抵抗層を形成する工程と、

前記非オーム性抵抗層の外側を覆うように絶縁層を形成する工程と、

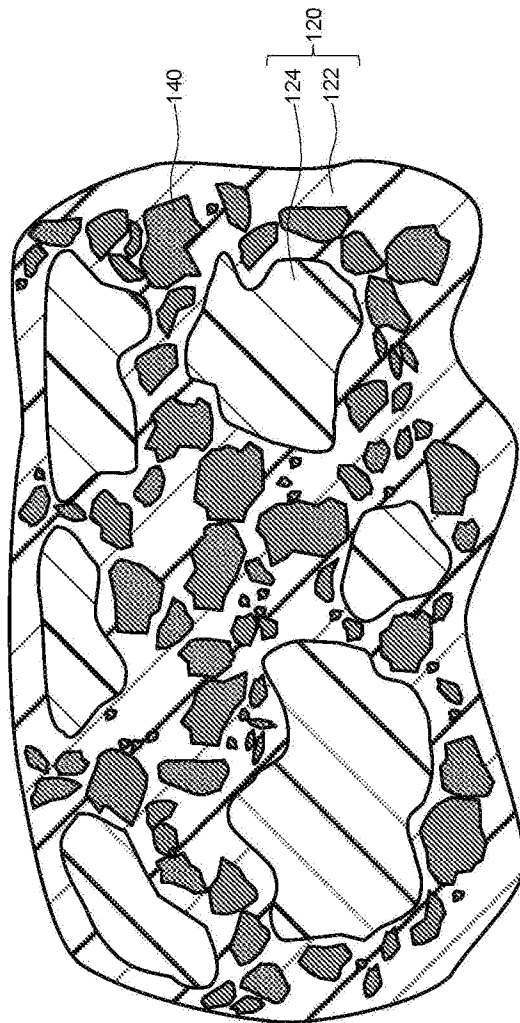
を有し、

前記非オーム性組成物を準備する工程では、

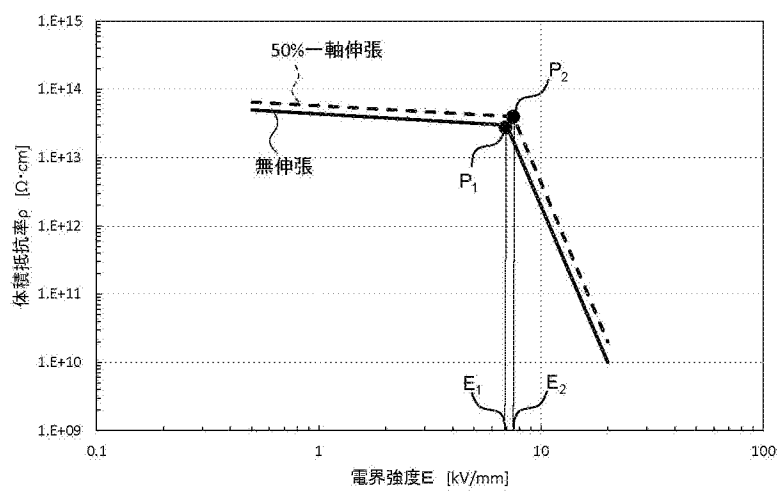
前記複数の非オーム性粒子を、前記ベースエラストマ中で網目状に分散させる

ケーブル接続用ユニットの製造方法。

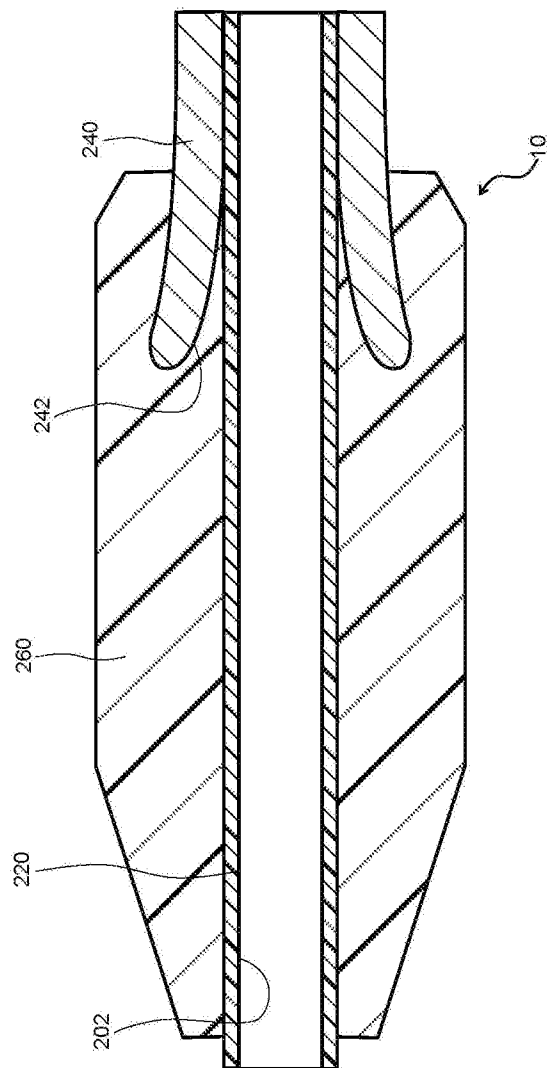
[図1]



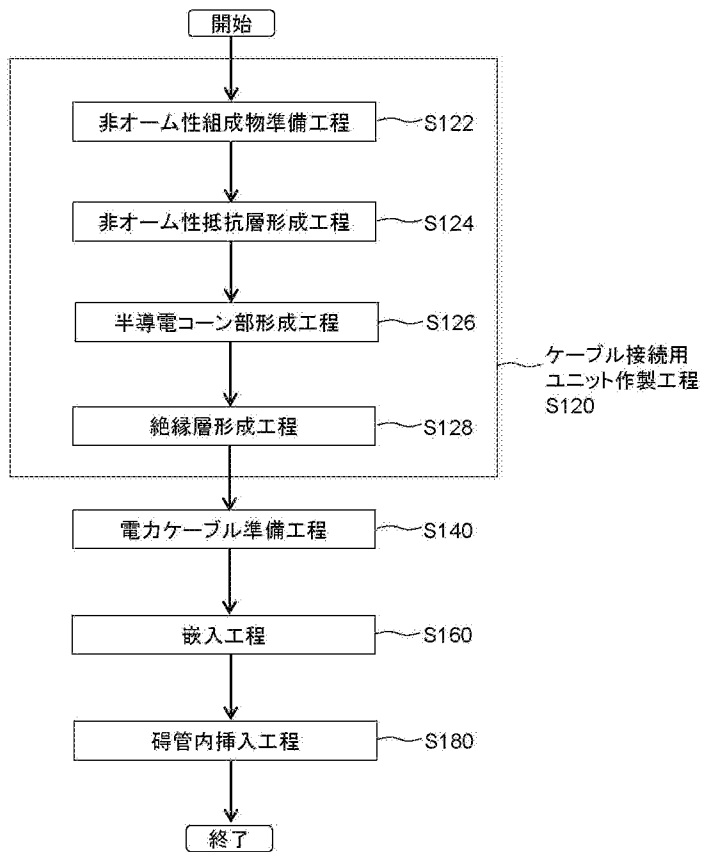
[図2]



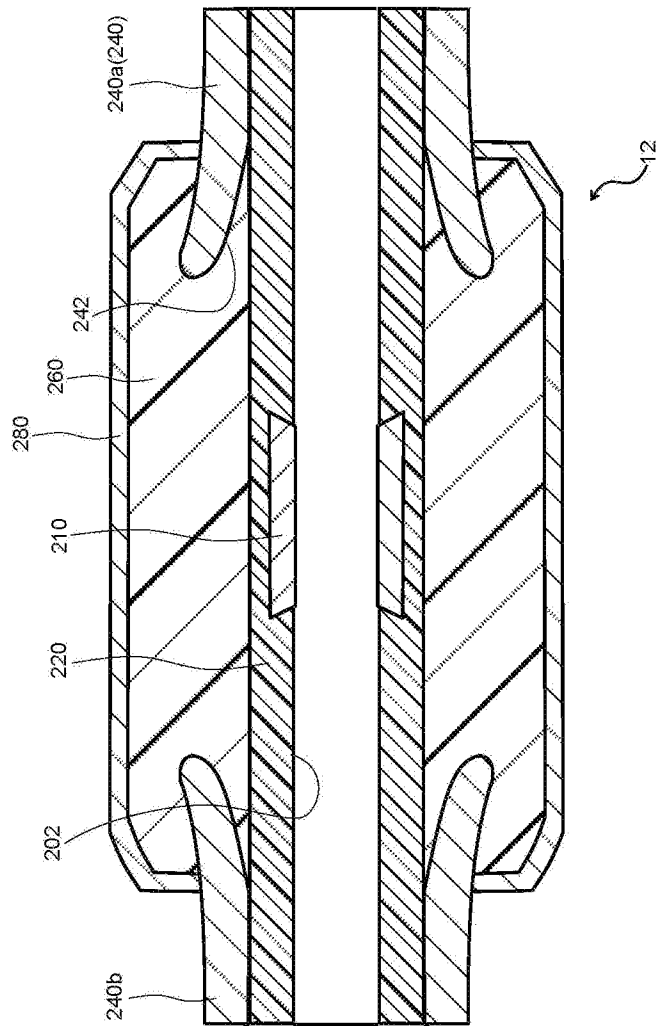
[図3]



[図4]

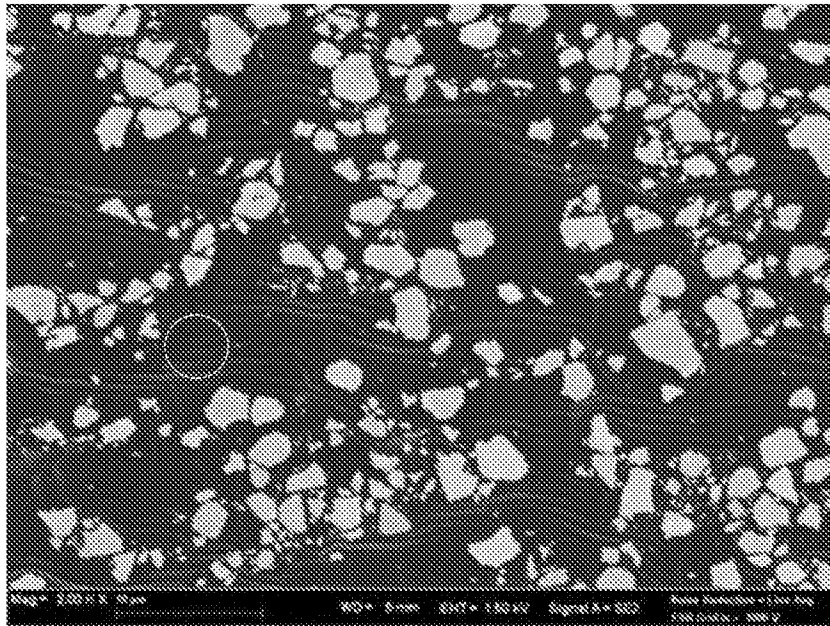


[図5]



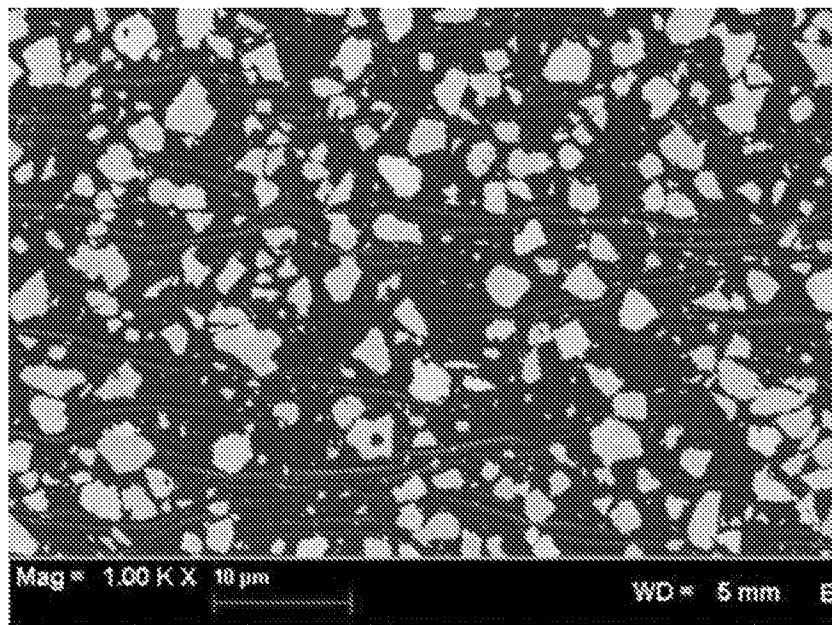
[図6A]

実施例

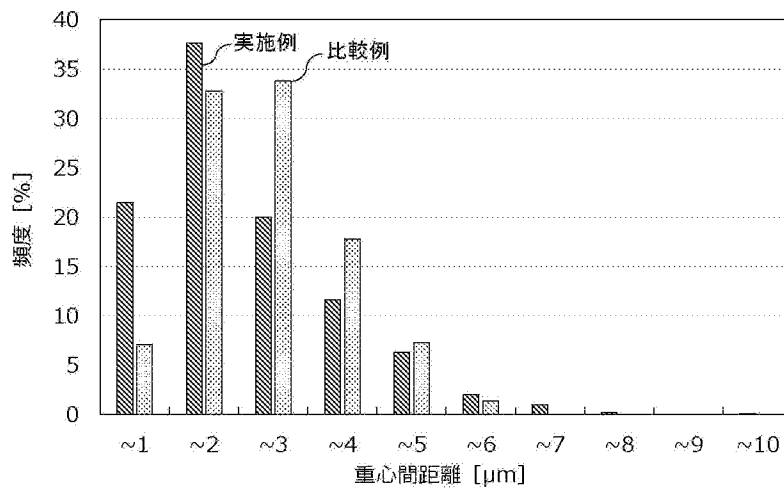


[図6B]

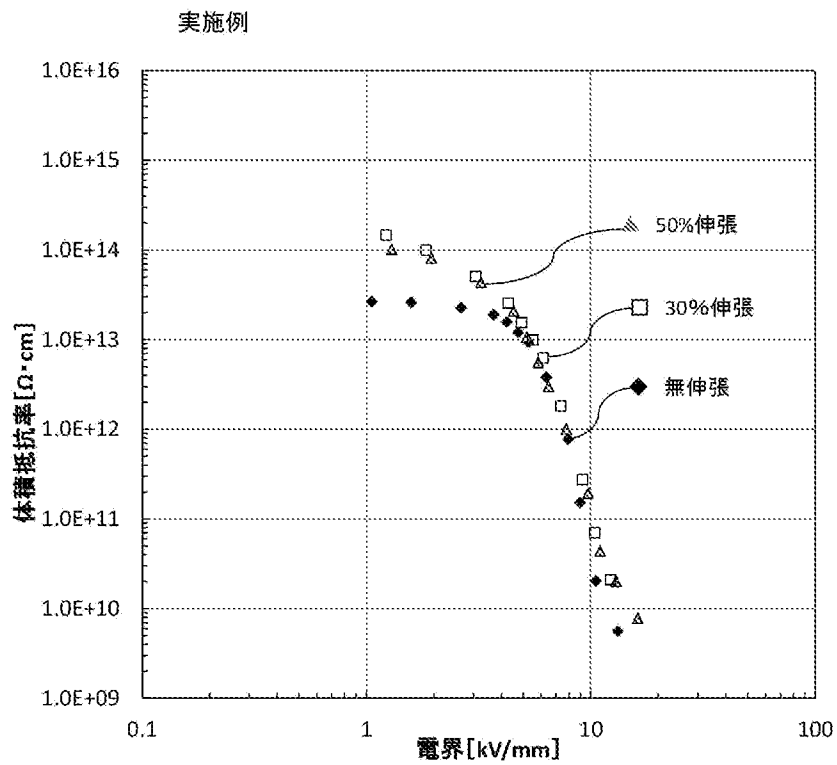
比較例



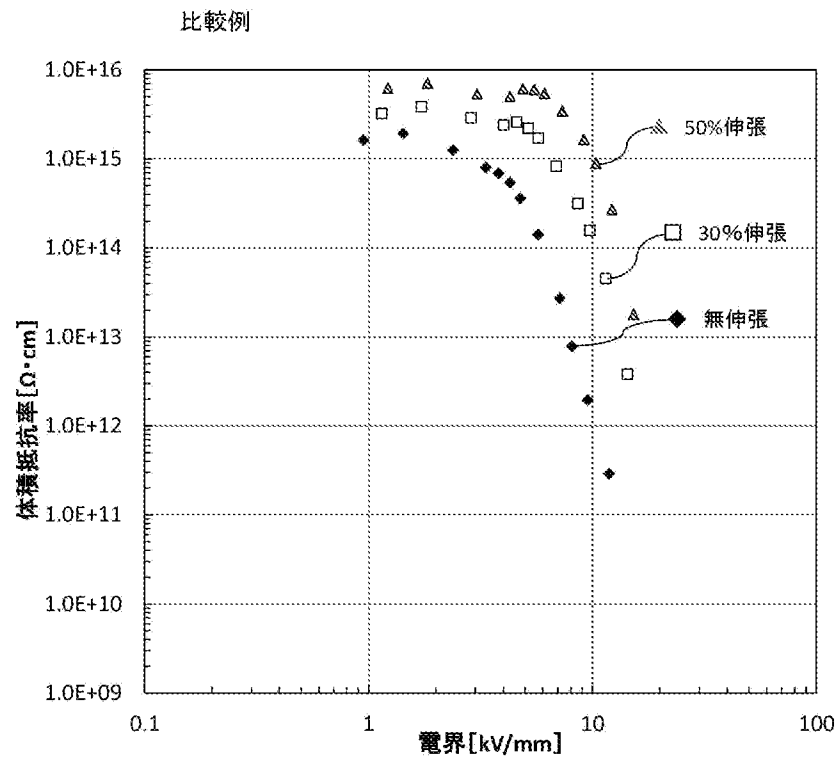
[図7]



[図8]



[図9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/039695

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. H01B1/20 (2006.01) i, C08L23/08 (2006.01) i, C08L101/00 (2006.01) i, H02G15/064 (2006.01) i, H02G15/08 (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. H01B1/20, C08L23/08, C08L101/00, H02G15/064, H02G15/08

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 1971-2019

Registered utility model specifications of Japan 1996-2019

Published registered utility model applications of Japan 1994-2019

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.
A	WO 2019/012885 A1 (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 17 January 2019 (Family: none)	1-18
A	JP 2014-518500 A (ABB RESEARCH LTD.) 28 July 2014 & US 2014/0116746 A1 & WO 2013/004748 A2 & CN 103718404 A & KR 10-2014-0030330 A	1-18
A	JP 2013-212045 A (NEXANS) 10 October 2013 & US 2014/0065420 A1 & EP 2639264 A1 & KR 10-2013-0105523 A	1-18
A	JP 54-137651 A (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.) 25 October 1979 (Family: none)	1-18



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
10.12.2019

Date of mailing of the international search report
17.12.2019

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/039695

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2012-142377 A (TOSHIBA CORP.) 26 July 2012 (Family: none)	1-18

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H01B1/20(2006.01)i, C08L23/08(2006.01)i, C08L101/00(2006.01)i, H02G15/064(2006.01)i, H02G15/08(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. H01B1/20, C08L23/08, C08L101/00, H02G15/064, H02G15/08

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	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019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
A	WO 2019/012885 A1 (住友電気工業株式会社) 2019.01.17 (ファミリーなし)	1-18
A	JP 2014-518500 A (アーベーバー・リサーチ・リミテッド) 2014.07.28 & US 2014/0116746 A1 & WO 2013/004748 A2 & CN 103718404 A & KR 10-2014-0030330 A	1-18

☒ 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

10.12.2019

国際調査報告の発送日

17.12.2019

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

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)

久保 正典

5G

9642

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 2013-212045 A (ネクサン) 2013. 10. 10 & US 2014/0065420 A1 & EP 2639264 A1 & KR 10-2013-0105523 A	1-18
A	JP 54-137651 A (松下電器産業株式会社) 1979. 10. 25 (ファミリーなし)	1-18
A	JP 2012-142377 A (株式会社東芝) 2012. 07. 26 (ファミリーなし)	1-18