



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 117157719 A

(43) 申请公布日 2023. 12. 01

(21) 申请号 202180096922.5

(22) 申请日 2021.07.01

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2023.10.10

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2021/024930 2021.07.01

(87) PCT国际申请的公布数据
W02023/276104 JA 2023.01.05

(71) 申请人 住友电气工业株式会社
地址 日本大阪府大阪市

(72) 发明人 后藤健吾 大西崇之 粕谷浩二
平井慧 关谷贵志 越智祐司
小林优斗

(74) 专利代理机构 北京品源专利代理有限公司
11332

专利代理师 吕琳 朴秀玉

(51) Int.Cl.
H01B 11/00 (2006.01)

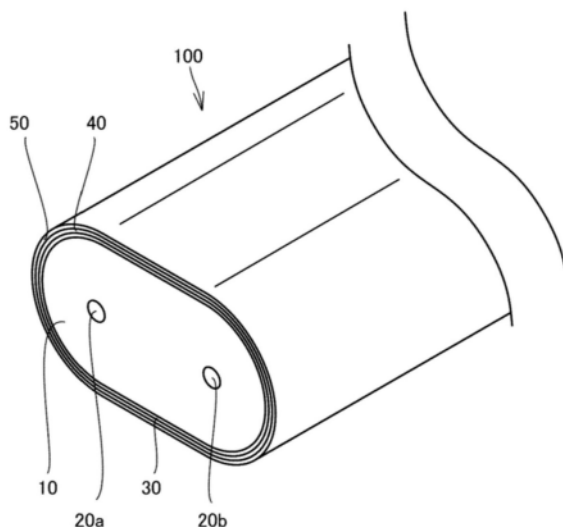
权利要求书2页 说明书14页 附图4页

(54) 发明名称

差动信号传输用电缆

(57) 摘要

差动信号传输用电缆具备:绝缘层,沿着差动信号传输用电缆的长尺寸方向延伸;一对信号线,沿着长尺寸方向延伸,埋设于绝缘层的内部;以及屏蔽层,被覆绝缘层的外周面。屏蔽层具有含有铜和合金元素的化学镀层。合金元素的种类和含有量以在屏蔽层会作用有拉伸应力的方式被选择。



1. 一种差动信号传输用电缆,具备:
绝缘层,沿着所述差动信号传输用电缆的长尺寸方向延伸;
一对信号线,沿着所述长尺寸方向延伸,埋设于所述绝缘层的内部;以及
屏蔽层,被覆所述绝缘层的外周面,
所述屏蔽层具有含有铜和合金元素的化学镀层,
所述合金元素的种类和含有量以在所述屏蔽层会作用有拉伸应力的方式被选择。
2. 根据权利要求1所述的差动信号传输用电缆,其中,
所述屏蔽层中的铜的含有量为90质量%以上,
所述合金元素为镍、铁以及钴中的至少任意一个,
所述差动信号传输用电缆满足以下条件中的至少任意一个:所述屏蔽层中的镍的含有量为0.10质量%以上且3.0质量%以下;所述屏蔽层中的铁的含有量为0.0010质量%以上且0.0050质量%以下;以及所述屏蔽层中的钴的含有量为0.0010质量%以上且0.0050质量%以下。
3. 根据权利要求1或2所述的差动信号传输用电缆,其中,
所述差动信号传输用电缆还具备位于所述绝缘层与所述屏蔽层之间的金属氧化物层,
在所述金属氧化物层中,铁的原子比率除以铜的原子比率而得到的值为0.000010以上且0.00010以下,
在所述金属氧化物层中,镍的原子比率除以铜的原子比率而得到的值为0.000010以上且0.00080以下,
在所述金属氧化物层中,钴的原子比率除以铜的原子比率而得到的值为0.000010以上且0.00010以下。
4. 根据权利要求1至3中任一项所述的差动信号传输用电缆,其中,
所述差动信号传输用电缆还具备位于所述绝缘层与所述屏蔽层之间的催化剂颗粒,
所述催化剂颗粒为含有钯的颗粒。
5. 根据权利要求1至4中任一项所述的差动信号传输用电缆,其中,
所述差动信号传输用电缆还具备被覆所述绝缘层的外周面的中间层,
所述屏蔽层被覆所述中间层的外周面。
6. 一种差动信号传输用电缆,具备:
绝缘层,沿着所述差动信号传输用电缆的长尺寸方向延伸;
一对信号线,沿着所述长尺寸方向延伸,埋设于所述绝缘层的内部;以及
屏蔽层,被覆所述绝缘层的外周面,
所述绝缘层的硬度为0.020GPa以上,
所述屏蔽层的硬度为4.0GPa以下。
7. 根据权利要求6所述的差动信号传输用电缆,其中,
所述屏蔽层的硬度除以所述绝缘层的硬度而得到的值为20以上且100以下。
8. 根据权利要求6或7所述的差动信号传输用电缆,其中,
在与所述长尺寸方向正交的截面中,所述绝缘层具有:第一部分,该第一部分是与所述一对信号线各自的外周面的距离为50 μm 以内的部分;以及第二部分,该第二部分是与所述绝缘层的外周面的距离为50 μm 以内的部分,

所述第一部分的硬度除以所述第二部分的硬度而得到的值为1.05以上且1.50以下。

9. 一种差动信号传输用电缆,具备:

绝缘层,沿着所述差动信号传输用电缆的长尺寸方向延伸;

一对信号线,沿着所述长尺寸方向延伸,埋设于所述绝缘层的内部;以及

屏蔽层,被覆所述绝缘层的外周面,

所述屏蔽层含有铜,

所述屏蔽层中的铜的微晶尺寸为20nm以上且75nm以下。

差动信号传输用电缆

技术领域

[0001] 本公开涉及差动信号传输用电缆。

背景技术

[0002] 专利文献1(日本特开2019—16451号公报)中记载了一种差动信号传输用电缆。专利文献1中所记载的差动信号传输用电缆具有绝缘层、一对信号线以及化学镀层。一对信号线埋设于绝缘层的内部。化学镀层形成于绝缘层的外周面。

[0003] 现有技术文献

[0004] 专利文献

[0005] 专利文献1:日本特开2019—16451号公报

发明内容

[0006] 本公开的差动信号传输用电缆具备:绝缘层,沿着差动信号传输用电缆的长尺寸方向延伸;一对信号线,沿着长尺寸方向延伸,埋设于绝缘层的内部;以及屏蔽层,被覆绝缘层的外周面。屏蔽层具有含有铜和合金元素的化学镀层。合金元素的种类和含有量以在屏蔽层会作用有拉伸应力的方式被选择。

附图说明

[0007] 图1是电缆100的立体图。

[0008] 图2是电缆100的剖视图。

[0009] 图3是外周面10a的附近的图2的局部放大图。

[0010] 图4是表示电缆100的制造方法的工序图。

[0011] 图5是在准备工序S1中准备的处理对象构件100A的剖视图。

[0012] 图6是进行了中间层形成工序S2之后的处理对象构件100A的剖视图。

[0013] 图7是进行了催化剂颗粒配置工序S3之后的处理对象构件100A的剖视图。

[0014] 图8是进行了氧化物层形成工序S4和化学镀工序S5之后的处理对象构件100A的剖视图。

具体实施方式

[0015] [本公开所要解决的问题]

[0016] 在专利文献1中所记载的差动信号传输用电缆被弯曲时,有时化学镀层会从绝缘层的外周面剥离。当化学镀层伴随着弯曲而从绝缘层的外周面剥离时,在发生了剥离的部分,差动信号传输用电缆的传输特性会恶化。

[0017] 本公开是鉴于如上所述的现有技术的问题点而完成的。更具体而言,本公开提供一种能抑制屏蔽层从绝缘层的外周面剥离的工作信号传输用电缆。

[0018] [本公开的效果]

[0019] 根据本公开的差动信号传输用电缆,能抑制屏蔽层从绝缘层的外周面剥离。

[0020] [实施方式的概要]

[0021] 首先,列举本公开的实施方式来进行说明。

[0022] (1) 第一方案的差动信号传输用电缆具备:绝缘层,沿着差动信号传输用电缆的长尺寸方向延伸;一对信号线,沿着长尺寸方向延伸,埋设于绝缘层的内部;以及屏蔽层,被覆绝缘层的外周面。屏蔽层具有含有铜和合金元素的化学镀层。合金元素的种类和含有量以在屏蔽层会作用有拉伸应力的方式被选择。

[0023] 根据(1)的差动信号传输用电缆,能抑制屏蔽层从绝缘层的外周面剥离。

[0024] (2) 在(1)的差动信号传输用电缆中,也可以是,屏蔽层中的铜的含有量为90质量%以上。也可以是,合金元素为镍、铁以及钴中的至少任意一个。也可以是,差动信号传输用电缆满足以下条件中的至少任意一个:屏蔽层中的镍的含有量为0.10质量%以上且3.0质量%以下;屏蔽层中的铁的含有量为0.0010质量%以上且0.0050质量%以下;以及屏蔽层中的钴的含有量为0.0010质量%以上且0.0050质量%以下。

[0025] 根据(2)的差动信号传输用电缆,能使用于形成化学镀层的镀覆液稳定化。

[0026] (3) 也可以是,(1)或(2)的差动信号传输用电缆还具备位于绝缘层与屏蔽层之间的金属氧化物层。也可以是,在金属氧化物层中,铁的原子比率除以铜的原子比率而得到的值为0.000010以上且0.00010以下。也可以是,在金属氧化物层中,镍的原子比率除以铜的原子比率而得到的值为0.000050以上且0.00080以下。也可以是,在金属氧化物层中,钴的原子比率除以铜的原子比率而得到的值为0.000010以上且0.00010以下。

[0027] 根据(3)的差动信号传输用电缆,能改善屏蔽层的密合性。

[0028] (4) 也可以是,(1)至(3)的差动信号传输用电缆还具备位于绝缘层与屏蔽层之间的催化剂颗粒。也可以是,催化剂颗粒为含有钯的颗粒。

[0029] (5) 也可以是,(1)至(4)的差动信号传输用电缆还具备被覆绝缘层的外周面的中间层。也可以是,屏蔽层被覆中间层的外周面。

[0030] (6) 本公开的第二方案的差动信号传输用电缆具备:绝缘层,沿着差动信号传输用电缆的长尺寸方向延伸;一对信号线,沿着长尺寸方向延伸,埋设于绝缘层的内部;以及屏蔽层,被覆绝缘层的外周面。绝缘层的硬度为0.020GPa以上。屏蔽层的硬度为4.0GPa以下。

[0031] 根据(6)的差动信号传输用电缆,能抑制屏蔽层从绝缘层的外周面剥离。

[0032] (7) 在(6)的差动信号传输用电缆中,也可以是,屏蔽的硬度除以绝缘层的硬度而得到的值为20以上且100以下。

[0033] (8) 在(6)或(7)的差动信号传输用电缆中,也可以是,在与长尺寸方向正交的截面中,绝缘层具有:第一部分,该第一部分是与一对信号线各自的外周面的距离为50 μm 以内的部分;以及第二部分,该第二部分是与绝缘层的外周面的距离为50 μm 以内的部分。也可以是,第一部分的硬度除以第二部分的硬度而得到的值为1.05以上且1.50以下。

[0034] 根据(8)的差动信号传输用电缆,能使差动信号传输用电缆容易弯曲。

[0035] (9) 本公开的第三方案的差动信号传输用电缆具备:绝缘层,沿着差动信号传输用电缆的长尺寸方向延伸;一对信号线,沿着长尺寸方向延伸,埋设于绝缘层的内部;以及屏蔽层,被覆绝缘层的外周面。屏蔽层含有铜。屏蔽层中的铜的微晶尺寸为20nm以上且75nm以下。

[0036] 根据(10)的差动信号传输用电缆,能抑制屏蔽层从绝缘层的外周面剥离。

[0037] [实施方式的详请]

[0038] 接着,参照附图对本公开的实施方式的详情进行说明。在以下的附图中,对相同或相当的部分标注相同的参照附图标记,并不反复进行重复的说明。

[0039] (实施方式的差动信号传输用电缆的构成)

[0040] 以下,对实施方式的差动信号传输用电缆的构成进行说明。将实施方式的差动信号传输用电缆设为电缆100。

[0041] 图1是电缆100的立体图。图2是电缆100的剖视图。图2中示出了电缆100的与长尺寸方向正交的截面。图3是外周面10a的附近的图2的局部放大图。如图1、图2以及图3所示,电缆100具有绝缘层10、信号线20a、信号线20b、中间层30、金属氧化物层40、屏蔽层50以及催化剂颗粒60。

[0042] 绝缘层10沿着电缆100的长尺寸方向延伸。绝缘层10由电绝缘性的材料形成。绝缘层10例如由聚乙烯(PE)、四氟乙烯—六氟丙烯共聚物(FEP)、聚丙烯(PP)、环状烯烃聚合物或聚甲基戊烯形成。绝缘层10也可以为含有这些材料中的一个或多个的层。绝缘层10的硬度优选为0.020GPa以上。绝缘层10的硬度也可以为0.0035GPa以上。

[0043] 将与电缆100的长尺寸方向正交的方向设为第一方向DR1和第二方向DR2。第一方向DR1与第二方向DR2相互正交。在电缆100的与长尺寸方向正交的剖视中,绝缘层10例如为长轴沿着第一方向DR1的长圆形。

[0044] 绝缘层10具有外周面10a。绝缘层10具有第一部分11和第二部分12。第一部分11是与信号线20a(信号线20b)的外周面的距离为50 μm 以内的部分。第二部分12是与外周面10a的距离为50 μm 以内的部分。优选的是,第二部分12的硬度小于第一部分11的硬度。优选的是,第一部分11的硬度除以第二部分的硬度而得到的值为1.05以上且1.50以下。

[0045] 关于绝缘层10(第一部分11、第二部分12)的硬度,使用Bruker制TriboIndenter Hysitron TI980来进行测定。在该测定中,使用Berkovich压头来作为压头(Indenter)。最大载荷为8mN。负荷时间为5秒。最大载荷保持时间为0秒。该测定在大气中在25 $^{\circ}\text{C}$ 下进行。需要说明的是,关于基于TI980的分析,使用TI980的专用软件即TribScan来进行。此外,该测定针对被环氧树脂包埋并进行了镜面研磨的试样而进行。

[0046] 信号线20a和信号线20b为一对。对信号线20b施加与施加于信号线20a的信号相位相反的信号。由此,电缆100传输差动信号。

[0047] 信号线20a和信号线20b埋设于绝缘层10的内部。信号线20a和信号线20b沿着电缆100的长尺寸方向延伸。信号线20a和信号线20b由导电性的材料形成。信号线20a和信号线20b例如由铜(Cu)形成。不过,构成信号线20a和信号线20b的材料不限于铜。信号线20a和信号线20b例如沿着第一方向DR1排列。

[0048] 中间层30被覆外周面10a。中间层30具有外周面30a。中间层30由电绝缘性的材料形成。中间层30例如由聚烯烃形成。中间层30也可以由丙烯腈丁二烯苯乙烯树脂(ABS树脂)形成。

[0049] 金属氧化物层40是金属氧化物的层。金属氧化物层40主要包含氧化铜(CuO)。不过,金属氧化物层40也可以包含铜和氧以外的元素。金属氧化物层40例如还可以包含镍(Ni)、铁(Fe)以及钴(Co)中的至少任意一个。

[0050] 将金属氧化物层40中的铜的原子比率设为A(单位:原子%)。将金属氧化物层中的铁的原子比率设为B(单位:原子%)。将金属氧化物层40中的镍的原子比率设为C(单位:原子%)。将金属氧化物层40中的钴的原子比率设为D(单位:原子%)。B除以A而得到的值优选为0.000010以上且0.00010以下。C除以A而得到的值优选为0.000050以上且0.00080以下。D除以A而得到的值优选为0.000010以上且0.00010以下。关于A、B、C以及D的值,使用EDX(Energy Dispersive X-ray spectroscopy:能量色散X射线光谱仪)来进行测定。

[0051] 金属氧化物层40被覆外周面30a。优选的是,金属氧化物层40遍及整周地被覆外周面30a。不过,金属氧化物层40也可以不被覆外周面30a的一部分。在该情况下,未被金属氧化物层40被覆的外周面30a的一部分与屏蔽层50接触。

[0052] 金属氧化物层40具有第一面40a和第二面40b。第一面40a是朝向中间层30侧的面。第二面40b是第一面40a的相反面。第二面40b朝向屏蔽层50侧。金属氧化物层40在第一面40a与中间层30接触,在第二面40b与屏蔽层50接触。

[0053] 屏蔽层50被覆第二面40b。即,屏蔽层50以夹存有中间层30和金属氧化物层40的方式被覆外周面10a。屏蔽层50具有导电性。

[0054] 屏蔽层50例如具有化学镀层51和电镀层52。化学镀层51被覆金属氧化物层40。电镀层52被覆化学镀层51。

[0055] 化学镀层51是通过化学镀而形成的层。化学镀层51含有铜。化学镀层51还包含合金元素。合金元素的种类和含有量以使得在屏蔽层50中产生拉伸应力的方式被选择。合金元素例如为固溶于铜的元素。更具体而言,合金元素为铁、镍以及钴中的至少任意一个。不过,合金元素不限于铁、镍以及钴。电镀层52是通过电镀而形成的层。电镀层52例如含有铜。

[0056] 通过使化学镀层51含有上述的合金元素,上述的合金元素会固溶于化学镀层51中的铜,从而在化学镀层51中的铜的晶体中会产生应变。此外,化学镀层51的结晶性会反映于电镀层52的结晶性,因此通过使化学镀层51含有上述的合金元素,在电镀层52中也会产生应变。由于这样的应变,在屏蔽层50中会残留拉伸应力。

[0057] 屏蔽层50中的铜的含有量例如为90质量%以上。屏蔽层50中的铁的含有量优选为0.0010质量%以上且0.0050质量%以下。屏蔽层50中的镍的含有量优选为0.10质量%以上且3.0质量%以下。屏蔽层50中的钴的含有量优选为0.0010质量%以上且0.0050质量%以下。优选的是,满足以下条件中的至少任意一个:屏蔽层50中的镍的含有量为0.10质量%以上且3.0质量%以下;屏蔽层50中的铁的含有量为0.0010质量%以上且0.0050质量%以下;以及屏蔽层50中的钴的含有量为0.0010质量%以上且0.0050质量%以下。关于屏蔽层50中的铜、铁、镍以及钴的含有量,通过使屏蔽层50溶解于溶液中并且对该溶液进行ICP(Inductive Coupled Plasma:电感耦合等离子体)发光分析来进行测定。

[0058] 屏蔽层50的硬度优选为4.0GPa以下。屏蔽层50的硬度除以绝缘层10的硬度而得到的值优选为20以上且100以下。

[0059] 关于屏蔽层50的硬度,使用Bruker制TriboIndenter Hysitron TI980来进行测定。在该测定中,使用Berkovich压头来作为压头(Indenter)。最大载荷为30 μ N。负荷时间为2秒。最大载荷保持时间为2秒。该测定在大气中在25 $^{\circ}$ C下进行。需要说明的是,关于基于TI980的分析,使用TI980的专用软件即TribScan来进行。此外,该测定针对被环氧树脂包埋并进行了镜面研磨的试样而进行。

[0060] 屏蔽层50中的铜的微晶尺寸优选为20nm以上且75nm以下。屏蔽层50中的铜的微晶尺寸更优选为20nm且60nm以下。屏蔽层50中包含铜的晶粒。将晶粒中能视为单晶的部分称为微晶。因此,屏蔽层50中的铜的微晶尺寸为屏蔽层50中所包含的铜的晶粒的粒径以下。

[0061] 关于屏蔽层50中的铜的微晶尺寸,可以使用X射线衍射法来进行测定。更具体而言,使用Rigaku制SmartLab来进行X射线衍射。在该测定中,X射线源被设为CuK α ,入射光源被设为CB0-f,检测器被设为Hypix-3000。X射线衍射在衍射角度 2θ 为 20° 至 80° 的范围内进行,使衍射角度 2θ 发生变化的步长被设为 0.03° 。

[0062] 通过针对试样的X射线衍射而得到的线轮廓(line profile)为包括由试样的微晶尺寸这一物理量引起的真实的扩展和由测定装置引起的扩展这双方的形状。为了求出微晶尺寸,将由装置引起的分量从通过针对试样的X射线衍射而得到的线轮廓中去除,然后计算出真实的线轮廓的积分宽度(峰值的积分强度除以峰值的高度而得到的值)。通过将真实的线轮廓的积分宽度代入谢乐(Scherrer)公式中,得到试样的微晶尺寸。

[0063] 对于用于将由装置引起的分量从通过针对试样的X射线衍射而得到的线轮廓中去除的标准样品而言,使用NIST制的LaB₆。将真实的线轮廓的积分宽度设为 β ,将通过针对试样的X射线衍射而得到的线轮廓的积分宽度设为 β_1 ,将通过针对标准样品的X射线衍射而得到的线轮廓的积分宽度设为 β_2 。 β 、 β_1 以及 β_2 的关系由 $\beta^2 = \beta_1^2 - \beta_2^2$ (算式1)表示。谢乐公式由 $D = K\lambda / \beta \cos\theta$ (算式2)表示。在此,D为试样的微晶尺寸,K为谢乐常数($K = 1.33$), λ 为X射线的波长, θ 为Cu200衍射线的布拉格角。通过将算式1得到的 β 代入算式2中,得到D的值即试样的微晶尺寸。

[0064] 催化剂颗粒60位于绝缘层10与屏蔽层50之间。更具体而言,屏蔽层50位于金属氧化物层40中。此外,催化剂颗粒60还位于金属氧化物层40与中间层30的界面。催化剂颗粒60例如为含有钯(Pd)的颗粒。

[0065] (实施方式的差动信号传输用电缆的制造方法)

[0066] 以下,对电缆100的制造方法进行说明。图4是表示电缆100的制造方法的工序图。如图4所示,电缆100的制造方法具有准备工序S1、中间层形成工序S2、催化剂颗粒配置工序S3、氧化物层形成工序S4、化学镀工序S5、电镀工序S6以及热处理工序S7。

[0067] 在准备工序S1之后,进行中间层形成工序S2。在中间层形成工序S2之后,进行催化剂颗粒配置工序S3。在催化剂颗粒配置工序S3之后,进行氧化物层形成工序S4。在氧化物层形成工序S4之后,进行化学镀工序S5。在化学镀工序S5之后,进行电镀工序S6。在电镀工序S6之后,进行热处理工序S7。

[0068] 在准备工序S1中,准备处理对象构件100A。图5是在准备工序S1中准备的处理对象构件100A的剖视图。如图5所示,处理对象构件100A具有绝缘层10、信号线20a以及信号线20b。

[0069] 图6是进行了中间层形成工序S2之后的处理对象构件100A的剖视图。如图6所示,在中间层形成工序S2中,以被覆外周面10a的方式形成中间层30。在中间层形成工序S2中,在外周面10a涂布构成中间层30的材料,使涂布的该材料固化,由此以被覆外周面10a的方式形成中间层30。

[0070] 图7是进行了催化剂颗粒配置工序S3之后的处理对象构件100A的剖视图。如图7所示,在催化剂颗粒配置工序S3中,在外周面30a上分散配置催化剂颗粒60。在催化剂颗粒配

置工序S3中,将包含催化剂颗粒60的溶液涂布于外周面30a,使该溶液挥发,由此在外周面30a上分散配置催化剂颗粒60。

[0071] 图8是进行了氧化物层形成工序S4和化学镀工序S5之后的处理对象构件100A的剖视图。如图8所示,在氧化物层形成工序S4中,形成金属氧化物层40,在化学镀工序S5中,在金属氧化物层40上形成化学镀层51。

[0072] 在氧化物层形成工序S4中,将处理对象构件100A浸渍于使化学镀层51中所包含的材料溶解且正鼓泡有包括氧气的气体(例如,空气)的镀覆液中。由此,以催化剂颗粒60为核,以被覆外周面30a的方式形成金属氧化物层40。催化剂颗粒60中的成为金属氧化物层40的生长的核的催化剂颗粒60存在于金属氧化物层40中,除此之外的催化剂颗粒60存在于中间层30与金属氧化物层40的界面。需要说明的是,通过在上述的镀覆液中添加铁、镍、钴等合金元素,金属氧化物层40中会含有这些合金元素。

[0073] 在化学镀工序S5中,停止上述的鼓泡。其结果为,化学镀层51镀覆于金属氧化物层40上。

[0074] 在电镀工序S6中,以被覆化学镀层51的方式形成电镀层52。在电镀工序S6中,将处理对象构件100A浸渍于溶解有电镀层52中所包含的材料的镀覆液中,并且对化学镀层51进行通电。由此,电镀层52镀覆于化学镀层51上,从而制造出图1至图3所示的构造的电缆100。

[0075] 在热处理工序S7中,对电缆100进行热处理。通过该热处理,屏蔽层50中所包含的铜的晶粒会生长,与此相伴地,屏蔽层50中的微晶尺寸也会变大。屏蔽层50的硬度会随着屏蔽层50中所包含的铜的晶粒的粒径变大而下降(Hall—Petch定律),因此通过该热处理,屏蔽层50的硬度会下降。此外,通过该热处理,构成绝缘层10的树脂材料的结晶化会进展,因此绝缘层10的硬度会伴随着该热处理而增加。

[0076] (实施方式的差动信号传输用电缆的效果)

[0077] 以下,对电缆100的效果进行说明。

[0078] 电缆100有时会在被弯曲的状态下使用。在位于被弯曲的状态下的电缆100的内侧的屏蔽层50会作用有压缩弯曲应力。通过该压缩弯曲应力,有时候屏蔽层50会发生压曲,从而从位于被弯曲的状态下的电缆100的内侧的绝缘层10剥离。当发生了这样的剥离时,电缆100的传输特性会恶化。

[0079] 然而,在电缆100中,化学镀层51含有合金元素,由此在屏蔽层50会作用有拉伸应力。如此,根据电缆100,施加于位于被弯曲的状态下的电缆100的内侧的屏蔽层50的压缩应力被缓和,从而屏蔽层50的与压曲相伴的剥离得以抑制,因此能抑制被进行了弯曲时的电缆100的传输特性的恶化。

[0080] 用于形成化学镀层51的镀覆液在化学上不稳定,因此难以处理。在如上所述地化学镀层51包含铁和镍中的至少任意一个的情况下,这些元素会添加于用于形成化学镀层51的镀覆液中。铁、镍以及钴的添加会使用于形成化学镀层51的镀覆液在化学上稳定。因此,在化学镀层51包含铁、镍以及钴中的至少任意一个的情况下,能使电缆100的制造工序稳定化。

[0081] 为了确保屏蔽层50对绝缘层10的密合性,可以考虑使外周面10a粗糙化来提高屏蔽层50与绝缘层10之间的锚固效果。然而,当使外周面10a粗糙化时,高频区域内的电缆100的传输特性会恶化。

[0082] 电缆100具有金属氧化物层40,在屏蔽层50(化学镀层51)与金属氧化物层40之间会产生氢键。通过该氢键,确保了金属氧化物层40与屏蔽层50的密合性,其结果为,即使不使外周面10a粗糙化,也可确保绝缘层10与屏蔽层50的密合性。如此,在电缆100具有金属氧化物层40的情况下,能确保电缆100的高频区域内的传输特性,并且确保屏蔽层50对绝缘层10的密合性。

[0083] 在绝缘层10的硬度低的情况下,位于被弯曲的状态下的电缆100的内侧的绝缘层10会朝向电缆100的内部凹陷。此外,在屏蔽层50的硬度高的情况下,位于被弯曲的状态下的电缆100的内侧的屏蔽层50会朝向电缆100的内部折曲。如此,当绝缘层10的硬度与屏蔽层50的硬度之差大时,在使电缆100进行了弯曲时,在电缆100的内侧会产生褶皱,传输特性会恶化。

[0084] 在电缆100中,绝缘层10的硬度为0.020GPa以上,并且屏蔽层50的硬度为4.0GPa以下,因此绝缘层10的硬度与屏蔽层50的硬度之差小,能抑制使电缆100进行了弯曲时的传输特性的恶化。在屏蔽层50的硬度除以绝缘层10的硬度而得到的值为20以上且100以下的情况下,能进一步抑制使电缆100进行了弯曲时的传输特性的恶化。

[0085] 在屏蔽层50中的铜的微晶尺寸为20nm以上且75nm以下的情况下,也能使屏蔽层50的硬度下降,因此同样地能进一步抑制使电缆100进行了弯曲时的传输特性的恶化。

[0086] 在电缆100中,在第一部分11的硬度除以第二部分12的硬度而得到的值为1.05以上且1.50以下的情况下,绝缘层10的截面惯性矩小,绝缘层10的变容易追随电缆100的变形。因此,在该情况下,在电缆100被进行了弯曲时,绝缘层10不易从信号线20a(信号线20b)剥离。

[0087] (第一损耗评价试验)

[0088] 在第一损耗评价试验中,对屏蔽层50(化学镀层51)中的合金元素的含有量与电缆100的传输特性的关系进行了评价。在第一损耗评价试验中,提供了样品1—1至样品1—9作为电缆100的样品。如表1所示,在样品1—1至样品1—9中,使屏蔽层50中的镍、铁以及钴的含有量发生了变化。需要说明的是,虽在表1中未示出,但在样品1—1至样品1—9中,屏蔽层50中的铜的含有量被设为90质量%以上。

[0089] [表1]

[0090]

	屏蔽层50中的含有量(质量%)			差动模式下的传输损耗(dB/m)		评价
	Fe	Ni	Co	弯曲前	弯曲后	
样品1-1	小于0.001	0.11	小于0.001	-20	-21	可
样品1-2	0.005	0.08	0.001	-21	-20	可
样品1-3	0.042	0.28	0.002	-23	-22	可
样品1-4	小于0.001	0.08	0.003	-20	-20	可
样品1-5	0.005	0.07	0.005	-21	-21	可
样品1-6	0.002	0.11	0.003	-19	-20	可
样品1-7	0.004	0.29	0.004	-21	-20	可
样品1-8	0.08	0.07	小于0.001	-21	-31	不可
样品1-9	小于0.001	0.08	小于0.001	-21	-30	不可

[0091] 在第一损耗评价试验中,在将各样品缠绕于直径50mm的圆柱的状态下测定了各样品的差动模式下的插入损耗,由此对传输特性进行了评价。将在该缠绕的前后在差动模式下的插入损耗中未发现差异的情况或者在该缠绕之后差动模式下的插入损耗为 -25dB/m 以上的情况评价为可,将在该缠绕之后差动模式下的插入损耗小于 -25dB/m 的情况评价为不可。

[0092] 将屏蔽层50中的镍的含有量为0.10质量%以上且3.0质量%以下设为条件1,将屏蔽层50中的铁的含有量为0.0010质量%以上且0.0050质量%以下设为条件2,将屏蔽层50中的钴的含有量为0.0010质量%以上且0.0050质量%以下设为条件3。

[0093] 在样品1-1至样品1-7中,满足了条件1至条件3中的至少任意一个条件。另一方面,在样品1-8和样品1-9中,未满足条件1至条件3中的任何条件。在样品1-1至样品1-7中,传输特性的评价均被设为可。另一方面,在样品1-8和样品1-9中,传输特性的评价均被设为不可。根据该比较,在实验上明确了:通过满足条件1至条件3中的至少任意一个条件,能抑制电缆100的与弯曲相伴的传输特性的恶化。

[0094] (第二损耗评价试验)

[0095] 在第二损耗评价试验中,对屏蔽层50的硬度和绝缘层10的硬度与电缆100的传输特性的关系进行了评价。在第二损耗评价试验中,提供了样品2—1至样品2—3作为电缆100的样品。如表2所示,在样品2—1至样品2—3中,使屏蔽层50中的铜、镍、铁以及钴的原子比率发生了变化。与此相伴地,在样品2—1至样品2—3中,B除以A而得到的值、C除以A而得到的值以及D除以A而得到的值发生了变化。

[0096] [表2]

[0097]

	金属氧化物层40中的原子比率(原子%)							B/A	C/A	D/A	差动模式下的传输损耗(dB/m)		评价
	Cu	Fe	Ni	Co	C	O	Pd				弯曲前	弯曲后	
样品2-1	68.3	0.001	0.008	0.001	10.02	21.6	0.002	0.000013	0.000120	0.000012	-20	-21	可
样品2-2	81.1	0.005	0.028	0.005	10.38	8.5	0.002	0.000060	0.000341	0.000057	-21	-20	可
样品2-3	71.2	0.0005	0.002	0.0006	8.20	20.6	0.002	0.000007	0.000028	0.000008	-20	-30	不可

[0098] 在第二损耗评价试验中,通过与第一损耗评价试验同样的方法对各样品的传输特性进行了评价。将B除以A而得到的值为0.000010以上且0.00010以下设为条件4,将C除以A而得到的值为0.000010以上且0.00080以下设为条件5,将D除以A而得到的值为0.000010以上且0.00010设为条件6。

[0099] 在样品2—1至样品2—2中,满足了条件4至条件6中的所有条件。另一方面,在样品2—3中,未满足条件5。在样品2—1和样品2—2中,传输特性的评价均被设为可。另一方面,在样品2—3中,传输特性的评价被设为不可。根据该比较,在实验上明确了:通过满足条件4至条件6中的所有条件,能抑制电缆100的与弯曲相伴的传输特性的恶化。

[0100] (第三损耗评价试验)

[0101] 在第三损耗评价试验中,对屏蔽层50的硬度和绝缘层10的硬度与电缆100的传输特性的关系进行了评价。在第三损耗评价试验中,提供了样品3—1至样品3—11作为电缆100的样品。如表3所示,在样品3—1至样品3—11中,使构成绝缘层10的材料的种类、绝缘层10的硬度以及屏蔽层50的硬度发生了变化。需要说明的是,通过进行表3所示的热处理,对屏蔽层50的硬度进行了调整。

[0102] [表3]

[0103]

样品	绝缘层10		屏蔽层50		屏蔽层50的硬度 /绝缘层10的硬度	差动模式下的传输损耗 (dB/m)		评价
	材料的种类	硬度 (GPa)	热处理	硬度 (GPa)		弯曲前	弯曲后	
样品3-1	PP	0.072	50°C3分钟	3.7	51	-21	-20	可
样品3-2	PP	0.067	80°C3分钟	2.8	42	-20	-21	可
样品3-3	PP	0.070	100°C3分钟	2.5	36	-20	-19	可
样品3-4	PP	0.068	120°C3分钟	2.5	37	-20	-20	可
样品3-5	FEP	0.055	50°C3分钟	3.6	65	-20	-21	可
样品3-6	FEP	0.052	80°C3分钟	2.7	52	-21	-21	可
样品3-7	FEP	0.054	100°C3分钟	2.5	46	-21	-20	可
样品3-8	FEP	0.052	120°C3分钟	2.5	48	-21	-20	可
样品3-9	PP	0.078	无	4.2	54	-20	-25	可
样品3-10	FEP	0.055	无	4.3	78	-20	-25	可
样品3-11	PE	0.026	无	4.1	158	-20	-35	不可

[0104] 在第三损耗评价试验中,通过与第一损耗评价试验同样的方法对各样品的传输特性进行了评价。在样品3—1至样品3—10中,屏蔽层50的硬度除以绝缘层10的硬度而得到的值处于20以上且100以下的范围内。另一方面,在样品3—11中,屏蔽层50的硬度除以绝缘层10的硬度而得到的值不处于20以上且100以下的范围内。在样品3—1至样品3—10中,传输特性的评价均被设为可。另一方面,在样品3—11中,传输特性的评价被设为不可。根据该比较,在实验上明确了:通过使屏蔽层50的硬度除以绝缘层10的硬度而得到的值为20以上且100以下,能抑制电缆100的与弯曲相伴的传输特性的恶化。

[0105] (第四损耗评价试验)

[0106] 在第四损耗评价试验中,对屏蔽层50的硬度和绝缘层10的硬度与电缆100的传输特性的关系进行了评价。在第四损耗评价试验中,提供了样品4—1至样品4—3作为电缆100的样品。如表4所示,在样品4—1至样品4—3中,使构成绝缘层10的材料的种类、第一部分11的硬度以及第二部分12的硬度发生了变化。

[0107] [表4]

[0108]

	绝缘层10				差分模式下的传输损耗 (dB/m)		评价
	材料的种类	第一部分11的硬度 (GPa)	第二部分12的硬度 (GPa)	第一部分11的硬度/ 第二部分12的硬度	弯曲前	弯曲后	
样品4-1	PP	0.072	0.053	1.36	-21	-20	可
样品4-2	FEP	0.055	0.047	1.17	-20	-20	可
样品4-3	PP	0.072	0.071	1.01	-20	-27	不可

[0109] 在第四损耗评价试验中,通过与第一损耗评价试验同样的方法对各样品的传输特性进行了评价。在样品4—1和样品4—2中,第一部分11的硬度除以第二部分12的硬度而得到的值处于1.05以上且1.50以下的范围内。另一方面,在样品4—3中,第一部分11的硬度除

以第二部分12的硬度而得到的值不处于1.05以上且1.50以下的范围内。在样品4—1和样品4—2中,传输特性的评价均被设为可。另一方面,在样品4—3中,传输特性的评价被设为不可。根据该比较,在实验上明确了:通过使第一部分11的硬度除以第二部分12的硬度而得到的值为1.05以上且1.50以下,能抑制电缆100的与弯曲相伴的传输特性的恶化。

[0110] (第五损耗评价试验)

[0111] 在第五损耗评价试验中,对屏蔽层50中的铜的微晶尺寸与电缆100的传输特性的关系进行了评价。在第四损耗评价试验中,提供了样品5—1至样品5—5作为电缆100的样品。如表5所示,在样品5—1至样品5—5中,使屏蔽层50中的铜的微晶尺寸发生了变化。

[0112] [表5]

[0113]

	屏蔽层50中的Cu的微晶尺寸 (nm)	差动模式下的传输损耗 (dB/m)		评价
		弯曲前	弯曲后	
样品5-1	22	-21	-20	可
样品5-2	40	-23	-22	可
样品5-3	58	-20	-20	可
样品5-4	75	-21	-25	可
样品5-5	15	-20	-27	不可

[0114] 在第五损耗评价试验中,通过与第一损耗评价试验同样的方法对各样品的传输特性进行了评价。在样品5—1至样品5—4中,屏蔽层50中的微晶尺寸处于20nm以上且75nm以下的范围内。另一方面,在样品5—5中,屏蔽层50中的微晶尺寸不处于20nm以上且75nm以下的范围内。

[0115] 在样品5—1至样品5—4中,传输特性的评价均被设为可。另一方面,在样品5—5中,传输特性的评价被设为不可。根据该比较,在实验上明确了:通过使屏蔽层50中的微晶尺寸为20nm以上且75nm以下,能抑制电缆100的与弯曲相伴的传输特性的恶化。

[0116] 在样品5-1至样品5-3中,屏蔽层50中的微晶尺寸处于20nm以上且60nm以下的范围内。另一方面,在样品5-4中,屏蔽层50中的微晶尺寸不处于20nm以上且60nm以下的范围内。样品5-1至样品5-3的传输特性比样品5-4的传输特性优异。根据该比较,在实验上明确了:通过使屏蔽层50中的微晶尺寸为20nm以上且60nm以下,能进一步抑制电缆100的与弯曲相伴的传输特性的恶化。

[0117] 本次公开的实施方式在所有点上为示例,不应认为是限制性的内容。本发明的范围不由上述的实施方式示出,而由权利要求书示出,意图包括与权利要求书等同的含义和范围内的所有变更。

[0118] 附图标记说明

[0119] 10:绝缘层;10a:外周面;11:第一部分;12:第二部分;20a、20b:信号线;30:中间层;30a:外周面;40:金属氧化物层;40a:第一面;40b:第二面;50:屏蔽层;51:化学镀层;52:电镀层;53:第三部分;54:第四部分;60:催化剂颗粒;100:电缆;100A:处理对象构件;DR1:第一方向;DR2:第二方向;S1:准备工序;S2:中间层形成工序;S3:催化剂颗粒配置工序;S4:氧化物层形成工序;S5:化学镀工序;S6:电镀工序;S7:热处理工序。

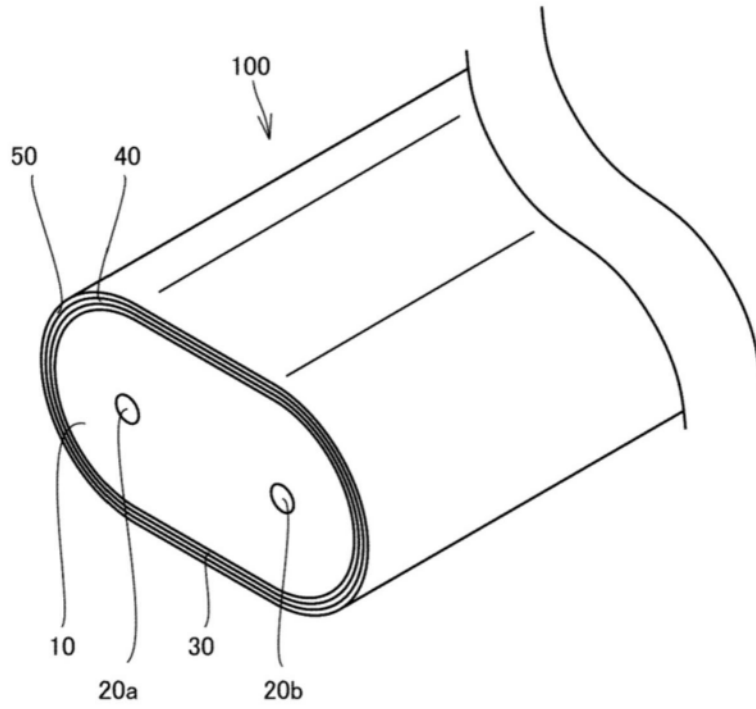


图1

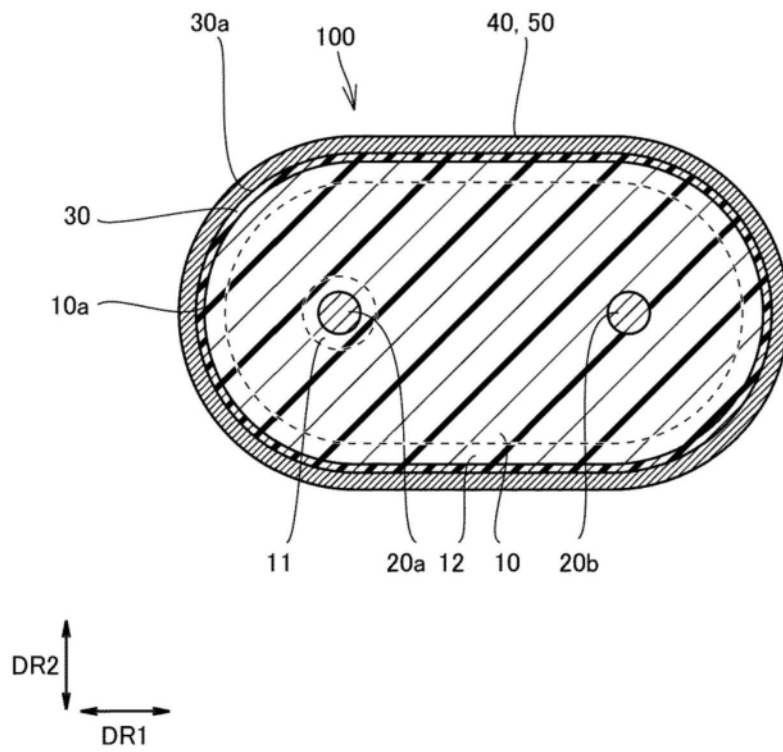


图2

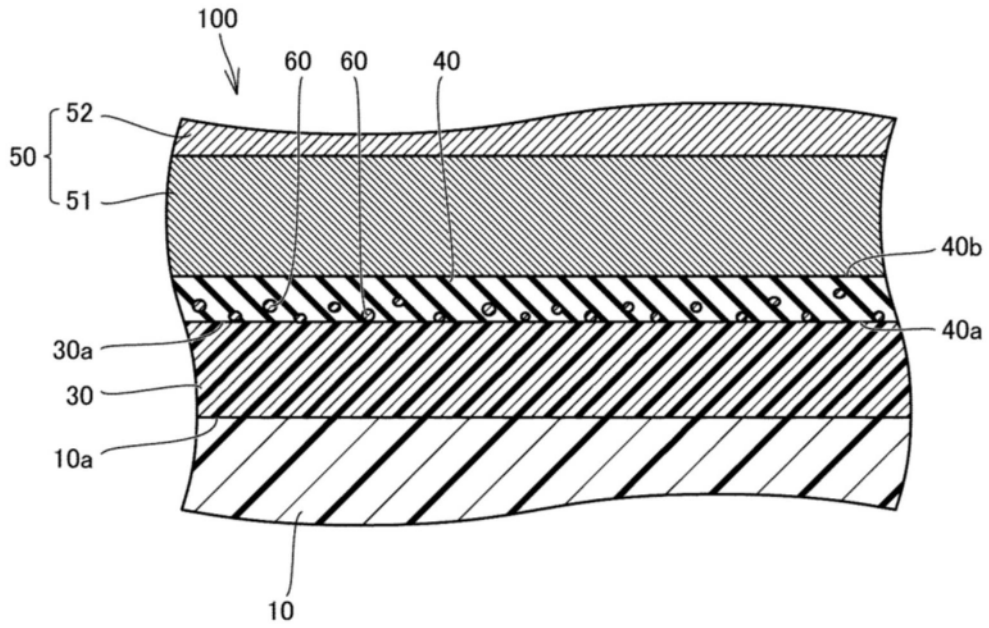


图3

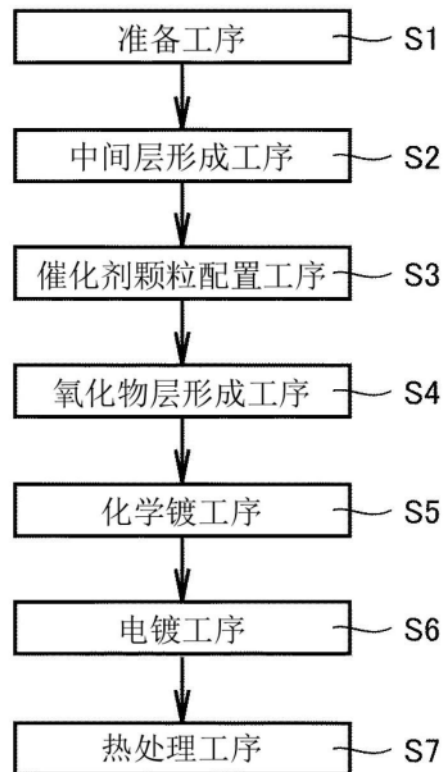


图4

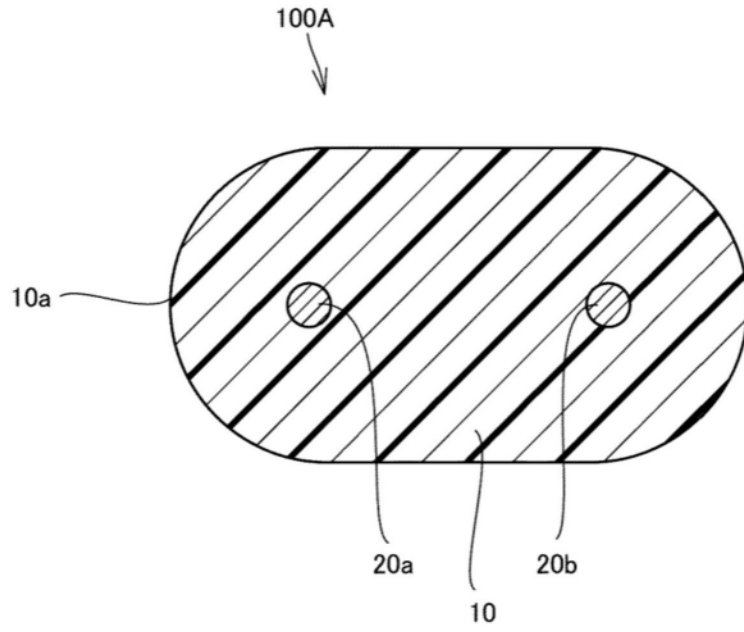


图5

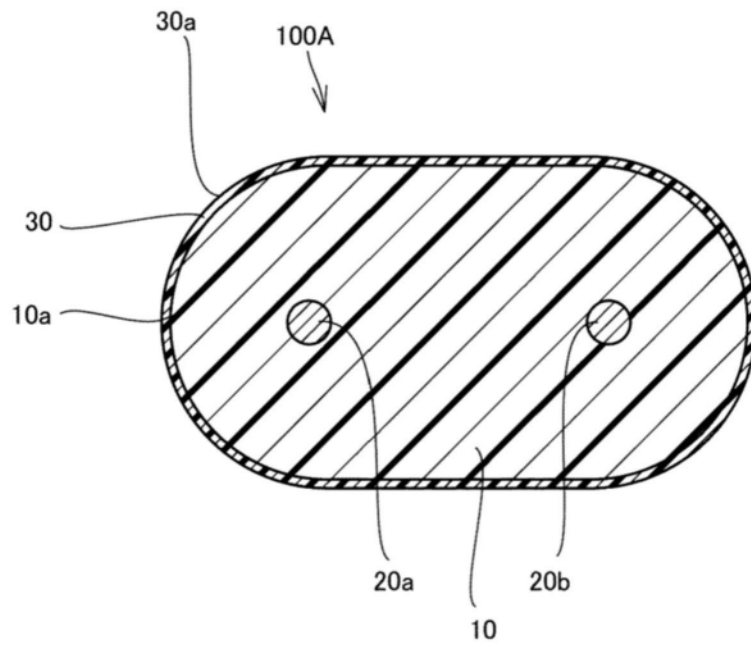


图6

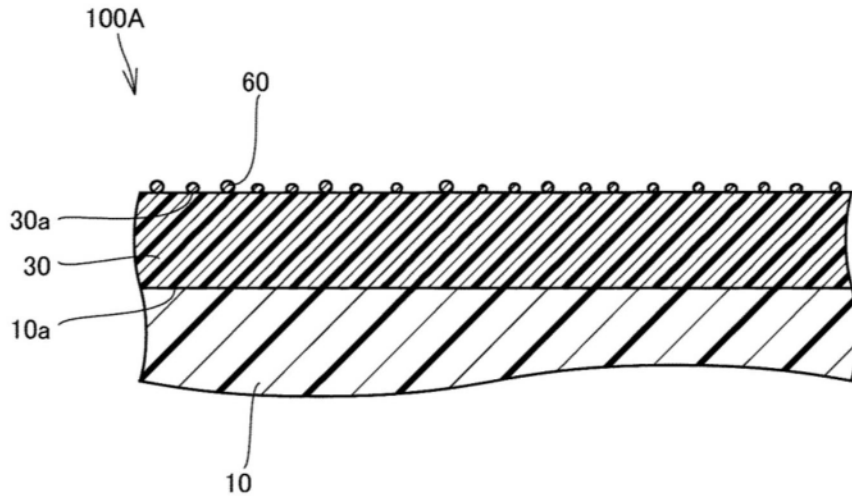


图7

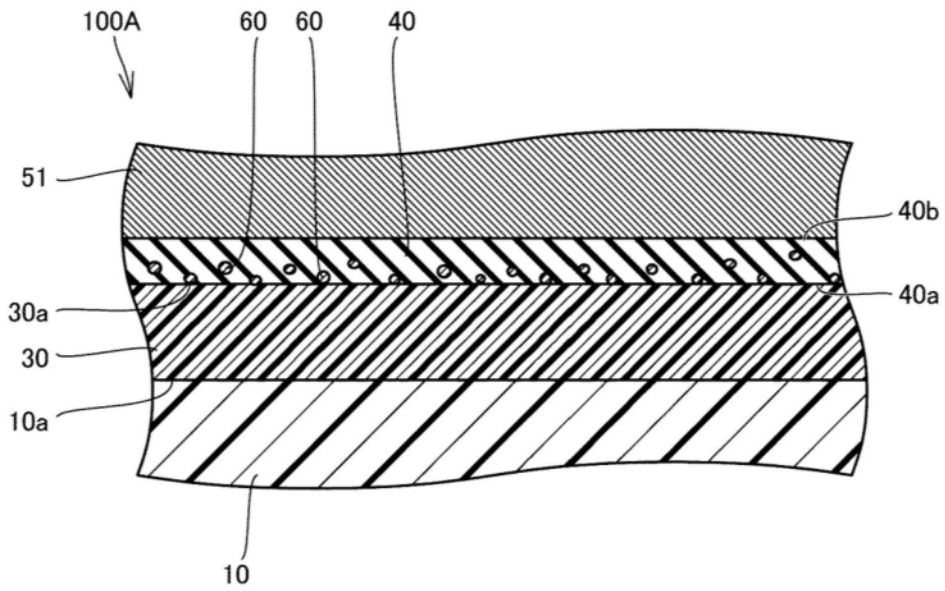


图8