

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7677397号
(P7677397)

(45)発行日 令和7年5月15日(2025.5.15)

(24)登録日 令和7年5月7日(2025.5.7)

(51)国際特許分類	F I	
H 0 1 B 11/00 (2006.01)	H 0 1 B 11/00	J
H 0 1 B 11/18 (2006.01)	H 0 1 B 11/00	G
H 0 1 B 7/08 (2006.01)	H 0 1 B 11/18	Z
H 0 1 B 7/18 (2006.01)	H 0 1 B 7/08	
	H 0 1 B 7/18	D
請求項の数 38 (全26頁)		

(21)出願番号	特願2023-500235(P2023-500235)	(73)特許権者	000002130 住友電気工業株式会社 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号
(86)(22)出願日	令和3年2月18日(2021.2.18)	(74)代理人	110001195 弁理士法人深見特許事務所
(86)国際出願番号	PCT/JP2021/006167	(72)発明者	後藤 健吾 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
(87)国際公開番号	WO2022/176121	(72)発明者	細江 晃久 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
(87)国際公開日	令和4年8月25日(2022.8.25)	(72)発明者	小林 優斗 栃木県鹿沼市さつき町3-3 住友電気ワイヤー株式会社内
審査請求日	令和5年8月21日(2023.8.21)		最終頁に続く

(54)【発明の名称】 差動信号伝送用ケーブル

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

差動信号伝送用ケーブルであって、
前記差動信号伝送用ケーブルの長手方向に沿って延在している絶縁層と、
前記長手方向に沿って延在しており、前記絶縁層の内部に埋設されている一対の信号線と、
前記絶縁層の外周面の周囲にあるシールドと、
前記シールドと前記絶縁層との間にある金属酸化物層とを備え、
前記シールドは、めっき層を有し、
前記めっき層は、金属酸化物層に接触しており、
前記金属酸化物層は、直接的又は間接的に、前記絶縁層の外周面に化学的に結合している、
差動信号伝送用ケーブル。

【請求項2】

前記絶縁層の外周面を被覆している中間層をさらに備え、
前記金属酸化物層は、前記中間層の外周面を被覆している、請求項1に記載の差動信号伝送用ケーブル。

【請求項3】

前記金属酸化物層は、酸化銅の層である、請求項2に記載の差動信号伝送用ケーブル。

【請求項4】

前記金属酸化物層中にある第1触媒粒子をさらに備える、請求項2又は請求項3に記載

の差動信号伝送用ケーブル。

【請求項 5】

前記第 1 触媒粒子は、パラジウムを含む粒子である、請求項 4 に記載の差動信号伝送用ケーブル。

【請求項 6】

前記長手方向に直交する断面において、前記金属酸化物層の厚さは前記中間層の厚さよりも小さい、請求項 2 から請求項 5 のいずれか 1 項に記載の差動信号伝送用ケーブル。

【請求項 7】

前記長手方向に直交する断面において、前記金属酸化物層の厚さは前記中間層の厚さの 0.001 倍以上 0.9 倍以下である、請求項 2 から請求項 6 のいずれか 1 項に記載の差動信号伝送用ケーブル。

10

【請求項 8】

前記長手方向に直交する断面において、前記金属酸化物層の厚さは 1.5 nm 以上 223 nm 以下である、請求項 2 から請求項 7 のいずれか 1 項に記載の差動信号伝送用ケーブル。

【請求項 9】

前記長手方向に直交する断面において、前記金属酸化物層は、前記中間層側を向いている第 1 面と、前記シールド側を向いている第 2 面とを有し、

前記長手方向に直交する断面において、前記第 1 面は、前記第 2 面側に窪んでいる第 1 凹部と、前記第 2 面とは反対側に突出している第 1 凸部とを含む、請求項 2 から請求項 8 のいずれか 1 項に記載の差動信号伝送用ケーブル。

20

【請求項 10】

前記長手方向に直交する断面において、前記第 2 面は、前記第 1 面側に窪んでいる第 2 凹部と、前記第 1 面とは反対側に突出している第 2 凸部とを含む、請求項 9 に記載の差動信号伝送用ケーブル。

【請求項 11】

前記長手方向に直交する断面において、前記金属酸化物層の厚さは前記中間層の外周面に沿って変動している、請求項 2 から請求項 8 のいずれか 1 項に記載の差動信号伝送用ケーブル。

【請求項 12】

前記長手方向に直交する断面において、前記金属酸化物層は、全周にわたって前記中間層の外周面を被覆している、請求項 9 から請求項 11 のいずれか 1 項に記載の差動信号伝送用ケーブル。

30

【請求項 13】

前記長手方向に直交する断面において、前記中間層と前記シールドとは、部分的に接触している、請求項 9 から請求項 11 のいずれか 1 項に記載の差動信号伝送用ケーブル。

【請求項 14】

前記中間層は、ポリオレフィンを含有している、請求項 2 から請求項 13 のいずれか 1 項に記載の差動信号伝送用ケーブル。

【請求項 15】

前記中間層は、アクリロニトリルブタジエンスチレン樹脂を含有している、請求項 2 から請求項 13 のいずれか 1 項に記載の差動信号伝送用ケーブル。

40

【請求項 16】

前記中間層上にある第 2 触媒粒子をさらに備える、請求項 2 から請求項 15 のいずれか 1 項に記載の差動信号伝送用ケーブル。

【請求項 17】

前記第 2 触媒粒子は、パラジウムを含む粒子である、請求項 16 に記載の差動信号伝送用ケーブル。

【請求項 18】

前記めっき層は、無電解めっき層を含む、請求項 1 に記載の差動信号伝送用ケーブル。

50

【請求項 19】

前記無電解めっき層は、前記金属酸化物層に接触している、請求項 1.8 に記載の差動信号伝送用ケーブル。

【請求項 20】

前記無電解めっき層と前記金属酸化物層との間における接着強度は、 0.1 N/cm 以上 20 N/cm 以下である、請求項 19 に記載の差動信号伝送用ケーブル。

【請求項 21】

前記めっき層は、電解めっき層を含む、請求項 1.8 から請求項 2.0 のいずれか 1 項に記載の差動信号伝送用ケーブル。

【請求項 22】

前記電解めっき層は、前記無電解めっき層上に形成されている、請求項 2.1 に記載の差動信号伝送用ケーブル。

10

【請求項 23】

前記一对の信号線の各々の前記絶縁層からの引き抜き強度は、 0.8 N 以上 82.5 N 以下である、請求項 1 から請求項 2.2 のいずれか 1 項に記載の差動信号伝送用ケーブル。

【請求項 24】

前記一对の信号線の各々の外周面における算術平均粗さは $0.009 \mu\text{m}$ 以上 $0.54 \mu\text{m}$ 以下である、請求項 1 から請求項 2.3 のいずれか 1 項に記載の差動信号伝送用ケーブル。

【請求項 25】

前記長手方向に直交する断面において、前記絶縁層は、前記一对の信号線の各々の外周面からの距離が $50 \mu\text{m}$ までの部分である第 1 部分と、前記絶縁層の外周面からの距離が $50 \mu\text{m}$ までの部分である第 2 部分とを有し、

20

前記第 2 部分における硬さは、前記第 1 部分における硬さよりも小さい、請求項 1 から請求項 2.4 のいずれか 1 項に記載の差動信号伝送用ケーブル。

【請求項 26】

前記第 1 部分の硬さは、 0.02 GPa 以上 0.11 GPa 以下である、請求項 2.5 に記載の差動信号伝送用ケーブル。

【請求項 27】

前記第 2 部分の硬さは、 0.01 GPa 以上 0.10 GPa 以下である、請求項 2.5 又は請求項 2.6 に記載の差動信号伝送用ケーブル。

30

【請求項 28】

前記絶縁層は、ポリエチレン、環状オレフィンポリマー、ポリメチルペンテン及びポリプロピレンの少なくとも 1 つを含有している、請求項 1 から請求項 2.7 のいずれか 1 項に記載の差動信号伝送用ケーブル。

【請求項 29】

前記絶縁層は、融点が 120 以上のポリオレフィンを含有している、請求項 1 から請求項 2.7 のいずれか 1 項に記載の差動信号伝送用ケーブル。

【請求項 30】

前記絶縁層は、発泡樹脂の層である、請求項 1 から請求項 2.7 のいずれか 1 項に記載の差動信号伝送用ケーブル。

40

【請求項 31】

前記一对の信号線は、第 1 信号線と、第 2 信号線であり、

前記長手方向に直交する断面において、前記絶縁層は、前記第 1 信号線が埋設されている第 3 部分と、前記第 2 信号線が埋設されている第 4 部分とを有する、請求項 1 から請求項 3.0 のいずれか 1 項に記載の差動信号伝送用ケーブル。

【請求項 32】

前記長手方向に直交する断面において、前記絶縁層の第 1 方向における幅は、前記絶縁層の前記第 1 方向に直交する第 2 方向における幅よりも大きい、請求項 3.1 に記載の差動信号伝送用ケーブル。

50

【請求項 3 3】

前記第 3 部分及び前記第 4 部分は、前記第 1 方向に沿って並んでいる、請求項 3 2 に記載の差動信号伝送用ケーブル。

【請求項 3 4】

前記絶縁層は、前記第 1 方向において前記第 3 部分と前記第 4 部分との間にあり、かつ前記第 3 部分及び前記第 4 部分と一体形成されている第 5 部分をさらに有する、請求項 3 3 に記載の差動信号伝送用ケーブル。

【請求項 3 5】

前記第 5 部分の前記第 2 方向における幅は、前記第 3 部分の前記第 2 方向における幅及び前記第 4 部分の前記第 2 方向における幅よりも小さい、請求項 3 4 に記載の差動信号伝送用ケーブル。

10

【請求項 3 6】

前記金属酸化物層中にある第 1 触媒粒子と、
前記中間層上にある第 2 触媒粒子とをさらに備え、
前記差動信号伝送用ケーブルに含まれている前記第 1 触媒粒子及び前記第 2 触媒粒子の合計含有量は、前記長手方向に沿った 1 cm あたり $0.1 \mu\text{g}$ 以上 $10 \mu\text{g}$ 以下である、請求項 2 に記載の差動信号伝送用ケーブル。

【請求項 3 7】

差動信号伝送用ケーブルであって、
前記差動信号伝送用ケーブルの長手方向に沿って延在している絶縁層と、
前記長手方向に沿って延在しており、前記絶縁層の内部に埋設されている一対の信号線と、
前記絶縁層の外周面の周囲にあるシールドとを備え、
前記一対の信号線の各々の前記絶縁層からの引き抜き強度は、 0.8 N 以上 82.5 N 以下であり、
前記シールドは、めっき層を有し、
前記めっき層は、金属酸化物層に接触しており、
前記金属酸化物層は、直接的又は間接的に、前記絶縁層の外周面に化学的に結合している、
差動信号伝送用ケーブル。

20

【請求項 3 8】

差動信号伝送用ケーブルであって、
前記差動信号伝送用ケーブルの長手方向に沿って延在している絶縁層と、
前記長手方向に沿って延在しており、前記絶縁層の内部に埋設されている一対の信号線と、
前記絶縁層の外周面の周囲にあるシールドとを備え、
前記長手方向に直交する断面において、前記絶縁層は、前記一対の信号線の各々の外周面からの距離が $50 \mu\text{m}$ までの部分である第 1 部分と、前記絶縁層の外周面からの距離が $50 \mu\text{m}$ までの部分である第 2 部分とを有し、
前記第 2 部分における硬さは、前記第 1 部分における硬さよりも小さい、
前記シールドは、めっき層を有し、
前記めっき層は、金属酸化物層に接触しており、
前記金属酸化物層は、直接的又は間接的に、前記絶縁層の外周面に化学的に結合している、
差動信号伝送用ケーブル。

30

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、差動信号伝送用ケーブルに関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 (特開 2019 - 16451 号公報) には、差動信号伝送用ケーブルが記載

50

されている。特許文献 1 に記載されている差動信号伝送用ケーブルは、絶縁層と、一对の信号線と、無電解めっき層とを有している。一对の信号線は、絶縁層の内部に埋設されている。無電解めっき層は、絶縁層の外周面に形成されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開 2019-16451 号公報

【発明の概要】

【0004】

本開示の差動信号伝送用ケーブルは、差動信号伝送用ケーブルの長手方向に沿って延在している絶縁層と、差動信号伝送用ケーブルの長手方向に沿って延在しており、絶縁層の内部に埋設されている一对の信号線と、絶縁層の外周面の周囲にあるシールドとを含む。本開示の差動信号伝送用ケーブルは、さらに、改良を含む。

10

【図面の簡単な説明】

【0005】

【図 1】図 1 は、ケーブル 100 の斜視図である。

【図 2】図 2 は、ケーブル 100 の断面図である。

【図 3】図 3 は、外周面 30a の近傍におけるケーブル 100 の拡大断面図である。

【図 4】図 4 は、信号線 20a を絶縁層 10 から引き抜く際の引き抜き強度の測定方法を説明する第 1 模式図である。

20

【図 5】図 5 は、信号線 20a を絶縁層 10 から引き抜く際の引き抜き強度の測定方法を説明する第 2 模式図である。

【図 6】図 6 は、信号線 20a を絶縁層 10 から引き抜く際の引き抜き強度の測定方法を説明する第 3 模式図である。

【図 7】図 7 は、信号線 20a を絶縁層 10 から引き抜く際の引き抜き強度の測定方法を説明する第 4 模式図である。

【図 8】図 8 は、ケーブル 100 の製造方法を示す工程図である。

【図 9】図 9 は、準備工程 S1 において準備される処理対象部材 100A の断面図である。

【図 10】図 10 は、中間層形成工程 S2 が行われた後の処理対象部材 100A の断面図である。

30

【図 11】図 11 は、触媒粒子配置工程 S4 が行われた後の処理対象部材 100A の断面図である。

【図 12】図 12 は、酸化層形成工程 S5 及び無電解めっき工程 S6 が行われた後の処理対象部材 100A の断面図である。

【図 13】図 13 は、変形例 1 に係るケーブル 100 の断面図である。

【図 14】図 14 は、ケーブル 100 に対する曲げ加工を説明するための第 1 模式図である。

【図 15】図 15 は、ケーブル 100 に対する曲げ加工を説明するための第 2 模式図である。

【図 16】図 16 は、ケーブル 100 に対するテープピール試験を説明するための模式図である。

40

【図 17】図 17 は、ケーブル 100 の挿入損失を評価するために準備されるサンプルの模式図である。

【図 18】図 18 は、ケーブル 100 の挿入損失の評価に際してケーブル 100 に加えられるねじれを示す模式図である。

【発明を実施するための形態】

【0006】

[本開示が解決しようとする課題]

特許文献 1 に記載されている差動信号伝送用ケーブルにおいては、絶縁層の外周面がエッチングにより粗面化されている。これにより、絶縁層と無電解めっき層との間のアンカ

50

一効果が得られるため、絶縁層と無電解めっき層との間の密着性が確保されている。

【0007】

しかしながら、エッチング後の絶縁層の外周面には、凹凸が存在することになる。この凹凸は、30GHz以上の高周波領域において、伝送特性を悪化させる原因となる。

【0008】

本開示は、上記のような従来技術の問題点に鑑みてなされたものである。より具体的には、本開示は、高周波領域において良好な伝送特性を有する差動信号伝送用ケーブルを提供するものである。

【0009】

[本開示の効果]

本開示の差動信号伝送用ケーブルによると、高周波領域において良好な伝送特性を得ることができる。

【0010】

[本開示の実施形態の説明]

まず、本開示の実施形態を列記して説明する。

【0011】

(1)本開示の第1態様に係る差動信号伝送用ケーブルは、差動信号伝送用ケーブルの長手方向に沿って延在している絶縁層と、差動信号伝送用ケーブルの長手方向に沿って延在しており、絶縁層の内部に埋設されている一対の信号線と、絶縁層の外周面の周囲にあるシールドと、シールドと絶縁層との間にある金属酸化物層とを備えている。

【0012】

上記(1)の差動信号伝送用ケーブルによると、シールドと絶縁層との密着性及び高周波領域における良好な伝送特性を得ることができる。

【0013】

(2)上記(1)の差動信号伝送用ケーブルは、絶縁層の外周面を被覆している中間層をさらに備えていてもよい。金属酸化物層は、中間層の外周面を被覆していてもよい。

【0014】

(3)上記(2)の差動信号伝送用ケーブルでは、金属酸化物層が、酸化銅の層であってもよい。

【0015】

(4)上記(2)又は(3)の差動信号伝送用ケーブルは、金属酸化物層中にある第1触媒粒子をさらに備えていてもよい。

【0016】

(5)上記(4)の差動信号伝送用ケーブルでは、第1触媒粒子が、パラジウムを含む粒子であってもよい。

【0017】

(6)上記(2)から(5)の差動信号伝送用ケーブルでは、差動信号伝送用ケーブルの長手方向に直交する断面において、金属酸化物層の厚さが、中間層の厚さよりも小さくてもよい。

【0018】

(7)上記(2)から(6)の差動信号伝送用ケーブルでは、差動信号伝送用ケーブルの長手方向に直交する断面において、金属酸化物層の厚さが、中間層の厚さの0.001倍以上0.9倍以下であってもよい。

【0019】

(8)上記(2)から(7)の差動信号伝送用ケーブルでは、差動信号伝送用ケーブルの長手方向に直交する断面において、金属酸化物層の厚さが、1.5nm以上223nm以下であってもよい。

【0020】

(9)上記(2)から(8)の差動信号伝送用ケーブルでは、差動信号伝送用ケーブルの長手方向に直交する断面において、金属酸化物層が、中間層側を向いている第1面と、

10

20

30

40

50

シールド側を向いている第2面とを有していてもよい。差動信号伝送用ケーブルの長手方向に直交する断面において、第1面は、第2面側に窪んでいる第1凹部と、第2面とは反対側に突出している第1凸部とを含んでいてもよい。

【0021】

(10) 上記(9)の差動信号伝送用ケーブルでは、差動信号伝送用ケーブルの長手方向に直交する断面において、第2面は、第1面側に窪んでいる第2凹部と、第1面とは反対側に突出している第2凸部とを含んでいてもよい。

【0022】

(11) 上記(2)から(8)の差動信号伝送用ケーブルでは、差動信号伝送用ケーブルの長手方向に直交する断面において、金属酸化物層の厚さが、中間層の外周面に沿って変動していてもよい。

10

【0023】

(12) 上記(2)から(11)の差動信号伝送用ケーブルでは、差動信号伝送用ケーブルの長手方向に直交する断面において、金属酸化物層が、全周にわたって中間層の外周面を被覆していてもよい。

【0024】

(13) 上記(2)から(11)の差動信号伝送用ケーブルでは、差動信号伝送用ケーブルの長手方向に直交する断面において、中間層とシールドとは、部分的に接触していてもよい。

【0025】

(14) 上記(2)から(13)の差動信号伝送用ケーブルでは、中間層が、ポリオレフィンを含有していてもよい。

20

【0026】

(15) 上記(2)から(13)の差動信号伝送用ケーブルでは、中間層が、アクリロニトリルブタジエンスチレン樹脂を含有していてもよい。

【0027】

(16) 上記(2)から(15)の差動信号伝送用ケーブルは、中間層上にある第2触媒粒子をさらに備えていてもよい。

【0028】

(17) 上記(16)の差動信号伝送用ケーブルでは、第2触媒粒子が、パラジウムを含む粒子であってもよい。

30

【0029】

(18) 上記(1)から(17)の差動信号伝送用ケーブルでは、シールドが、めっき層を有していてもよい。

【0030】

(19) 上記(18)の差動信号伝送用ケーブルでは、めっき層が、金属酸化物層に接触していてもよい。

【0031】

(20) 上記(18)又は(19)の差動信号伝送用ケーブルでは、めっき層が、無電解めっき層を含んでいてもよい。

40

【0032】

(21) 上記(20)の差動信号伝送用ケーブルでは、無電解めっき層が、金属酸化物層に接触していてもよい。

【0033】

(22) 上記(21)の差動信号伝送用ケーブルでは、無電解めっき層と金属酸化物層との間における接着強度が、 0.1 N/cm 以上 20 N/cm 以下であってもよい。

【0034】

(23) 上記(20)から(22)の差動信号伝送用ケーブルでは、めっき層が、電解めっき層を含んでいてもよい。

【0035】

50

(24) 上記(23)の差動信号伝送用ケーブルでは、電解めっき層は、無電解めっき層上に形成されていてもよい。

【0036】

(25) 上記(1)から(24)の差動信号伝送用ケーブルでは、一对の信号線の各々の絶縁層からの引き抜き強度が、0.8 N以上82.5 N以下であってもよい。

【0037】

(26) 上記(1)から(25)の差動信号伝送用ケーブルでは、一对の信号線の各々の外周面における算術平均粗さは0.009 μm以上0.54 μm以下であってもよい。

【0038】

(27) 上記(1)から(26)の差動信号伝送用ケーブルでは、差動信号伝送用ケーブルの長手方向に直交する断面において、絶縁層は、一对の信号線の各々の外周面からの距離が50 μmまでの部分である第1部分と、絶縁層の外周面からの距離が50 μmまでの部分である第2部分とを有していてもよい。第2部分における硬さは、第1部分における硬さよりも小さくてもよい。

10

【0039】

(28) 上記(27)の差動信号伝送用ケーブルでは、第1部分の硬さが0.02 GPa以上0.11 GPa以下であってもよい。

【0040】

(29) 上記(27)又は(28)の差動信号伝送用ケーブルでは、第2部分の硬さが0.01 GPa以上0.10 GPa以下であってもよい。

20

【0041】

(30) 上記(1)から(29)の差動信号伝送用ケーブルでは、絶縁層が、ポリエチレン、環状オレフィンポリマー、ポリメチルペンテン及びポリプロピレンの少なくとも1つを含有していてもよい。

【0042】

(31) 上記(1)から(29)の差動信号伝送用ケーブルでは、絶縁層が、融点が120 以上のポリオレフィンを含有していてもよい。

【0043】

(32) 上記(1)から(29)の差動信号伝送用ケーブルでは、絶縁層が、発泡樹脂の層であってもよい。

30

【0044】

(33) 上記(1)から(32)の差動信号伝送用ケーブルでは、一对の信号線が、第1信号線と、第2信号線であってもよい。差動信号伝送用ケーブルの長手方向に直交する断面において、絶縁層は、第1信号線が埋設されている第3部分と、第2信号線が埋設されている第4部分とを有していてもよい。

【0045】

(34) 上記(33)の差動信号伝送用ケーブルでは、差動信号伝送用ケーブルの長手方向に直交する断面において、絶縁層の第1方向における幅は、絶縁層の第1方向に直交する第2方向における幅よりも大きくてもよい。

【0046】

40

(35) 上記(34)の差動信号伝送用ケーブルでは、第3部分及び第4部分が、第1方向に沿って並んでいてもよい。

【0047】

(36) 上記(35)の差動信号伝送用ケーブルでは、絶縁層が、第1方向において第3部分と第4部分との間にあり、かつ第3部分及び第4部分と一体形成されている第5部分をさらに有していてもよい。

【0048】

(37) 上記(36)の差動信号伝送用ケーブルでは、第5部分の第2方向における幅が、第3部分の第2方向における幅及び第4部分の第2方向における幅よりも小さくてもよい。

50

【 0 0 4 9 】

(3 8) 上記 (1) から (3) の差動信号伝送ケーブルは、金属酸化物層中にある第 1 触媒粒子と、中間層上にある第 2 触媒粒子とをさらに備えていてもよい。差動信号伝送用ケーブルに含まれている第 1 触媒粒子及び第 2 触媒粒子の合計含有量は、長手方向に沿った 1 c m あたり 0 . 1 μ g 以上 1 0 μ g 以下であってもよい。

【 0 0 5 0 】

(3 9) 本開示の第 2 態様に係る差動信号伝送用ケーブルは、差動信号伝送用ケーブルの長手方向に沿って延在している絶縁層と、差動信号伝送用ケーブルの長手方向に沿って延在しており、絶縁層の内部に埋設されている一対の信号線と、絶縁層の外周面の周囲にあるシールドとを備えている。一対の信号線の各々の絶縁層からの引き抜き強度は、0 . 8 N 以上 8 2 . 5 N 以下である。

10

【 0 0 5 1 】

上記 (3 9) の差動信号伝送用ケーブルによると、シールドと絶縁層との密着性及び高周波領域における良好な伝送特性を得ることができる。

【 0 0 5 2 】

(4 0) 本開示の第 2 態様に係る差動信号伝送用ケーブルは、差動信号伝送用ケーブルの長手方向に沿って延在している絶縁層と、差動信号伝送用ケーブルの長手方向に沿って延在しており、絶縁層の内部に埋設されている一対の信号線と、絶縁層の外周面の周囲にあるシールドとを備えている。差動信号伝送用ケーブルの長手方向に直交する断面において、絶縁層は、一対の信号線の各々の外周面からの距離が 5 0 μ m までの部分である第 1 部分と絶縁層の外周面からの距離が 5 0 μ m までの部分である第 2 部分とを有している。第 2 部分における硬さは、第 1 部分における硬さよりも小さい。

20

【 0 0 5 3 】

上記 (4 0) の差動信号伝送用ケーブルによると、差動信号伝送用ケーブルを曲げた際に信号線から絶縁層が剥離することを抑制できる。

【 0 0 5 4 】

[本開示の実施形態の詳細]

本開示の実施形態の詳細を、図面を参照しながら説明する。以下の図面では、同一又は相当する部分に同一の参照符号を付して説明は省略する。

【 0 0 5 5 】

以下に、実施形態に係る差動信号伝送用ケーブル (「ケーブル 1 0 0 」 とする) を説明する。

30

【 0 0 5 6 】

< ケーブル 1 0 0 の構成 >

図 1 は、ケーブル 1 0 0 の斜視図である。図 2 は、ケーブル 1 0 0 の断面図である。図 2 には、ケーブル 1 0 0 の長手方向に直交する断面が示されている。図 3 は、外周面 3 0 a の近傍におけるケーブル 1 0 0 の拡大断面図である。図 1 ~ 図 3 に示されるように、ケーブル 1 0 0 は、絶縁層 1 0 と、信号線 2 0 a と、信号線 2 0 b と、中間層 3 0 と、金属酸化物層 4 0 と、シールド 5 0 と、触媒粒子 6 0 a と、触媒粒子 6 0 b とを有している。

【 0 0 5 7 】

絶縁層 1 0 は、ケーブル 1 0 0 の長手方向に沿って延在している。絶縁層 1 0 は、電気絶縁性の材料により形成されている。絶縁層 1 0 は、発泡樹脂により形成されていてもよい。すなわち、絶縁層 1 0 は、発泡樹脂の層であってもよい。絶縁層 1 0 の厚さ (後述する外周面 1 0 a と信号線 2 0 a 又は信号線 2 0 b の外周面との間の距離) は、例えば 1 1 0 μ m 以上 5 6 0 μ m 以下である。但し、絶縁層 1 0 の厚さは、これに限定されるものではない。

40

【 0 0 5 8 】

絶縁層 1 0 は、例えば、ポリエチレン、環状オレフィンポリマー、ポリメチルペンテン又はポリプロピレンにより形成されている。絶縁層 1 0 は、これらの材料のうちの 1 又は複数を含有している層であってもよい。絶縁層 1 0 にポリオレフィンが用いられる場合、

50

当該ポリオレフィンの融点は、耐熱性の観点から、120 以上であることが好ましい。

【0059】

絶縁層10は、外周面10aを有している。絶縁層10は、第1部分11と、第2部分12とを有している。第1部分11は、信号線20a(信号線20b)の外周面からの距離が50 μ mまでの部分である。第2部分12は、外周面10aからの距離が50 μ mまでの部分である。第2部分12における硬さは、第1部分11における硬さよりも小さいことが好ましい。第1部分11における硬さは、例えば、0.02GPa以上0.11GPa以下である。第2部分12における硬さは、0.01GPa以上0.10GPa以下である。

【0060】

第1部分11における硬さは、第2部分12における硬さの1.03倍以上であってもよい。第1部分11における硬さは、第2部分12における硬さの1.10倍以上であってもよい。第1部分11における硬さは、第2部分12における硬さの1.50倍以下であってもよい。第1部分11における硬さは、第2部分12における硬さの2.00倍以下であってもよい。

【0061】

第1部分11における硬さは、第2部分12における硬さの1.03倍以上1.50倍以下であってもよい。第1部分11における硬さは、第2部分12における硬さの1.03倍以上2.00倍以下であってもよい。第1部分11における硬さは、第2部分12における硬さの1.10倍以上1.50倍以下であってもよい。

【0062】

絶縁層10がポリエチレンにより形成されている場合には、第1部分11における硬さが、例えば、0.024GPa以上である。この場合、第1部分11における硬さは、0.024GPa以上0.030GPa以下であってもよい。

【0063】

絶縁層10がポリエチレンにより形成されている場合には、第2部分12における硬さが、例えば、0.024GPa以下である。この場合、第2部分12における硬さは、0.021GPa以上0.024GPa以下であってもよい。

【0064】

絶縁層10がポリプロピレンにより形成されている場合には、第1部分11における硬さは、例えば0.060GPa以上である。この場合、第1部分11における硬さは、0.060GPa以上0.090GPa以下であってもよい。

【0065】

絶縁層10がポリプロピレンにより形成されている場合には、第2部分12における硬さは、例えば0.060GPa以下である。この場合、第2部分12における硬さは、0.045GPa以上0.060GPa以下であってもよい。

【0066】

ケーブル100は、第1方向DR1と、第2方向DR2とを有している。第1方向DR1は、ケーブル100の長手方向に直交している。第2方向DR2は、ケーブル100の長手方向に直交しており、かつ第1方向DR1に直交している。絶縁層10は、第1方向DR1に沿った幅W1と、第2方向DR2に沿った幅W2とを有している。幅W1は、例えば、幅W2よりも大きい。

【0067】

第1部分11及び第2部分12における硬さは、Bruker製トライインデンタHysitron TI980を用いて測定される。この測定では、圧子(インデンタ)としてBerkovich圧子が用いられる。最大荷重は、8mNである。負荷時間は、5秒である。最大荷重保持時間は、0秒である。この測定は、大気中において25 で行われる。

【0068】

信号線20a及び信号線20bは、一対になっている。信号線20bには、信号線20

10

20

30

40

50

aに印加される信号とは反対位相の信号が印加される。これにより、ケーブル100は、差動信号が伝送する。

【0069】

信号線20a及び信号線20bは、絶縁層10の内部に埋設されている。信号線20a及び信号線20bは、ケーブル100の長手方向に沿って延在している。信号線20a及び信号線20bは、導電性の材料により形成されている。信号線20a及び信号線20bは、例えば銅(Cu)により形成されている。但し、信号線20a及び信号線20bを構成している材料は、銅に限定されない。信号線20a及び信号線20bは、例えば、第1方向DR1に沿って並んでいる。

【0070】

信号線20a及び信号線20bの外周面における算術平均粗さは、好ましくは、0.009µm以上0.54µm以下である。信号線20a及び信号線20bの外周面における算術平均粗さは、信号線20a及び信号線20bを伸線する際に使用される金型の内周面における算術平均粗さによって制御される。信号線20a(信号線20b)の外周面における算術平均粗さは、レーザ顕微鏡VM-X150(株式会社キーエンス製)により測定される。より具体的には、信号線20a(信号線20b)の外周面を50倍の対物レンズを用いて観察し、その観察結果に対して解析ソフトウェアVK-H1XMを適用することにより、信号線20a(信号線20b)の外周面における算術平均粗さが算出される。

【0071】

信号線20a(信号線20b)を絶縁層10から引き抜く際の引き抜き強度は、0.8N以上82.5N以下であるが好ましい。信号線20a(信号線20b)を絶縁層10から引き抜く際の引き抜き強度は、以下の方法により測定される。

【0072】

第1に、試験片300が準備される。図4は、信号線20aを絶縁層10から引き抜く際の引き抜き強度の測定方法を説明する第1模式図である。図4に示されるように、50mmの長さを有しているケーブル100が、試験片300として準備される。

【0073】

第2に、試験片300の端部にある絶縁層10が除去される。図5は、信号線20aを絶縁層10から引き抜く際の引き抜き強度の測定方法を説明する第2模式図である。図5に示されるように、除去される絶縁層10の幅は10mmである。これにより、試験片300の端部から、長さが10mmの信号線20a及び信号線20bが露出される。なお、試験片300の端部にある絶縁層10の除去に伴い、試験片300の端部にある絶縁層10上の中間層30、金属酸化物層40及びシールド50も除去される。

【0074】

第3に、信号線20aの引き出しが行われる。図6は、信号線20aを絶縁層10から引き抜く際の引き抜き強度の測定方法を説明する第3模式図である。図6に示されるように、信号線20aは、絶縁層10から露出している長さが30mmとなるように引き出される。その結果、試験片300は、絶縁層10の内部に信号線20aが存在する第1領域301と、絶縁層10の内部に信号線20aが存在しない第2領域302とを有するようになる。

【0075】

第4に、信号線20aが絶縁層10から引き抜かれる。図7は、信号線20aを絶縁層10から引き抜く際の引き抜き強度の測定方法を説明する第4模式図である。図7に示されるように、信号線20aの絶縁層10からの引き抜きには、引張試験機が用いられる。引張試験機は、例えば、島津製作所製EZ-LXである。引張試験機は、第1チャック401と、第2チャック402とを有している。第1チャック401は、第2領域302をチャッキングする。第2チャック402は、絶縁層10から露出している信号線20aをチャッキングする。引張試験機は、第1チャック401及び第2チャック402を互いに離れるように移動させることにより、信号線20aを絶縁層10から引き抜く。この際に引張試験機が検知する力の最大値が、信号線20aを絶縁層10から引き抜く際の引き抜

10

20

30

40

50

き強度となる。

【0076】

中間層30は、外周面10aを被覆している。中間層30は、外周面30aを有している。中間層30は、電気絶縁性の材料により形成されている。中間層30は、例えば、ポリオレフィンにより形成されている。中間層30は、アクリロニトリルブタジエンスチレン樹脂（ABS樹脂）により形成されていてもよい。中間層30の厚さは、絶縁層10上に塗布される中間層30を構成している電気絶縁性の材料の量に依存する。

【0077】

金属酸化物層40は、金属酸化物の層である。この金属酸化物は、例えば、酸化銅（CuO）である。但し、この金属酸化物は、酸化銅に限られない。金属酸化物層40は、外周面30aを被覆している。金属酸化物層40は、全周にわたって外周面30aを被覆していることが好ましい。但し、金属酸化物層40は、外周面30aの一部を被覆していなくてもよい。この場合、外周面30aの当該一部は、シールド50と接触している。

10

【0078】

金属酸化物層40は、第1面40aと、第1面40aの反対面である第2面40bとを有している。第1面40aは、中間層30側を向いている面である。第2面40bは、シールド50側を向いている面である。金属酸化物層40は、第1面40aにおいて中間層30に接触しており、第2面40bにおいてシールド50に接触している。

【0079】

ケーブル100の長手方向に直交する断面において、第1面40aは、不規則な形状を有していてもよい。すなわち、第1面40aは、複数の凹部40aaと、複数の凸部40abとを含んでいる。第1面40aは、凹部40aaにおいて第2面40b側に窪んでおり、凸部40abにおいて第2面40bとは反対側に突出している。

20

【0080】

ケーブル100の長手方向に直交する断面において、第2面40bは、不規則な形状を有していてもよい。すなわち、第2面40bは、複数の凹部40baと、複数の凸部40bbとを含んでいる。第2面40bは、凹部40baにおいて第1面40a側に窪んでおり、凸部40bbにおいて第1面40aとは反対側に突出している。

【0081】

ケーブル100の長手方向に直交する断面において、金属酸化物層40の厚さT2は、中間層30の厚さT1よりも小さいことが好ましい。厚さT2は、厚さT1の0.001倍以上0.9倍以下であることが好ましい。厚さT1は、例えば、200nm以上1000nm以下である。但し、厚さT1は、これに限られない。厚さT2は、例えば、1.5nm以上223nm以上である。厚さT2は、2.9nm以上130nm以下であることが好ましい。但し、厚さT2はこれに限られない。

30

【0082】

シールド50は、第2面40bを被覆している。すなわち、シールド50は中間層30及び金属酸化物層40を介在させて外周面10aの周囲にある。金属酸化物層40は、絶縁層10とシールド50との間にある。金属酸化物層40は、中間層30とシールド50との間にある。シールド50は、導電性を有している。

40

【0083】

シールド50は、例えば、銅層51である。銅層51は、めっきにより形成された層である。銅層51は、例えば、無電解めっきで形成された第1銅層52を有している。銅層51は、電解めっきで形成された第2銅層53をさらに有していてもよい。

【0084】

第1銅層52は、例えば、無電解銅めっき層である。第1銅層52は、金属酸化物層40に接触している。第2銅層53は、例えば、電解銅めっき層である。第2銅層53は、第1銅層52上に形成されている。

【0085】

触媒粒子60aは、金属酸化物層40中にある。触媒粒子60aの表面は、金属酸化物

50

層 4 0 に覆われている。触媒粒子 6 0 b は、外周面 3 0 a 上にある。触媒粒子 6 0 b の表面は、部分的に外周面 3 0 a に接触しており、部分的に第 1 面 4 0 a に接触している。

【 0 0 8 6 】

触媒粒子 6 0 a 及び触媒粒子 6 0 b は、例えば、パラジウム (P d) を含有する粒子である。但し、触媒粒子 6 0 a 及び触媒粒子 6 0 b は、パラジウムを含有する粒子に限定されない。触媒粒子 6 0 a 及び触媒粒子 6 0 b は、例えば、銅、銀 (A g)、金 (A u) 等を含有する粒子であってもよい。触媒粒子 6 0 a 及び触媒粒子 6 0 b は、互いに異なる材料を含有していてもよく、同一の材料を含有していてもよい。

【 0 0 8 7 】

ケーブル 1 0 0 に含まれている触媒粒子 6 0 a 及び触媒粒子 6 0 b の合計含有量は、ケーブル 1 0 0 の長手方向に沿った 1 c m あたり 0 . 1 μ g 以上 1 0 μ g 以下であることが好ましい。ケーブル 1 0 0 の長手方向に沿った 1 c m あたりの触媒粒子 6 0 a 及び触媒粒子 6 0 b の合計含有量は、誘導結合プラズマ質量分析計を用いて測定される。

10

【 0 0 8 8 】

< ケーブル 1 0 0 の製造方法 >

図 8 は、ケーブル 1 0 0 の製造方法を示す工程図である。図 8 に示されるように、ケーブル 1 0 0 の製造方法は、準備工程 S 1 と、中間層形成工程 S 2 と、熱処理工程 S 3 と、触媒粒子配置工程 S 4 と、酸化物層形成工程 S 5 と、無電解めっき工程 S 6 と、電解めっき工程 S 7 とを有している。

【 0 0 8 9 】

準備工程 S 1 の後に、中間層形成工程 S 2 が行われる。中間層形成工程 S 2 の後に、熱処理工程 S 3 が行われる。熱処理工程 S 3 の後に、触媒粒子配置工程 S 4 が行われる。触媒粒子配置工程 S 4 の後に、酸化物層形成工程 S 5 が行われる。酸化物層形成工程 S 5 の後に、無電解めっき工程 S 6 が行われる。無電解めっき工程 S 6 の後に、電解めっき工程 S 7 が行われる。

20

【 0 0 9 0 】

準備工程 S 1 においては、処理対象部材 1 0 0 A が準備される。図 9 は、準備工程 S 1 において準備される処理対象部材 1 0 0 A の断面図である。図 9 に示されるように、処理対象部材 1 0 0 A は、絶縁層 1 0 と、信号線 2 0 a と、信号線 2 0 b とを有している。

【 0 0 9 1 】

図 1 0 は、中間層形成工程 S 2 が行われた後の処理対象部材 1 0 0 A の断面図である。図 1 0 に示されるように、中間層形成工程 S 2 においては、外周面 1 0 a を覆うように中間層 3 0 が形成される。中間層形成工程 S 2 においては、外周面 1 0 a に中間層 3 0 を構成する材料が塗布され、塗布された当該材料を硬化させることにより、外周面 1 0 a を覆うように中間層 3 0 が形成される。

30

【 0 0 9 2 】

熱処理工程 S 3 においては、中間層 3 0 が形成された処理対象部材 1 0 0 A が、所定の温度で所定の時間、熱処理される。所定の温度は、例えば、8 0 以上 1 2 0 以下である。所定の時間は、例えば、1 分以上 3 0 分以下である。熱処理工程 S 3 が行われた後の処理対象部材 1 0 0 A では、第 2 部分 1 2 における硬さが第 1 部分 1 1 における硬さよりも小さい。図 1 1 は、触媒粒子配置工程 S 4 が行われた後の処理対象部材 1 0 0 A の断面図である。図 1 1 に示されるように、触媒粒子配置工程 S 4 においては、外周面 3 0 a 上に、触媒粒子 6 0 が分散配置される。触媒粒子配置工程 S 4 においては、触媒粒子 6 0 を含む溶液が外周面 3 0 a に塗布され、当該溶液を揮発させることにより、外周面 3 0 a 上に触媒粒子 6 0 が分散配置される。

40

【 0 0 9 3 】

図 1 2 は、酸化物層形成工程 S 5 及び無電解めっき工程 S 6 が行われた後の処理対象部材 1 0 0 A の断面図である。図 1 2 に示されるように、酸化物層形成工程 S 5 において金属酸化物層 4 0 が形成され、無電解めっき工程 S 6 において金属酸化物層 4 0 上に第 1 銅層 5 2 が形成される。

50

【 0 0 9 4 】

酸化物層形成工程 S 5 においては、第 1 に、第 1 銅層 5 2 に含まれる材料が溶解しており、かつ酸素を含むガス（例えば、空気）がバブリングされているめっき液中に、処理対象部材 1 0 0 A が浸漬される。これにより、触媒粒子 6 0 を核として、外周面 3 0 a を被覆するように金属酸化物層 4 0 が形成される。なお、触媒粒子 6 0 のうち、金属酸化物層 4 0 の成長の核となったものが触媒粒子 6 0 a であり、それ以外のものが触媒粒子 6 0 b である。

【 0 0 9 5 】

無電解めっき工程 S 6 においては、上記のバブリングが停止される。その結果、金属酸化物層 4 0 上に第 1 銅層 5 2 がめっきされる。

10

【 0 0 9 6 】

電解めっき工程 S 7 においては、第 1 銅層 5 2 を覆うように、第 2 銅層 5 3 が形成される。電解めっき工程 S 7 においては、第 2 銅層 5 3 に含まれる材料が溶解しているめっき液中に処理対象部材 1 0 0 A が浸漬されるとともに、第 1 銅層 5 2 に通電がなされる。これにより、第 1 銅層 5 2 上に第 2 銅層 5 3 がめっきされ、図 1 ~ 図 3 に示される構造のケーブル 1 0 0 が製造される。

【 0 0 9 7 】

< ケーブル 1 0 0 の効果 >

ケーブル 1 0 0 においては、金属酸化物層 4 0 とシールド 5 0（より具体的には、第 1 銅層 5 2）との間に水素結合が生じる。この水素結合により金属酸化物層 4 0 とシールド 5 0 との密着性が確保される結果、絶縁層 1 0 とシールド 5 0 との密着性が確保される。

20

【 0 0 9 8 】

上記のとおり、シールド 5 0 は絶縁層 1 0 に対して金属酸化物層 4 0 を介して密着しているため、ケーブル 1 0 0 においては、外周面 1 0 a を粗面化することに伴う高周波領域での挿入損失の悪化が生じがたい。したがって、ケーブル 1 0 0 は、高周波領域において良好な伝送特性を有する。

【 0 0 9 9 】

ケーブル 1 0 0 においては、第 2 部分 1 2 の硬さが第 1 部分 1 1 の硬さよりも小さい。これにより、絶縁層 1 0 の断面二次モーメントが小さくなり、ケーブル 1 0 0 の変形に絶縁層 1 0 の変形に追従しやすくなる。そのため、この場合には、ケーブル 1 0 0 が曲げられた際に絶縁層 1 0 が信号線 2 0 a（信号線 2 0 b）から剥離しにくくなる。

30

【 0 1 0 0 】

信号線 2 0 a（信号線 2 0 b）の外周面における算術平均粗さが大きくなるほど、信号線 2 0 a（信号線 2 0 b）と絶縁層 1 0 との間の密着性が向上する。しかしながら、この高い密着性は、ケーブル 1 0 0 の高周波領域における減衰特性の悪化をもたらす。信号線 2 0 a（信号線 2 0 b）の外周面における算術平均粗さを $0.01 \mu\text{m}$ 以上 $0.25 \mu\text{m}$ 以下とすることにより、信号線 2 0 a（信号線 2 0 b）を絶縁層 1 0 から引き抜く際の引き抜き強度を確保しつつ（より具体的には、 0.8N 以上 82.5N 以下）、ケーブル 1 0 0 の高周波領域における減衰特性を維持することができる。

【 0 1 0 1 】

ケーブル 1 0 0 の長手方向に直交する断面において、第 2 面 4 0 b が不規則な形状を有している（つまり、第 2 面 4 0 b が凹部 4 0 b a 及び凸部 4 0 b b を有している）場合には、金属酸化物層 4 0 とシールド 5 0 との接触面積が大きくなる。そのため、この場合には、上記の水素結合がより強く作用し、シールド 5 0 の密着性をさらに確保することができる。

40

【 0 1 0 2 】

< 変形例 1 >

図 2 に示されるように、絶縁層 1 0 は、ケーブル 1 0 0 の長手方向に直交している断面において、長円形状（2 つの半円を直線で接続した形状）を有している。しかしながら、ケーブル 1 0 0 の断面形状は、これに限られない。図 1 3 は、変形例 1 に係るケーブル 1

50

00の断面図である。図13には、変形例1に係るケーブル100の長手方向に直交する断面が示されている。図13に示されるように、ケーブル100は、ケーブル100の長手方向に直交する断面において、絶縁層10が第3部分13と、第4部分14と、第5部分15とを有していてもよい。

【0103】

第3部分13及び第4部分14には、それぞれ、信号線20a及び信号線20bが埋設されている。第3部分13、第4部分14及び第5部分15は、第1方向DR1に沿って並んでいる。第5部分15は、第1方向DR1において、第3部分13と第4部分14との間に配置されている。第5部分15は、第3部分13及び第4部分14と一体に形成されている。

10

【0104】

第2方向DR2における第3部分13の幅W3及び第2方向DR2における第4部分14の幅W4は、第2方向DR2における第5部分15の幅W5よりも大きい。このことを別の観点から言えば、外周面10aは、第3部分13と第4部分14との間において、第2方向DR2において互いに対向している一対の切り欠きを有している。

【0105】

<変形例2>

ケーブル100は、中間層30を有していなくてもよい。ケーブル100が中間層30を有していない場合、中間層形成工程S2が省略される。この場合、金属酸化物層40が外周面10aを直接被覆する。

20

【0106】

<変形例3>

図4に示されるケーブル100の製造方法の例では、中間層形成工程S2の後に熱処理工程S3が行われている。しかしながら、熱処理工程S3は、準備工程S1の後に行われてもよい。また、熱処理工程S3は、触媒粒子配置工程S4の後に行われてもよい。

【0107】

[シールド50と絶縁層10との密着性の評価]

シールド50と絶縁層10との密着性を評価するため、ケーブル100のサンプル1-1～サンプル1-10が準備された。表1に示されるように、サンプル1-1～サンプル1-10では、絶縁層10を構成している材料、中間層30の有無、酸化物層形成工程S5の処理時間、酸化物層形成工程S5のバブリングに用いられるガスの種類及び金属酸化物層40の厚さを変化させた。

30

【0108】

40

50

【 表 1 】

表 1

	サンプル 1-1	サンプル 1-2	サンプル 1-3	サンプル 1-4	サンプル 1-5	サンプル 1-6	サンプル 1-7	サンプル 1-8	サンプル 1-9	サンプル 1-10
絶縁層 10 を構成 している材料	ポリエチ レン	ポリエチ レン	ポリエチ レン	ポリエチ レン	ポリエチ レン	ポリエチ レン	ポリエチ レン	ポリエチ レン	ポリエチ レン	ポリプロ ピレン
中間層 30 の有無	あり	あり	あり	あり	あり	なし	あり	あり	あり	あり
酸化物層形成工程 S5 の処理時間 (秒)	0	3	5	20	60	90	300	30	30	30
酸化物層形成工程 S5 で供給するガスの種類	-	空気	空気	空気	空気	空気	空気	99% 窒素	99% 酸素	空気
金属酸化物層 40 の 厚さ (nm)	0	1.5	2.9	15.5	50.3	130	223	0	31.3	34.5
シールド 50 と絶縁層 10 との密着性	C	B	A	A	A	A	B	C	A	A

10

20

30

40

【 0 1 0 9 】

シールド 50 と絶縁層 10 との密着性は、ケーブル 100 に対して曲げ加工を行った後にテープピール試験を行うことにより評価した。図 14 は、ケーブル 100 に対する曲げ加工を説明するための第 1 模式図である。図 14 に示されるように、曲げ加工では、円柱部材 500 の回りに、ケーブル 100 が巻き付けられる。曲げ加工において円柱部材 500 の回りに巻き付けられたケーブル 100 の部分を、屈曲部 110 とする。

【 0 1 1 0 】

図 15 は、ケーブル 100 に対する曲げ加工を説明するための第 2 模式図である。図 15 に示されるように、上記の巻き付けが行われた後に、ケーブル 100 は、円柱部材 50

50

0 から取り外され、直線状に戻る。

【 0 1 1 1 】

図 1 6 は、ケーブル 1 0 0 に対するテープピール試験を説明するための模式図である。テープピール試験では、第 1 に、テープ 5 1 0 が曲げ加工が行われた後のケーブル 1 0 0 の屈曲部 1 1 0 に張り付けられる。テープ 5 1 0 は、J I S 規格 (J I S 5 4 0 0) に準拠している粘着力が $1 0 \pm 1 \text{ N} / 2 5 \text{ mm}$ のテープである。第 2 に、テープ 5 1 0 が、屈曲部 1 1 0 に張り付けられてから 5 分以内に、屈曲部 1 1 0 から引き剥がされる。テープ 5 1 0 の引き剥がしによりシールド 5 0 の剥がれが生じているか否かにより、シールド 5 0 と絶縁層 1 0 との密着性を評価した。

【 0 1 1 2 】

表 1 中の「シールド 5 0 と絶縁層 1 0 との密着性」の欄における「 A 」は、直径が 1 0 0 mm の円柱部材 5 0 0 を用いた曲げ加工の後のテープピール試験でシールド 5 0 に剥がれが生じていなかったことを示している。表 1 中の「シールド 5 0 と絶縁層 1 0 との密着性」の欄における「 B 」は、直径が 2 0 0 mm の円柱部材 5 0 0 を用いた曲げ加工の後のテープピール試験ではシールド 5 0 に剥がれが生じていなかったが、直径が 1 0 0 mm の円柱部材 5 0 0 を用いた曲げ加工の後のテープピール試験ではシールド 5 0 に剥がれが生じていたことを示している。

【 0 1 1 3 】

表 1 中の「シールド 5 0 と絶縁層 1 0 との密着性」の欄における「 C 」は、直径が 3 0 0 mm の円柱部材 5 0 0 を用いた曲げ加工の後のテープピール試験ではシールド 5 0 に剥がれが生じていなかったが、直径が 2 0 0 mm の円柱部材 5 0 0 を用いた曲げ加工の後のテープピール試験ではシールド 5 0 に剥がれが生じていたことを示している。これらのことから、表 1 中の「シールド 5 0 と絶縁層 1 0 との密着性」の欄が「 C 」である場合にシールド 5 0 と絶縁層 1 0 との密着性が最も低く、表 1 中の「シールド 5 0 と絶縁層 1 0 との密着性」の欄が「 A 」である場合にシールド 5 0 と絶縁層 1 0 との密着性が最も高いことになる。

【 0 1 1 4 】

表 1 に示されるように、サンプル 1 - 1 及びサンプル 1 - 8 では、シールド 5 0 と絶縁層 1 0 との密着性の評価が C であった。他方で、サンプル 1 - 2 ~ サンプル 1 - 7、サンプル 1 - 9 及びサンプル 1 - 1 0 では、シールド 5 0 と絶縁層 1 0 との密着性の評価が B 以上であった。

【 0 1 1 5 】

サンプル 1 - 1 及びサンプル 1 - 8 では、金属酸化物層 4 0 が形成されていなかった。他方で、サンプル 1 - 2 ~ サンプル 1 - 7、サンプル 1 - 9 及びサンプル 1 - 1 0 では、金属酸化物層 4 0 が形成されていた。この比較から、ケーブル 1 0 0 が金属酸化物層 4 0 を有していることにより、シールド 5 0 と絶縁層 1 0 との密着性が高められることが明らかにされた。

【 0 1 1 6 】

サンプル 1 - 2 及びサンプル 1 - 7 では、金属酸化物層 4 0 の厚さが 2 . 9 nm 以上 1 3 0 nm 以下の範囲内になかった。他方で、サンプル 1 - 3 ~ サンプル 1 - 6、サンプル 1 - 9 及びサンプル 1 - 1 0 では、金属酸化物層 4 0 の厚さが 2 . 9 nm 以上 1 3 0 nm 以下の範囲内にあった。この比較から、金属酸化物層 4 0 の厚さを 2 . 9 nm 以上 1 3 0 nm 以下とすることにより、シールド 5 0 と絶縁層 1 0 との密着性がさらに高められることが明らかにされた。

【 0 1 1 7 】

[絶縁層 1 0 の屈曲性の評価]

絶縁層 1 0 の屈曲性を評価するために、ケーブル 1 0 0 のサンプル 2 - 1 ~ サンプル 2 - 9 が準備された。表 2 に示されるように、サンプル 2 - 1 ~ サンプル 2 - 9 では、絶縁層 1 0 を構成している材料、中間層 3 0 の有無、熱処理工程 S 3 を行う時間、熱処理工程 S 3 を行う温度を変化させた。これにより、サンプル 2 - 1 ~ サンプル 2 - 9 では、第 1

10

20

30

40

50

部分 1 1 における硬さ及び第 2 部分における硬さが変化した。

【 0 1 1 8 】

【 表 2 】

表 2	サンプル	サンプル	サンプル	サンプル	サンプル	サンプル	サンプル	サンプル	サンプル	サンプル	サンプル	サンプル
	2-1	2-2	2-3	2-4	2-5	2-6	2-7	2-8	2-9			
	ポリエチレン	ポリエチレン	ポリエチレン	ポリエチレン	ポリエチレン	ポリエチレン	ポリエチレン	ポリエチレン	ポリエチレン	ポリエチレン	ポリエチレン	ポリプロピレン
	あり	あり	あり	あり	あり	なし	あり	あり	あり	あり	あり	あり
絶縁層 10 を構成している材料	50	80	80	100	100	120	120	120	120	120	120	120
中間層 30 の有無	40	30	20	20	10	10	1	1	1	1	1	10
熱処理工程 S3 の温度 (°C)	0.026	0.026	0.026	0.025	0.026	0.025	0.026	0.022	0.022	0.022	0.022	0.073
熱処理工程 S3 の時間 (分)	0.026	0.023	0.023	0.023	0.023	0.021	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	0.053
第 1 部分 11 の硬さ (GPa)	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A
第 2 部分 12 の硬さ (GPa)												
ケーブル屈曲試験結果												

【 0 1 1 9 】

絶縁層 1 0 の屈曲性は、ケーブル 1 0 0 に対するケーブル屈曲試験を行うことにより評価した。ケーブル屈曲試験では、第 1 に、ケーブル 1 0 0 に対して曲げ加工が行われる。曲げ加工は、図 1 4 及び図 1 5 に示される方法により行われる。曲げ加工に用いられる円柱部材 5 0 0 の直径は、1 0 mm とされた。第 2 に、走査型電子顕微鏡 (SEM : Scanning Electron Microscope) を用いて屈曲部 1 1 0 の断面観察を行うことにより、絶縁層 1 0 と信号線 2 0 a (信号線 2 0 b) との間に空隙が存在しているかを観察した。

10

20

30

40

50

【 0 1 2 0 】

表 2 中の「ケーブル屈曲試験結果」の欄における「A」は、曲げ加工後に屈曲部 1 1 0 において絶縁層 1 0 と信号線 2 0 a (信号線 2 0 b) との間に空隙が存在していなかったことを示している。表 2 中の「ケーブル屈曲試験結果」の欄における「B」は、曲げ加工後に屈曲部 1 1 0 において絶縁層 1 0 と信号線 2 0 a (信号線 2 0 b) との間に空隙が存在していたことを示している。

【 0 1 2 1 】

表 2 中の「ケーブル屈曲試験結果」の欄における「C」は、曲げ加工前から絶縁層 1 0 が変形していたことを示している。そのため、表 2 中の「ケーブル屈曲試験結果」の欄が「C」となっているサンプル 2 - 8 に対しては、ケーブル屈曲試験が行われていない。

10

【 0 1 2 2 】

表 2 に示されるように、サンプル 2 - 1 では、ケーブル屈曲試験の結果が B であった。他方で、サンプル 2 - 2 ~ サンプル 2 - 7 及びサンプル 2 - 9 では、ケーブル屈曲試験の結果が A であった。

【 0 1 2 3 】

サンプル 2 - 1 では、第 2 部分 1 2 における硬さが第 1 部分 1 1 における硬さよりも小さくなっていなかった。他方で、サンプル 2 - 2 ~ サンプル 2 - 7 及びサンプル 2 - 9 では、第 2 部分 1 2 における硬さが第 1 部分 1 1 における硬さよりも小さくなっていた。この比較から、第 2 部分 1 2 における硬さが第 1 部分 1 1 における硬さよりも小さくなっていることにより、絶縁層 1 0 の屈曲性が高まり、絶縁層 1 0 と信号線 2 0 a (信号線 2 0 b) との間に剥離が生じにくくなることが明らかにされた。

20

【 0 1 2 4 】

[ケーブル 1 0 0 における信号線 2 0 a の引き抜き強度と挿入損失との関係の評価]

ケーブル 1 0 0 における信号線 2 0 a を絶縁層 1 0 から引き抜く際の引き抜き強度と挿入損失との関係の評価するため、ケーブル 1 0 0 のサンプル 3 - 1 ~ サンプル 3 - 8 が準備された。表 3 に示されるように、サンプル 3 - 1 ~ サンプル 3 - 8 では、信号線 2 0 a の算術平均粗さ、絶縁層 1 0 を構成している材料及び信号線 2 0 a を絶縁層 1 0 から引き抜く際の引き抜き強度を変化させた。

【 0 1 2 5 】

30

40

50

【表 3】

表 3	サンプル 3-1	サンプル 3-2	サンプル 3-3	サンプル 3-4	サンプル 3-5	サンプル 3-6	サンプル 3-7	サンプル 3-8
	ポリエチレン	ポリエチレン	ポリエチレン	ポリエチレン	ポリエチレン	ポリエチレン	ポリエチレン	ポリプロピレン
絶縁層 10 を構成している材料	0.005	0.009	0.04	0.13	0.23	0.54	0.81	0.13
信号線 20a の算術平均粗さ (μm)	0.2	0.8	8.3	41.2	63.5	82.5	92.1	32.2
信号線 20a の引き抜き強度 (N)	-32	-21	-22	-22	-23	-23	-35	-21
作動モードの挿入損失 (dB/m)	B	A	A	A	A	A	B	A
評価								

10

20

30

【 0 1 2 6 】

図 1 7 は、ケーブル 1 0 0 の挿入損失を評価するために準備されるサンプルの模式図である。図 1 7 に示されるように、ケーブル 1 0 0 の挿入損失の評価では、サンプル 3 - 1 ~ サンプル 3 - 8 として、長さが 1 m のケーブル 1 0 0 が準備された。

40

【 0 1 2 7 】

図 1 8 は、ケーブル 1 0 0 の挿入喪失の評価に際してケーブル 1 0 0 に加えられるねじれを示す模式図である。図 1 8 に示されるように、サンプル 3 - 1 ~ サンプル 3 - 8 に対しては、ねじれが加えられる。サンプル 3 - 1 ~ サンプル 3 - 8 に対しては、2 0 0 mm ごとに 1 8 0 ° のねじれが加えられる。上記のとおり、サンプル 3 - 1 ~ サンプル 3 - 8 の長さは 1 m であるため、サンプル 3 - 1 ~ サンプル 3 - 8 は、2 . 5 周分のねじれが加えられている。サンプル 3 - 1 ~ サンプル 3 - 8 の挿入損失は、上記のねじれが加えられた状態でサンプル 3 - 1 ~ サンプル 3 - 8 に対して差動モードの信号を入力することにより測定された。

【 0 1 2 8 】

50

表 3 中の「評価」の欄における「A」は、挿入損失が -25 dB/m 以下であり、加えられたねじれにより挿入損失の劣化が生じていなかったことを示している。表 3 中の「評価」の欄における「B」は、挿入損失が -25 dB/m よりも大きく、加えられたねじれにより挿入損失の劣化が生じていたことを示している。

【0129】

表 3 に示されるように、サンプル 3 - 1 及びサンプル 3 - 7 に対する挿入損失の評価は B であった。他方で、サンプル 3 - 2 ~ サンプル 3 - 6 及びサンプル 3 - 8 に対する挿入損失の評価は A であった。

【0130】

サンプル 3 - 1 及びサンプル 3 - 7 では、信号線 20 a を絶縁層 10 から引き抜く際の引き抜き強度が、 0.8 N 以上 82.5 N 以下の範囲内になかった。他方で、サンプル 3 - 2 ~ サンプル 3 - 6 及びサンプル 3 - 8 では、信号線 20 a を絶縁層 10 から引き抜く際の引き抜き強度が、 0.8 N 以上 82.5 N 以下の範囲内にあった。この比較から、信号線 20 a (信号線 20 b) を絶縁層 10 から引き抜く際の引き抜き強度を 0.8 N 以上 82.5 N 以下とすることによりケーブル 100 の挿入損失の劣化を抑制できることが、明らかにされた。

10

【0131】

今回開示された実施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、上記した実施形態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。

20

【符号の説明】

【0132】

10 絶縁層、10 a 外周面、11 第 1 部分、12 第 2 部分、13 第 3 部分、14 第 4 部分、15 第 5 部分、20 a, 20 b 信号線、30 中間層、30 a 外周面、40 金属酸化物層、40 a 第 1 面、40 a a 凹部、40 a b 凸部、40 b 第 2 面、40 b a 凹部、40 b b 凸部、50 シールド、51 銅層、52 第 1 銅層、53 第 2 銅層、60 触媒粒子、60 a 触媒粒子、60 b 触媒粒子、100 ケーブル、100 A 処理対象部材、110 屈曲部、300 試験片、301 第 1 領域、302 第 2 領域、401 第 1 チャック、402 第 2 チャック、500 円柱部材、510 テープ、DR1 第 1 方向、DR2 第 2 方向、L 距離、S1 準備工程、S2 中間層形成工程、S3 熱処理工程、S4 触媒粒子配置工程、S5 金属酸化物層形成工程、S6 無電解めっき工程、S7 電解めっき工程、T1, T2 厚さ、W1, W2, W3, W4, W5 幅。

30

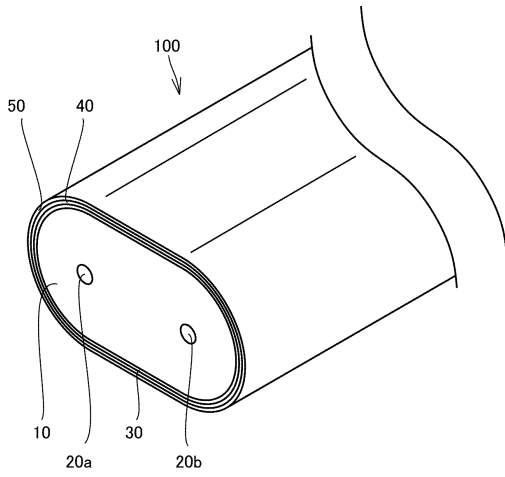
40

50

【図面】

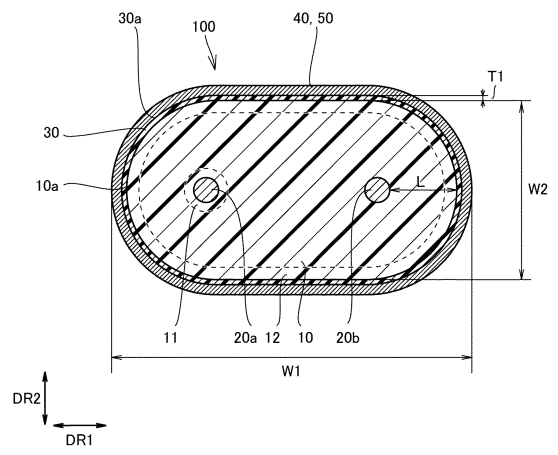
【図 1】

FIG. 1



【図 2】

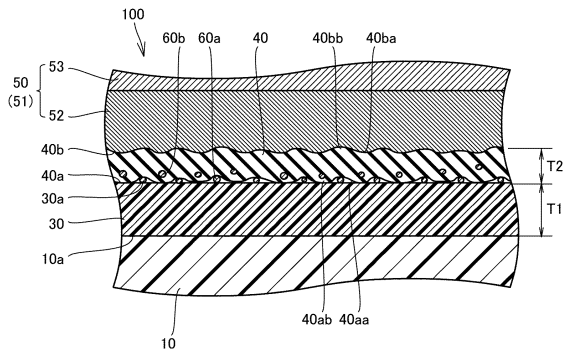
FIG. 2



10

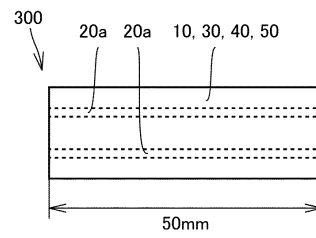
【図 3】

FIG. 3



【図 4】

FIG. 4



20

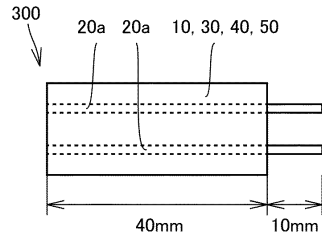
30

40

50

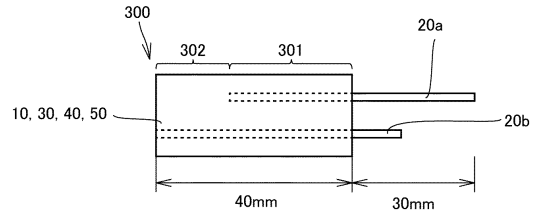
【図5】

FIG. 5



【図6】

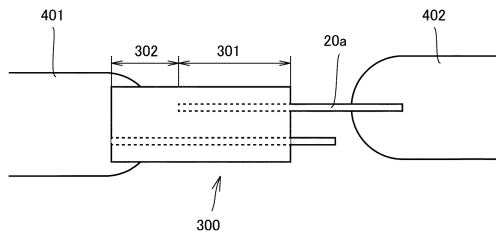
FIG. 6



10

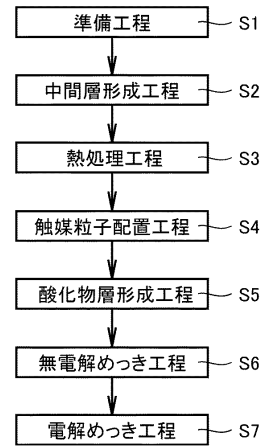
【図7】

FIG. 7



【図8】

FIG. 8



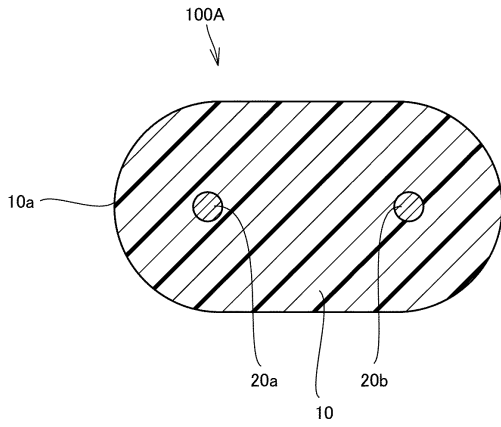
20

30

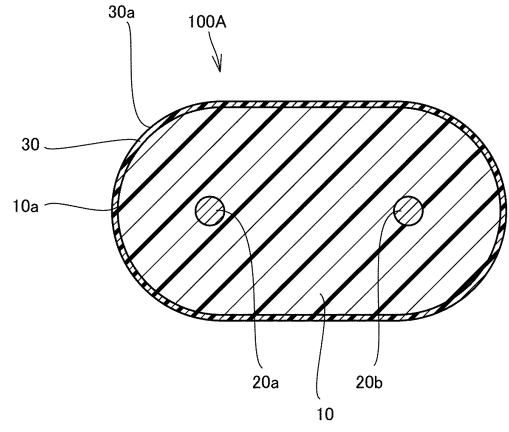
40

50

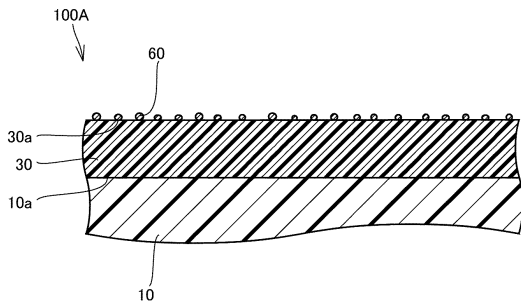
【 図 9 】
FIG. 9



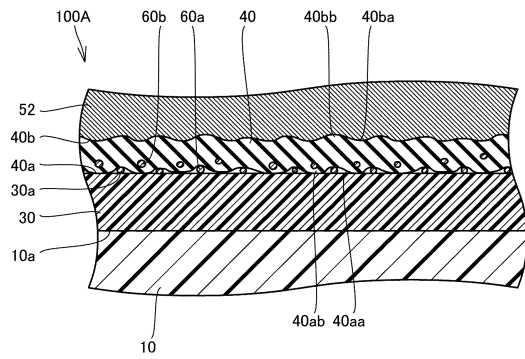
【 図 10 】
FIG. 10



【 図 11 】
FIG. 11



【 図 12 】
FIG. 12



10

20

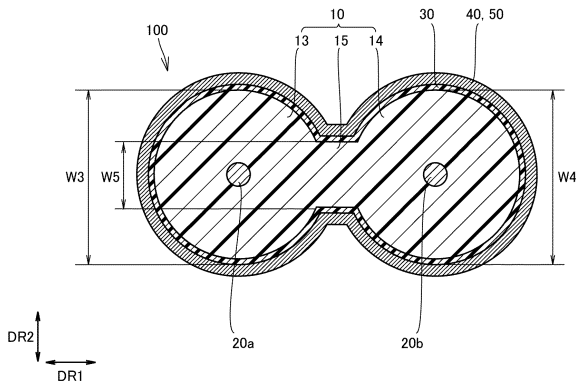
30

40

50

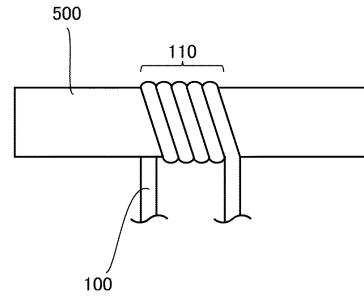
【 図 1 3 】

FIG. 13



【 図 1 4 】

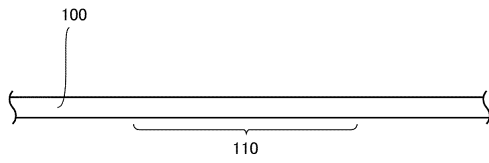
FIG. 14



10

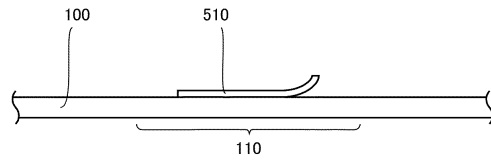
【 図 1 5 】

FIG. 15



【 図 1 6 】

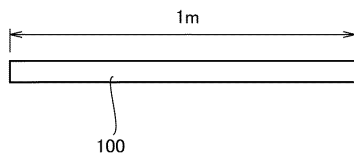
FIG. 16



20

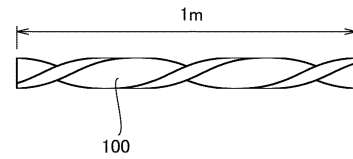
【 図 1 7 】

FIG. 17



【 図 1 8 】

FIG. 18



30

40

50

フロントページの続き

(72)発明者 越智 祐司
栃木県鹿沼市さつき町3-3 住友電工電子ワイヤー株式会社内

審査官 神田 太郎

(56)参考文献 特開2017-130350(JP,A)
特開2019-125563(JP,A)
特開2019-110022(JP,A)
国際公開第2010/023972(WO,A1)
特開2001-076545(JP,A)
特開昭54-111839(JP,A)
国際公開第2019/150542(WO,A1)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
H01B 11/00
H01B 11/18
H01B 7/08
H01B 7/18