(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 11 2021 007 918 T5** 2024.05.16

(12) # Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2023/276104**
in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2 IntPatÜbkG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2021 007 918.2**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2021/024930**
(86) PCT-Anmeldetag: **01.07.2021**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **05.01.2023**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung in deutscher Übersetzung: **16.05.2024**

(51) Int Cl.: ***H01B 11/00*** (2006.01)
H01B 7/02 (2006.01)
H01B 7/08 (2006.01)
H01B 7/18 (2006.01)
H01B 13/22 (2006.01)
H01P 3/02 (2006.01)

(71) Anmelder:
SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD., Osaka, JP

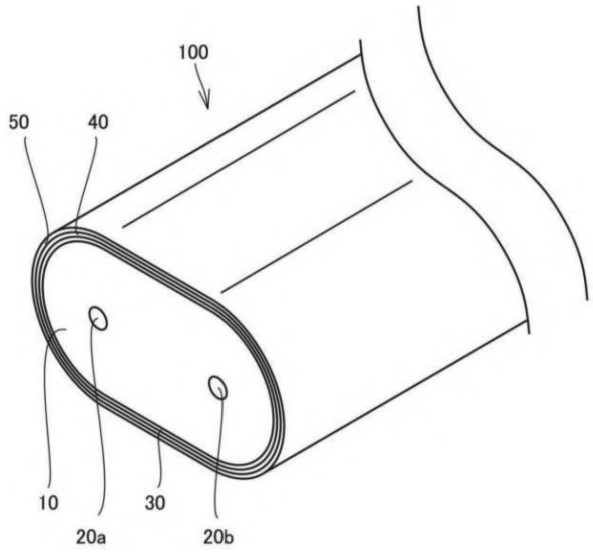
(74) Vertreter:
TBK, 80336 München, DE

(72) Erfinder:
Goto, Kengo, Osaka, JP; Onishi, Takayuki, Osaka, JP; Kasuya, Koji, Osaka, JP; Hirai, Kei, Osaka, JP; Sekiya, Takashi, Osaka, JP; Ochi, Yuji, Kanuma-shi, Tochigi, JP; Kobayashi, Yuto, Kanuma-shi, Tochigi, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **DIFFERENTIALSIGNALÜBERTRAGUNGSKABEL**

(57) Zusammenfassung: Ein Differenzialsignalübertragungskabel umfasst: eine Isolierschicht, die sich in einer Längsrichtung des Differenzialsignalübertragungskabels erstreckt; ein Paar von Signalleitungen, die sich in der Längsrichtung erstrecken und in die Isolierschicht eingebettet sind; und eine Abschirmschicht, die eine äußere Umfangsfläche der Isolierschicht bedeckt. Die Abschirmschicht umfasst eine stromlose Plattierungsschicht, die Kupfer und Legierungselemente enthält. Die Arten und Gehalte der Legierungselemente sind so gewählt, dass eine Zugspannung auf die Abschirmschicht einwirkt.



Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Die vorliegende Offenbarung betrifft ein Differenzialsignalübertragungskabel.

STAND DER TECHNIK

[0002] PTL 1 (Japanische Patentveröffentlichung Nr. 2019-16451) beschreibt ein Differenzialsignalübertragungskabel. Das in PTL 1 beschriebene Differenzialsignalübertragungskabel umfasst eine Isolierschicht, ein Paar von Signalleitungen und eine stromlose Plattierungsschicht. Das Paar von Signalleitungen ist in die Isolierschicht eingebettet. Die stromlose Plattierungsschicht ist auf der äußeren Umfangsfläche der Isolierschicht ausgebildet.

ZITATLISTE

PATENTLITERATUR

[0003] PTL 1: Japanische Patentveröffentlichung Nr. 2019-16451

KURZFASSUNG DER ERFINDUNG

[0004] Das Differenzialsignalübertragungskabel gemäß der vorliegenden Offenbarung umfasst: eine Isolierschicht, die sich in einer Längsrichtung des Differenzialsignalübertragungskabels erstreckt; ein Paar von Signalleitungen, die sich in der Längsrichtung erstrecken und in die Isolierschicht eingebettet sind; und eine Abschirmschicht, die eine äußere Umfangsfläche der Isolierschicht bedeckt. Die Abschirmschicht enthält eine stromlose Plattierungsschicht, die Kupfer und Legierungselemente enthält. Die Arten und Gehalte der Legierungselemente sind so gewählt, dass eine Zugspannung auf die Abschirmschicht wirkt.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

Fig. 1 ist eine perspektivische Ansicht eines Kabels 100.

Fig. 2 ist eine Querschnittsansicht des Kabels 100.

Fig. 3 ist eine teilweise vergrößerte Ansicht von **Fig.** 2 in der Nähe einer äußeren Umfangsfläche 10a.

Fig. 4 ist ein Prozessdiagramm, das ein Verfahren zur Herstellung des Kabels 100 zeigt.

Fig. 5 ist eine Querschnittsansicht eines Verarbeitungszielelements 100A, das in einem Vorbereitungsvorgang S1 vorbereitet wurde.

Fig. 6 ist eine Querschnittsansicht des Verarbeitungszielelements 100A nach Durchführung eines Vorgangs S2 zur Bildung einer Zwischenschicht.

Fig. 7 ist eine Querschnittsansicht des Verarbeitungszielelements 100A nach Durchführung eines Vorgangs S3 zum Anbringen von Katalysatorpartikeln.

Fig. 8 ist eine Querschnittsansicht des Verarbeitungszielelements 100A nach Durchführung eines Vorgangs S4 zur Bildung einer Oxidschicht und eines stromlosen Plattierungsvorgangs S5.

AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG

[Aufgabe, die durch die vorliegende Offenbarung gelöst werden soll]

[0005] Wenn das in PTL 1 beschriebene Differenzialsignalübertragungskabel gebogen wird, kann die stromlose Plattierungsschicht von der äußeren Umfangsfläche der Isolierschicht abgelöst werden. Wenn sich die stromlose Plattierungsschicht von der äußeren Umfangsfläche der Isolierschicht durch Biegen ablöst, verschlechtern sich die Übertragungseigenschaften des Differenzialsignalübertragungskabels an dem Abschnitt, an dem das Ablösen auftritt.

[0006] Die vorliegende Offenbarung wurde in Anbetracht der Probleme des oben beschriebenen Standes der Technik gemacht. Insbesondere stellt die vorliegende Offenbarung ein Differenzialsignalübertragungska-

bel bereit, das in der Lage ist, das Ablösen der Abschirmschicht von der äußeren Umfangsfläche der Isolierschicht zu unterdrücken.

[Vorteilhafte Wirkung der vorliegenden Offenbarung]

[0007] Gemäß dem Differenzialsignalübertragungskabel der vorliegenden Offenbarung ist es möglich, das Ablösen der Abschirmschicht von der äußeren Umfangsfläche der Isolierschicht zu unterdrücken.

[Beschreibung der Ausführungsbeispiele]

[0008] Zunächst werden die Ausführungsbeispiele der vorliegenden Offenbarung aufgezählt und beschrieben.

(1) Ein Differenzialsignalübertragungskabel gemäß einem ersten Aspekt umfasst: eine Isolierschicht, die sich in einer Längsrichtung des Differenzialsignalübertragungskabels erstreckt; ein Paar von Signalleitungen, die sich in der Längsrichtung erstrecken und in der Isolierschicht eingebettet sind; und eine Abschirmschicht, die eine äußere Umfangsfläche der Isolierschicht bedeckt. Die Abschirmschicht umfasst eine stromlose Plattierungsschicht, die Kupfer und Legierungselemente enthält. Die Arten und Gehalte der Legierungselemente sind so gewählt, dass eine Zugspannung auf die Abschirmschicht einwirkt.

[0009] Gemäß dem Differenzialsignalübertragungskabel von (1) ist es möglich, Ablösen der Abschirmschicht von der äußeren Umfangsfläche der Isolierschicht zu unterdrücken.

(2) In dem Differenzialsignalübertragungskabel nach (1) kann der Gehalt an Kupfer in der Abschirmschicht größer als oder gleich 90 Massenprozent sein. Die Legierungselemente können mindestens eines der Elemente Nickel, Eisen und Kobalt umfassen. Mindestens eine der folgenden Bedingungen kann erfüllt sein: der Gehalt an Nickel in der Abschirmschicht ist größer als oder gleich 0,10 Masseprozent und kleiner als oder gleich 3,0 Masseprozent; der Gehalt an Eisen in der Abschirmschicht ist größer als oder gleich 0,0010 Masseprozent und kleiner als oder gleich 0,0050 Masseprozent; und der Gehalt an Kobalt in der Abschirmschicht ist größer als oder gleich 0,0010 Masseprozent und kleiner als oder gleich 0,0050 Masseprozent.

[0010] Gemäß dem Differenzialsignalübertragungskabel von (2) ist es möglich, eine Plattierungslösung zu stabilisieren, die zur Bildung der stromlosen Plattierungsschicht verwendet wird.

(3) Das Differenzialsignalübertragungskabel gemäß (1) oder (2) kann ferner eine Metalloxidschicht zwischen der Isolierschicht und der Abschirmschicht umfassen. In der Metalloxidschicht kann ein Wert, der durch Division des Atomverhältnisses von Eisen durch das Atomverhältnis von Kupfer erhalten wird, größer als oder gleich 0,000010 und kleiner als oder gleich 0,00010 sein. In der Metalloxidschicht kann ein Wert, der durch Division des Atomverhältnisses von Nickel durch das Atomverhältnis von Kupfer erhalten wird, größer als oder gleich 0,000050 und kleiner als oder gleich 0,00080 sein. In der Metalloxidschicht kann ein Wert, der durch Division des Atomverhältnisses von Kobalt durch das Atomverhältnis von Kupfer erhalten wird, größer als oder gleich 0,000010 und kleiner als oder gleich 0,00010 sein.

[0011] Gemäß dem Differenzialsignalübertragungskabel von (3) ist es möglich, die Haftung der Abschirmschicht zu verbessern.

(4) Das Differenzialsignalübertragungskabel nach einem von (1) bis (3) kann ferner Katalysatorpartikel zwischen der Isolierschicht und der Abschirmschicht umfassen. Die Katalysatorpartikel können Palladium enthalten.

(5) Das Differenzialsignalübertragungskabel nach einem von (1) bis (4) kann ferner eine Zwischenschicht umfassen, die eine äußere Umfangsfläche der Isolierschicht bedeckt. Die Abschirmschicht kann eine äußere Umfangsfläche der Zwischenschicht bedecken.

(6) Ein Differenzialsignalübertragungskabel gemäß einem zweiten Aspekt der vorliegenden Offenbarung umfasst: eine Isolierschicht, die sich in einer Längsrichtung des Differenzialsignalübertragungskabels erstreckt; ein Paar von Signalleitungen, die sich in der Längsrichtung erstrecken und in der Isolierschicht eingebettet sind; und eine Abschirmschicht, die eine äußere Umfangsfläche der Isolierschicht bedeckt. Die Härte der Isolierschicht ist größer als oder gleich 0,020 GPa. Die Härte der Abschirmschicht ist kleiner als oder gleich 4,0 GPa.

[0012] Gemäß dem Differenzialsignalübertragungskabel von (6) ist es möglich, das Ablösen der Abschirmschicht von der äußeren Umfangsfläche der Isolierschicht zu unterdrücken.

(7) In dem Differenzialsignalübertragungskabel nach (6) kann ein Wert, der durch Division der Härte der Abschirmschicht durch die Härte der Isolierschicht erhalten wird, größer als oder gleich 20 und kleiner als oder gleich 100 sein.

(8) In dem Differenzialsignalübertragungskabel gemäß (6) oder (7) kann die Isolierschicht in einem Querschnitt orthogonal zur Längsrichtung einen ersten Abschnitt aufweisen, der ein Abschnitt in einem Abstand von bis zu 50 µm von der äußeren Umfangsfläche jeder des Paares von Signalleitungen ist, und einen zweiten Abschnitt aufweisen, der ein Abschnitt in einem Abstand von bis zu 50 µm von der äußeren Umfangsfläche der Isolierschicht ist. Ein Wert, der durch Division der Härte des ersten Abschnitts durch die Härte des zweiten Abschnitts erhalten wird, kann größer als oder gleich 1,05 und kleiner als oder gleich 1,50 sein.

[0013] Gemäß dem Differenzialsignalübertragungskabel von (8) ist es möglich, das Differenzialsignalübertragungskabel leicht biegbar zu machen.

(9) Ein Differenzialsignalübertragungskabel gemäß einem dritten Aspekt der vorliegenden Offenbarung umfasst: eine Isolierschicht, die sich in einer Längsrichtung des Differenzialsignalübertragungskabels erstreckt; ein Paar von Signalleitungen, die sich in der Längsrichtung erstrecken und in der Isolierschicht eingebettet sind; und eine Abschirmschicht, die eine äußere Umfangsfläche der Isolierschicht bedeckt. Die Abschirmschicht enthält Kupfer. Die Kristallitgröße von Kupfer in der Abschirmschicht ist größer als oder gleich 20 nm und kleiner als oder gleich 75 nm.

[0014] Gemäß dem Differenzialsignalübertragungskabel von (10) ist es möglich, das Ablösen der Abschirmschicht von der äußeren Umfangsfläche der Isolierschicht zu unterdrücken.

[Details der Ausführungsbeispiele]

[0015] Nachfolgend werden Einzelheiten der Ausführungsbeispiele der vorliegenden Offenbarung unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beschrieben. In den folgenden Zeichnungen sind gleiche oder entsprechende Teile mit den gleichen Bezugszeichen bezeichnet, und redundante Beschreibungen werden nicht wiederholt.

(Konfiguration eines Differenzialsignalübertragungskabels gemäß einem Ausführungsbeispiel)

[0016] Nachfolgend wird eine Konfiguration eines Differenzialsignalübertragungskabels gemäß einem Ausführungsbeispiel beschrieben. Das Differenzialsignalübertragungskabel gemäß dem Ausführungsbeispiel wird als Kabel 100 bezeichnet.

[0017] **Fig.** 1 ist eine perspektivische Ansicht des Kabels 100. **Fig.** 2 ist eine Querschnittsansicht des Kabels 100. **Fig.** 2 zeigt einen Querschnitt orthogonal zur Längsrichtung des Kabels 100. **Fig.** 3 ist eine teilweise vergrößerte Ansicht von **Fig.** 2 in der Nähe einer äußeren Umfangsfläche 10a. Wie in den **Fig.** 1, 2 und 3 dargestellt ist, umfasst das Kabel 100 eine Isolierschicht 10, eine Signalleitung 20a, eine Signalleitung 20b, eine Zwischenschicht 30, eine Metalloxidschicht 40, eine Abschirmschicht 50 und Katalysatorpartikel 60.

[0018] Die Isolierschicht 10 erstreckt sich in der Längsrichtung des Kabels 100. Die Isolierschicht 10 wird aus einem elektrisch isolierenden Material gebildet. Die Isolierschicht 10 wird beispielsweise aus Polyethylen (PE), Tetrafluorethylen-Hexafluorpropylen-Copolymer (FEP), Polypropylen (PP), zyklischem Olefinpolymer oder Polymethylpenten gebildet. Die Isolierschicht 10 kann eine Schicht sein, die eines oder mehrere dieser Materialien enthält. Vorzugsweise ist die Härte der Isolierschicht 10 größer als oder gleich 0,020 GPa. Die Härte der Isolierschicht 10 kann größer als oder gleich 0,0035 GPa sein.

[0019] Richtungen, die orthogonal zur Längsrichtung des Kabels 100 verlaufen, werden als eine erste Richtung DR1 und eine zweite Richtung DR2 bezeichnet. Die erste Richtung DR1 und die zweite Richtung DR2 sind orthogonal zueinander. In einer Querschnittsansicht orthogonal zur Längsrichtung des Kabels 100 hat die Isolierschicht 10 beispielsweise eine elliptische Form, deren Längsachse in der ersten Richtung DR1 verläuft.

[0020] Die Isolierschicht 10 hat eine äußere Umfangsfläche 10a. Die Isolierschicht 10 umfasst einen ersten Abschnitt 11 und einen zweiten Abschnitt 12. Der erste Abschnitt 11 ist ein Abschnitt in einem Abstand von

bis zu 50 µm von der äußeren Umfangsfläche der Signalleitung 20a (Signalleitung 20b). Der zweite Abschnitt 12 ist ein Abschnitt mit einem Abstand von bis zu 50 µm von der äußeren Umfangsfläche 10a. Vorzugsweise ist die Härte des zweiten Abschnitts 12 geringer als die Härte des ersten Abschnitts 11. Vorzugsweise ist ein Wert, der durch Division der Härte des ersten Abschnitts 11 durch die Härte des zweiten Abschnitts erhalten wird, größer als oder gleich 1,05 und kleiner als oder gleich 1,50.

[0021] Die Härte der Isolierschicht 10 (erster Teil 11, zweiter Teil 12) wird mit einem TriboIndenter Hysitron TI980 der Firma Bruker gemessen. Bei dieser Messung wird ein Berkovich-Indenter als Eindringkörper verwendet. Die maximale Belastung beträgt 8 mN. Die Belastungszeit beträgt 5 Sekunden. Die maximale Lasthaltezeit beträgt 0 Sekunden. Diese Messung wird bei 25° C Lufttemperatur. Die Analyse mit TI980 wird mit TribScan durchgeführt, der speziellen Software für TI980. Diese Messung wird an einem Muster durchgeführt, das in ein Epoxidharz eingebettet ist und einer Hochglanzpolitur unterzogen wird.

[0022] Die Signalleitung 20a und die Signalleitung 20b bilden ein Paar. An die Signalleitung 20b wird ein Signal angelegt, das eine entgegengesetzte Phase zu dem an die Signalleitung 20a angelegten Signal hat. Somit überträgt das Kabel 100 ein differenzielles Signal bzw. ein Differenzialsignal.

[0023] Die Signalleitung 20a und die Signalleitung 20b sind in die Isolierschicht 10 eingebettet. Die Signalleitung 20a und die Signalleitung 20b verlaufen in Längsrichtung des Kabels 100. Die Signalleitung 20a und die Signalleitung 20b sind aus einem leitfähigen Material gebildet. Die Signalleitung 20a und die Signalleitung 20b bestehen beispielsweise aus Kupfer (Cu). Das Material, aus dem die Signalleitung 20a und die Signalleitung 20b bestehen, ist jedoch nicht auf Kupfer beschränkt. Die Signalleitungen 20a und 20b sind z. B. in der ersten Richtung DR1 angeordnet.

[0024] Die Zwischenschicht 30 bedeckt die äußere Umfangsfläche 10a. Die Zwischenschicht 30 hat eine äußere Umfangsfläche 30a. Die Zwischenschicht 30 ist aus einem elektrisch isolierenden Material gebildet. Die Zwischenschicht 30 besteht zum Beispiel aus Polyolefin. Die Zwischenschicht 30 kann aus AcrylnitrilButadien-Styrol-Harz (ABS-Harz) gebildet sein.

[0025] Die Metalloxidschicht 40 ist eine Schicht aus Metalloxid. Die Metalloxidschicht 40 enthält hauptsächlich Kupferoxid (CuO). Die Metalloxidschicht 40 kann jedoch auch ein anderes Element als Kupfer und Sauerstoff enthalten. Die Metalloxidschicht 40 kann beispielsweise auch mindestens eines der Elemente Nickel (Ni), Eisen (Fe) und Kobalt (Co) enthalten.

[0026] Das Atomverhältnis von Kupfer in der Metalloxidschicht 40 wird durch A (Einheit: Atomprozent) dargestellt. Das Atomverhältnis von Eisen in der Metalloxidschicht wird durch B dargestellt (Einheit: Atomprozent). Das Atomverhältnis von Nickel in der Metalloxidschicht 40 wird durch C (Einheit: Atomprozent) dargestellt. Das Atomverhältnis von Kobalt in der Metalloxidschicht 40 wird durch D dargestellt (Einheit: Atomprozent). Vorzugsweise ist der Wert, der durch Division von B durch A erhalten wird, größer als oder gleich 0,000010 und kleiner als oder gleich 0,00010. Vorzugsweise ist der durch Division von C durch A erhaltene Wert größer als oder gleich 0,000050 und kleiner als oder gleich 0,00080 ist. Vorzugsweise ist der Wert, der durch Division von D durch A erhalten wird, größer als oder gleich 0,000010 und kleiner als oder gleich 0,00010. Die Werte von A, B, C und D werden mittels EDX (Energiedispersive Röntgenspektroskopie) gemessen.

[0027] Die Metalloxidschicht 40 bedeckt die äußere Umfangsfläche 30a. Vorzugsweise bedeckt die Metalloxidschicht 40 die äußere Umfangsfläche 30a über den gesamten Umfang. Die Metalloxidschicht 40 kann jedoch einen Teil der äußeren Umfangsfläche 30a nicht bedecken. In diesem Fall steht ein Teil der äußeren Umfangsfläche 30a, der nicht mit der Metalloxidschicht 40 bedeckt ist, in Kontakt mit der Abschirmschicht 50.

[0028] Die Metalloxidschicht 40 hat eine erste Oberfläche 40a und eine zweite Oberfläche 40b. Die erste Oberfläche 40a ist eine Oberfläche, die der Seite der Zwischenschicht 30 zugewandt ist. Die zweite Oberfläche 40b ist eine der ersten Oberfläche 40a gegenüberliegende Oberfläche. Die zweite Oberfläche 40b ist der Seite der Abschirmschicht 50 zugewandt. Die Metalloxidschicht 40 steht auf der ersten Oberfläche 40a in Kontakt mit der Zwischenschicht 30 und auf der zweiten Oberfläche 40b in Kontakt mit der Abschirmschicht 50.

[0029] Die Abschirmschicht 50 bedeckt die zweite Oberfläche 40b. Das heißt, die Abschirmschicht 50 bedeckt die äußere Umfangsfläche 10a mit der Zwischenschicht 30 und der dazwischenliegenden Metalloxidschicht 40. Die Abschirmschicht 50 ist leitfähig.

[0030] Die Abschirmschicht 50 umfasst z. B. eine stromlose Plattierungsschicht 51 und eine elektrolytische Plattierungsschicht 52. Die stromlose Plattierungsschicht 51 bedeckt die Metalloxidschicht 40. Die elektrolytische Plattierungsschicht 52 bedeckt die stromlose Plattierungsschicht 51.

[0031] Die stromlose Plattierungsschicht 51 ist eine durch stromloses Plattieren gebildete Schicht. Die stromlose Plattierungsschicht 51 enthält Kupfer. Die stromlose Plattierungsschicht 51 enthält außerdem Legierungselemente. Art und Gehalt der Legierungselemente sind so gewählt, dass sie in der Abschirmschicht 50 eine Zugspannung erzeugen. Bei den Legierungselementen handelt es sich z. B. um Elemente, die mit Kupfer eine feste Lösung bilden. Insbesondere umfassen die Legierungselemente mindestens eines der Elemente Eisen, Nickel und Kobalt. Die Legierungselemente sind jedoch nicht auf Eisen, Nickel und Kobalt beschränkt. Die elektrolytische Plattierungsschicht 52 ist eine Schicht, die durch elektrolytische Plattierung gebildet wird. Die elektrolytische Plattierungsschicht 52 enthält z. B. Kupfer.

[0032] Da die stromlose Plattierungsschicht 51 die oben beschriebenen Legierungselemente enthält, bilden die oben beschriebenen Legierungselemente eine feste Lösung mit dem Kupfer in der stromlosen Plattierungsschicht 51, und es kommt zu einer Verzerrung in einem Kristall des Kupfers in der stromlosen Plattierungsschicht 51. Darüber hinaus spiegelt die Kristallinität der elektrolytischen Plattierungsschicht 52 die Kristallinität der stromlosen Plattierungsschicht 51 wider, und so kommt es auch in der elektrolytischen Plattierungsschicht 52 zu einer Verzerrung, weil die stromlose Plattierungsschicht 51 die oben beschriebenen Legierungselemente enthält. Aufgrund einer solchen Verformung bleibt die Zugspannung in der Abschirmschicht 50 erhalten.

[0033] Der Gehalt an Kupfer in der Abschirmschicht 50 ist z.B. größer als oder gleich 90 Masseprozent. Vorzugsweise ist der Gehalt an Eisen in der Abschirmschicht 50 größer als oder gleich 0,0010 Masseprozent und kleiner als oder gleich 0,0050 Masseprozent. Vorzugsweise ist der Gehalt an Nickel in der Abschirmschicht 50 größer als oder gleich 0,10 Masseprozent und kleiner als oder gleich 3,0 Masseprozent. Vorzugsweise ist der Gehalt an Kobalt in der Abschirmschicht 50 größer als oder gleich 0,0010 Masseprozent und kleiner als oder gleich 0,0050 Masseprozent. Vorzugsweise ist mindestens eine der folgenden Bedingungen erfüllt: der Gehalt an Nickel in der Abschirmschicht 50 ist größer als oder gleich 0,10 Massenprozent und kleiner als oder gleich 3,0 Massenprozent; der Gehalt an Eisen in der Abschirmschicht 50 ist größer als oder gleich 0,0010 Massenprozent und kleiner als oder gleich 0,0050 Massenprozent; und der Gehalt an Kobalt in der Abschirmschicht 50 ist größer als oder gleich 0,0010 Massenprozent und kleiner als oder gleich 0,0050 Massenprozent. Die Gehalte an Kupfer, Eisen, Nickel und Kobalt in der Abschirmschicht 50 werden durch Auflösen der Abschirmschicht 50 in einer Lösung und Durchführung einer ICP-Emissionsspektrometrie (Inductive Coupled Plazma) an der Lösung gemessen.

[0034] Vorzugsweise ist die Härte der Abschirmschicht 50 kleiner als oder gleich 4,0 GPa. Vorzugsweise ist der Wert, der durch Division der Härte der Abschirmschicht 50 durch die Härte der Isolierschicht 10 erhalten wird, größer als oder gleich 20 und kleiner als oder gleich 100.

[0035] Die Härte der Abschirmschicht 50 wird mit dem TripoIndenter Hysitron TI980 der Firma Bruker gemessen. Bei dieser Messung wird ein Berkovich-Indenter als Eindringkörper verwendet. Die maximale Belastung beträgt 30 µN. Die Belastungszeit beträgt 2 Sekunden. Die maximale Lasthaltezeit beträgt 2 Sekunden. Diese Messung wird bei 25° C Lufttemperatur durchgeführt. Die Analyse mit TI980 wird unter Verwendung von TribScan durchgeführt, der speziellen Software für TI980. Diese Messung wird an einem Muster durchgeführt, das in ein Epoxidharz eingebettet ist und einer Spiegelpolitur unterzogen ist.

[0036] Vorzugsweise ist die Kristallitgröße des Kupfers in der Abschirmschicht 50 größer als oder gleich 20 nm und kleiner als oder gleich 75 nm. Ferner vorzugsweise ist die Kristallitgröße von Kupfer in der Abschirmschicht 50 größer als oder gleich 20 nm und kleiner als oder gleich 60 nm. Die Abschirmschicht 50 enthält Kristallkörner aus Kupfer. Der Teil eines Kristallkorns, der als Einkristall betrachtet werden kann, wird als Kristallit bezeichnet. Daher ist die Kristallitgröße von Kupfer in der Abschirmschicht 50 kleiner als oder gleich der Korngröße der in der Abschirmschicht 50 enthaltenen Kristallkörner aus Kupfer.

[0037] Die Kristallitgröße von Kupfers in der Abschirmschicht 50 kann mit einem Röntgendiffraktions- bzw. Röntgenbeugungsverfahren gemessen werden. Genauer gesagt wird die Röntgenbeugung mit einem SmartLab der Firma Rigaku durchgeführt. Bei dieser Messung ist die Röntgenquelle CuKo, die Auflichtquelle ist CBO-f und der Detektor ist Hypix-3000. Die Röntgenbeugung wird bei einem Beugungswinkel 2θ in einem Bereich von 20° bis einschließlich 80° durchgeführt, wobei der Beugungswinkel 2θ in Schritten von 0,03° geändert wird.

[0038] Ein durch Röntgenbeugung an einem Muster erhaltenes Linienprofil hat eine Form, die sowohl eine echte Streuung, die durch eine physikalische Größe einer Kristallitgröße des Musters verursacht wird, als auch eine durch ein Messgerät verursachte Streuung umfasst. Um die Kristallitgröße zu bestimmen, wird eine durch das Gerät verursachte Komponente aus dem durch Röntgenbeugung an der Probe erhaltenen Linienprofil entfernt und eine integrale Breite eines echten Linienprofils (ein Wert, der durch Division einer integralen Intensität eines Peaks durch eine Höhe des Peaks erhalten wird) berechnet. Durch Einsetzen der integralen Breite des echten Linienprofils in die Scherrer-Gleichung erhält man die Kristallitgröße des Musters.

[0039] LaB6, hergestellt von NIST, wird als Standardmuster verwendet, um die durch das Gerät verursachte Komponente aus dem durch Röntgenbeugung an der Probe erhaltenen Linienprofil zu entfernen. Die integrale Breite des wahren Linienprofils ist β, die integrale Breite des durch Röntgenbeugung an der Probe erhaltenen Linienprofils ist β_1, und die integrale Breite des durch Röntgenbeugung an einer Standardprobe erhaltenen Linienprofils ist β_2. Die Beziehung zwischen β, β_1 und β_2 wird ausgedrückt durch $\beta^2 = \beta_1^2 - \beta_2^2$ (Gleichung 1). Die Scherrer-Gleichung wird ausgedrückt durch $D = K\lambda/\beta\cos\theta$ (Gleichung 2). Dabei ist D die Kristallitgröße des Musters, K ist die Scherrer-Konstante (K = 1,33), λ ist die Wellenlänge der Röntgenstrahlung und θ ist der Bragg-Winkel der Cu200-Beugungslinie. Durch Einsetzen von β aus Gleichung 1 in Gleichung 2, erhält man den Wert von D, d. h. die Kristallitgröße des Musters.

[0040] Die Katalysatorpartikel 60 befinden sich zwischen der Isolierschicht 10 und der Abschirmschicht 50. Insbesondere befindet sich die Abschirmschicht 50 in der Metalloxidschicht 40. Die Katalysatorpartikel 60 befinden sich auch an der Grenzfläche zwischen der Metalloxidschicht 40 und der Zwischenschicht 30. Die Katalysatorpartikel 60 sind zum Beispiel um Partikel, die Palladium (Pd) enthalten.

(Verfahren zur Herstellung eines Differenzialsignalübertragungskabels gemäß dem Ausführungsbeispiel)

[0041] Nachfolgend wird ein Verfahren zur Herstellung des Kabels 100 beschrieben. **Fig.** 4 ist ein Vorgangs- bzw. Flussdiagramm, das das Verfahren zur Herstellung des Kabels 100 zeigt. Wie in **Fig.** 4 dargestellt ist, umfasst das Verfahren zur Herstellung des Kabels 100 einen Vorbereitungsvorgang S1, einen Vorgang zur Bildung einer Zwischenschicht S2, einen Vorgang zum Anbringen von Katalysatorpartikeln S3, einen Vorgang zur Bildung einer Oxidschicht S4, einen stromlosen Plattierungsvorgang S5, einen elektrolytischen Plattierungsvorgang S6 und einen Wärmebehandlungsvorgang S7.

[0042] Nach dem Vorbereitungsvorgang S1 wird der Vorgang zur Bildung der Zwischenschicht S2 durchgeführt. Nach dem Vorgang zur Bildung der Zwischenschicht S2 wird der Vorgang S3 zum Anbringen von Katalysatorpartikeln durchgeführt. Nach dem Vorgang S3 zum Anbringen von Katalysatorpartikeln wird der Vorgang S4 zur Bildung einer Oxidschicht durchgeführt. Nach dem Vorgang zur Bildung der Oxidschicht S4 wird der stromlose Plattierungsvorgang S5 durchgeführt. Nach dem stromlosen Plattierungsvorgang S5 wird ein elektrolytischer Plattierungsvorgang S6 durchgeführt. Nach dem elektrolytischen Plattierungsvorgang S6 wird der Wärmebehandlungsvorgang S7 durchgeführt.

[0043] Im Vorbereitungsvorgang S1 wird das Verarbeitungszielelement 100A vorbereitet. **Fig.** 5 ist eine Querschnittsansicht des Verarbeitungszielelements 100A, das im Vorbereitungsvorgang S1 vorbereitet wurde. Wie in **Fig.** 5 dargestellt, umfasst das Verarbeitungszielelement 100A eine Isolierschicht 10, eine Signalleitung 20a und eine Signalleitung 20b.

[0044] **Fig.** 6 ist eine Querschnittsansicht des Verarbeitungszielelements 100A nach Durchführung des Vorgangs S2 zur Bildung der Zwischenschicht. Wie in **Fig.** 6 gezeigt ist, wird in dem Vorgang zur Bildung der Zwischenschicht S2 die Zwischenschicht 30 gebildet, um die äußere Umfangsfläche 10a zu bedecken. Bei dem Vorgang zur Bildung der Zwischenschicht S2 wird ein Material, das die Zwischenschicht 30 bildet, auf die äußere Umfangsfläche 10a aufgetragen und das aufgetragene Material wird ausgehärtet, um die Zwischenschicht 30 so zu bilden, dass sie die äußere Umfangsfläche 10a bedeckt.

[0045] **Fig.** 7 ist eine Querschnittsansicht des Verarbeitungszielelements 100A nach der Durchführung des Vorgangs S3 zum Anbringen von Katalysatorpartikeln. Wie in **Fig.** 7 gezeigt ist, werden im Vorgang S3 zum Anbringen von Katalysatorpartikeln die Katalysatorpartikel 60 auf der äußeren Umfangsfläche 30a dispergiert angeordnet. In dem Vorgang S3 zum Anbringen von Katalysatorpartikeln werden die Katalysatorpartikel 60 auf der äußeren Umfangsfläche 30a dispergiert angebracht, indem eine Lösung, die Katalysatorpartikel 60 enthält, auf die äußere Umfangsfläche 30a aufgebracht und die Lösung verflüchtigt bzw. verdampft wird.

[0046] **Fig.** 8 ist eine Querschnittsansicht des Verarbeitungszielelements 100A, nachdem der Vorgang zur Bildung der Oxidschicht S4 und der stromlose Plattierungsvorgang S5 durchgeführt wurden. Wie in **Fig.** 8 gezeigt ist, wird die Metalloxidschicht 40 im Oxidschichtbildungsprozess S4 gebildet, und die stromlose Plattierungsschicht 51 wird auf der Metalloxidschicht 40 im stromlosen Plattierungsvorgang S5 gebildet.

[0047] Im Vorgang S4 zur Bildung der Oxidschicht wird das Verarbeitungszielelement 100A in eine Plattierungslösung eingetaucht, in der ein in der stromlosen Plattierungsschicht 51 enthaltenes Material gelöst und ein sauerstoffhaltiges Gas (z. B. Luft) eingeblasen wird. Auf diese Weise wird eine Metalloxidschicht 40 gebildet, die die äußere Umfangsfläche 30a mit Katalysatorpartikeln 60 als Keime bedeckt. Unter den Katalysatorpartikeln 60 befinden sich diejenigen, die als Keime für das Wachstum der Metalloxidschicht 40 dienen, in der Metalloxidschicht 40, und die anderen Katalysatorpartikel befinden sich an der Grenzfläche zwischen der Zwischenschicht 30 und der Metalloxidschicht 40. Durch Zugabe von Legierungselementen wie Eisen, Nickel und Kobalt zur Plattierungslösung sind diese Legierungselemente in der Metalloxidschicht 40 enthalten.

[0048] Im stromlosen Plattierungsvorgang S5 wird die oben beschriebene Blasenbildung eingestellt. Infolgedessen wird die stromlose Plattierungsschicht 51 auf die Metalloxidschicht 40 plattiert.

[0049] Im elektrolytischen Plattierungsvorgang S6 wird die elektrolytische Plattierungsschicht 52 so gebildet, dass sie die stromlose Plattierungsschicht 51 bedeckt. Bei dem elektrolytischen Plattierungsvorgang S6 wird das Verarbeitungszielelement 100A in eine Plattierungslösung eingetaucht, in der ein in der elektrolytischen Plattierungsschicht 52 enthaltenes Material gelöst ist, und die stromlose Plattierungsschicht 51 wird unter Spannung gesetzt. Als Ergebnis wird die elektrolytische Plattierungsschicht 52 auf die stromlose Plattierungsschicht 51 plattiert, und das Kabel 100 mit der in den **Fig.** 1 bis 3 dargestellten Struktur wird hergestellt.

[0050] Im Wärmebehandlungsvorgang S7 wird eine Wärmebehandlung am Kabel 100 durchgeführt. Durch die Wärmebehandlung wachsen die Kristallkörner des in der Abschirmschicht 50 enthaltenen Kupfers, und die Kristallitgröße in der Abschirmschicht 50 nimmt ebenfalls entsprechend zu. Da die Härte der Abschirmschicht 50 mit zunehmender Korngröße der in der Abschirmschicht 50 enthaltenen Kristallkörner des Kupfers abnimmt (Hall-Petch-Regel), verringert sich durch die Wärmebehandlung die Härte der Abschirmschicht 50. Da außerdem die Kristallisation des Harzmaterials, aus dem die Isolierschicht 10 besteht, durch die Wärmebehandlung fortschreitet, nimmt die Härte der Isolierschicht 10 durch die Wärmebehandlung zu.

(Effekte des Differenzialsignalübertragungskabels gemäß Ausführungsbeispiel)

[0051] Nachfolgend werden die Effekte bzw. Vorteile des Kabels 100 beschrieben.

[0052] Das Kabel 100 kann in einem gebogenen Zustand verwendet werden. Auf die Abschirmschicht 50 auf der Innenseite des Kabels 100, das sich im gebogenen Zustand befindet, wirkt eine Biegedruckspannung. Aufgrund der Biegedruckspannung kann die Abschirmschicht 50 geknickt werden und sich von der Isolierschicht 10 ablösen, die sich auf der Innenseite des Kabels 100 befindet, das sich im gebogenen Zustand befindet. Wenn eine solche Ablösung auftritt, verschlechtern sich die Übertragungseigenschaften des Kabels 100.

[0053] Im Kabel 100 enthält die stromlose Plattierungsschicht 51 jedoch Legierungselemente, so dass eine Zugspannung auf die Abschirmschicht 50 einwirkt. Somit wird gemäß dem Kabel 100 die Druckspannung, die auf der Innenseite des Kabels 100, das sich im gebogenen Zustand befindet, auf die Abschirmschicht 50 ausgeübt wird, entspannt und das Ablösen, das mit dem Knicken der Abschirmschicht 50 einhergeht, wird unterdrückt, und somit ist es möglich, die Verschlechterung der Übertragungseigenschaften des Kabels 100 zu unterdrücken, wenn das Kabel 100 gebogen wird.

[0054] Da die zur Bildung der stromlosen Plattierungsschicht 51 verwendete Plattierungslösung chemisch instabil ist, ist es schwierig, die Plattierungslösung zu handhaben. Wenn die stromlose Plattierungsschicht 51 mindestens eines der Elemente Eisen und Nickel enthält, werden diese Elemente, wie oben beschrieben, der zur Bildung der stromlosen Plattierungsschicht 51 verwendeten Plattierungslösung zugesetzt. Die Zugabe von Eisen, Nickel und Kobalt stabilisiert chemisch die Plattierungslösung, die zur Bildung der stromlosen Plattierungsschicht 51 verwendet wird. Wenn die stromlose Plattierungsschicht 51 mindestens eines der Elemente Eisen, Nickel und Kobalt enthält, ist es daher möglich, den Vorgang der Herstellung des Kabels 100 zu stabilisieren.

[0055] Um die Haftung der Abschirmschicht 50 an der Isolierschicht 10 zu gewährleisten, ist es denkbar, die äußere Umfangsfläche 10a aufzurauen, um den Verankerungseffekt zwischen Abschirmschicht 50 und Isolierschicht 10 zu verbessern. Allerdings verschlechtern sich bei aufgerauter äußerer Umfangsfläche 10a die Übertragungseigenschaften des Kabels 100 im Hochfrequenzbereich.

[0056] Das Kabel 100 umfasst eine Metalloxidschicht 40, und zwischen der Abschirmschicht 50 (stromlose Plattierungsschicht 51) und der Metalloxidschicht 40 besteht eine Wasserstoffbrückenbindung. Die Wasserstoffbrückenbindung stellt die Haftung zwischen der Metalloxidschicht 40 und der Abschirmschicht 50 sicher, so dass die Haftung zwischen der Isolierschicht 10 und der Abschirmschicht 50 gewährleistet ist, ohne dass die äußere Umfangsfläche 10a aufgeraut wird. So ist es möglich, die Haftung der Abschirmschicht 50 an der Isolierschicht 10 sicherzustellen und gleichzeitig die Übertragungseigenschaften des Kabels 100 im Hochfrequenzbereich zu gewährleisten, wenn das Kabel 100 die Metalloxidschicht 40 umfasst.

[0057] Wenn die Härte der Isolierschicht 10 gering ist, ist die Isolierschicht 10 auf der Innenseite des Kabels 100, die sich im gebogenen Zustand befindet, in Richtung der Innenseite des Kabels 100 zurückgesetzt. Wenn die Härte der Abschirmschicht 50 hoch ist, wird die Abschirmschicht 50 auf der Innenseite des Kabels 100, das sich im gebogenen Zustand befindet, in Richtung der Innenseite des Kabels 100 gebogen. Wenn der Unterschied zwischen der Härte der Isolierschicht 10 und der Härte der Abschirmschicht 50 groß wird, entstehen deshalb Falten auf der Innenseite des Kabels 100, wenn das Kabel 100 gebogen wird, und die Übertragungseigenschaften verschlechtern sich.

[0058] Im Kabel 100 ist die Härte der Isolierschicht 10 größer als oder gleich 0,020 GPa und die Härte der Abschirmschicht 50 ist kleiner als oder gleich 4,0 GPa, und somit wird der Unterschied zwischen der Härte der Isolierschicht 10 und der Härte der Abschirmschicht 50 klein, und es ist möglich, eine Verschlechterung der Übertragungseigenschaften zu unterdrücken, wenn das Kabel 100 gebogen wird. In einem Fall, in dem der Wert, der durch Division der Härte der Abschirmschicht 50 durch die Härte der Isolierschicht 10 erhalten wird, größer als oder gleich 20 und kleiner als oder gleich 100 ist, ist es möglich, eine weitere Verschlechterung der Übertragungseigenschaften weiter zu unterdrücken, wenn das Kabel 100 gebogen wird.

[0059] In einem Fall, in dem die Kristallitgröße des Kupfers in der Abschirmschicht 50 größer als oder gleich 20 nm und kleiner als oder gleich 75 nm ist, kann die Härte der Abschirmschicht 50 ebenfalls verringert werden, und somit ist es in ferner möglich, eine Verschlechterung der Übertragungseigenschaften weiter zu unterdrücken, wenn das Kabel 100 gebogen wird.

[0060] Wenn im Kabel 100 der Wert, der durch Division der Härte des ersten Abschnitts 11 durch die Härte des zweiten Abschnitts 12 erhalten wird, größer als oder gleich 1,05 und kleiner als oder gleich 1,50 ist, wird das sekundäre Querschnittsmoment der Isolierschicht 10 kleiner, und die Verformung der Isolierschicht 10 kann der Verformung des Kabels 100 leicht folgen. Daher ist es in diesem Fall weniger wahrscheinlich, dass sich die Isolierschicht 10 von der Signalleitung 20a (Signalleitung 20b) ablöst, wenn das Kabel 100 gebogen wird.

(Erste Verlustauswertungsprüfung)

[0061] In einer ersten Verlustauswertungsprüfung wird der Zusammenhang zwischen dem Gehalt der Legierungselemente in der Abschirmschicht 50 (stromlose Plattierungsschicht 51) und den Übertragungseigenschaften des Kabels 100 ausgewertet. In der ersten Verlustauswertungsprüfung sind die Muster 1-1 bis 1-9 als Muster des Kabels 100 bereitgestellt. Wie in Tabelle 1 gezeigt, variieren die Gehalte an Nickel, Eisen und Kobalt in der Abschirmschicht 50 in den Mustern 1-1 bis 1-9. Obwohl in Tabelle 1 nicht dargestellt, ist der Gehalt an Kupfer in der Abschirmschicht 50 in den Mustern 1-1 bis 1-9 größer als oder gleich 90 Massenprozent.
[Tabelle 1]

Tabelle 1

	Gehalt in der Abschirmschicht 50 (in Masseprozent)			Differential-Mode-Übertragungsverlust (dB/m)		Bewertung
	Fe	Ni	Co	Vor dem Biegen	Nach Biegen	
Muster 1-1	Weniger als 0,001	0.11	Weniger als 0,001	-20	-21	OK
Muster 1-2	0.005	0.08	0.001	-21	-20	OK
Muster 1-3	0.042	0.28	0.002	-23	-22	OK
Muster 1-4	Weniger als 0,001	0.08	0.003	-20	-20	OK
Muster 1-5	0.005	0.07	0.005	-21	-21	OK
Muster 1-6	0.002	0.11	0.003	-19	-20	OK
Muster 1-7	0.004	0.29	0.004	-21	-20	OK
Muster 1-8	0.08	0.07	Weniger als 0,001	-21	-31	NG
Muster 1-9	Weniger als 0,001	0.08	Weniger als 0,001	-21	-30	NG

DE 11 2021 007 918 T5 2024.05.16

[0062] In der ersten Verlustauswertungsprüfung werden die Übertragungseigenschaften durch Messung der Differentialmodus-Einfügedämpfung jedes Musters in einem Zustand ausgewertet, in dem jedes Muster um einen Zylinder mit einem Durchmesser von 50 mm gewickelt ist. Ein Fall, in dem es keinen Unterschied in der Differentialmodus-Einfügedämpfung vor und nach der Wicklung gibt, oder ein Fall, in dem die Differentialmodus-Einfügedämpfung größer als oder gleich -25 dB/m nach der Wicklung ist, wird als OK ausgewertet, und ein Fall, in dem die Differentialmodus-Einfügedämpfung kleiner als -25 dB/m nach der Wicklung ist, wird als NG ausgewertet.

[0063] Eine Bedingung 1 ist, dass der Gehalt an Nickel in der Abschirmschicht 50 größer als oder gleich 0,10 Masseprozent und kleiner als oder gleich 3,0 Masseprozent ist; eine Bedingung 2 ist, dass der Gehalt an Eisen in der Abschirmschicht 50 größer als oder gleich 0,0010 Masseprozent und kleiner als oder gleich 0,0050 Masseprozent ist; und eine Bedingung 3 ist, dass der Gehalt an Kobalt in der Abschirmschicht 50 größer als oder gleich 0,0010 Masseprozent und kleiner als oder gleich 0,0050 Masseprozent ist.

[0064] In den Mustern 1-1 bis 1-7 ist mindestens eine der Bedingungen 1 bis 3 erfüllt. Dagegen ist in den Mustern 1-8 und 1-9 keine der Bedingungen 1 bis 3 erfüllt. In jedem der Muster 1-1 bis 1-7 werden die Übertragungseigenschaften als OK ausgewertet. In den Mustern 1-8 und 1-9 hingegen werden die Übertragungseigenschaften jeweils als NG ausgewertet. Auf der Grundlage dieses Vergleichs wurde experimentell festgestellt, dass die Verschlechterung der Übertragungseigenschaften im Zusammenhang mit der Biegung des Kabels 100 unterdrückt werden kann, wenn mindestens eine der Bedingungen 1 bis 3 erfüllt ist.

(Zweite Verlustauswertungsprüfung)

[0065] In der zweiten Verlustauswertungsprüfung wird die Beziehung zwischen den Härten der Abschirmschicht 50 und der Isolierschicht 10 und den Übertragungseigenschaften des Kabels 100 ausgewertet. In der zweiten Verlustauswertungsprüfung werden die Muster 2-1 bis 2-3 als Muster des Kabels 100 verwendet. Wie in Tabelle 2 dargestellt ist, variieren in den Mustern 2-1 bis 2-3 die Atomverhältnisse von Kupfer, Nickel, Eisen und Kobalt in der Abschirmschicht 50. Dementsprechend variieren bei den Mustern 2-1 bis 2-3 der Wert, der durch Division von B durch A erhalten wird, der Wert, der durch Division von C durch A erhalten wird, und der Wert, der durch Division von D durch A erhalten wird.
[Tabelle 2]

Tabelle 2

	Atomverhältnis in der Metalloxidschicht 40 (% pro Atom)							B/A	C/A	D/A	Differentialmodus-Übertragungsverlust (dB/m)		Auswertung
	Cu	Fe	Ni	Co	C	O	Pd				Vor dem Biegen	Nach dem Biegen	
Muster 2-1	68.3	0.001	0.008	0.001	10.02	21.6	0.002	0.000013	0.000120	0.000012	-20	-21	OK
Muster 2-2	81.1	0.005	0.028	0.005	10.38	8.5	0.002	0.000060	0.000341	0.000057	-21	-20	OK
Muster 2-3	71.2	0.0005	0.002	0.0006	8.20	20.6	0.002	0.000007	0.000028	0.000008	-20	-30	NG

[0066] Bei der zweiten Verlustauswertungsprüfung werden die Übertragungseigenschaften jedes Musters nach demselben Verfahren wie bei der ersten Verlustauswertungsprüfung ausgewertet. Eine Bedingung 4 ist, dass der Wert, der durch Division von B durch A erhalten wird, größer als oder gleich 0,000010 und kleiner als oder gleich 0,00010 ist, eine Bedingung 5 ist, dass der Wert, der durch Division von C durch A erhalten wird, größer als oder gleich 0,000010 und kleiner als oder gleich 0,00080 ist, und eine Bedingung 6 ist, dass der Wert, der durch Division von D durch A erhalten wird, größer als oder gleich 0,000010 und kleiner als oder gleich 0,00010 ist.

[0067] In Muster 2-1 und Muster 2-2 sind alle Bedingungen 4 bis 6 erfüllt. In Muster 2-3 hingegen ist die Bedingung 5 nicht erfüllt. In jedem der Muster 2-1 und 2-2 werden die Übertragungseigenschaften als OK ausgewertet. In Muster 2-3 hingegen werden die Übertragungseigenschaften als NG ausgewertet. Auf der Grundlage dieses Vergleichs wurde experimentell festgestellt, dass die Verschlechterung der Übertragungseigenschaften, die mit der Biegung des Kabels 100 verbunden ist, unterdrückt werden kann, wenn alle Bedingungen 4 bis 6 erfüllt sind.

(Dritte Verlustauswertungsprüfung)

[0068] In der dritten Verlustauswertungsprüfung wird die Beziehung zwischen den Härten der Abschirmschicht 50 und der Isolierschicht 10 und den Übertragungseigenschaften des Kabels 100 ausgewertet. In der dritten Verlustauswertungsprüfung werden die Muster 3-1 bis 3-11 als Muster des Kabels 100 verwendet. Wie in Tabelle 3 dargestellt ist, variieren bei den Mustern 3-1 bis 3-11 die Art des Materials, aus dem die Isolierschicht 10 besteht, die Härte der Isolierschicht 10 und die Härte der Abschirmschicht 50. Die Härte der Abschirmschicht 50 wird durch die in Tabelle 3 dargestellte Wärmebehandlung eingestellt.
[Tabelle 3]

Tabelle 3

	Isolierschicht 10		Abschirmschicht 50		Härte der Abschirmschicht 50/ Härte der Isolierschicht 10	Differentialmodus-Übertragungsverlust (dB/m)		Auswertung
	Art des Materials	Härte (GPa)	Wärmebehandlung	Härte (GPa)		Vor dem Biegen	Nach dem Biegen	
Muster 3-1	PP	0.072	3 Minuten bei 50 C°	3.7	51	-21	-20	OK
Muster 3-2	PP	0.067	3 Minuten bei 80 C°	2.8	42	-20	-21	OK
Muster 3-3	PP	0.070	3 Minuten bei 100 C°	2.5	36	-20	-19	OK
Muster 3-4	PP	0.068	3 Minuten bei 120 C°	2.5	37	-20	-20	OK
Muster 3-5	FEP	0.055	3 Minuten bei 50 C°	3.6	65	-20	-21	OK
Muster 3-6	FEP	0.052	3 Minuten bei 80 C°	2.7	52	-21	-21	OK
Muster 3-7	FEP	0.054	3 Minuten bei 100 C°	2.5	46	-21	-20	OK
Muster 3-8	FEP	0.052	3 Minuten bei 120 C°	2.5	48	-21	-20	OK
Muster 3-9	PP	0.078	K.A.	4.2	54	-20	-25	OK
Muster 3-10	FEP	0.055	K.A.	4.3	78	-20	-25	OK
Muster 3-11	PE	0.026	K.A.	4.1	158	-20	-35	NG

[0069] In der dritten Verlustauswertungsprüfung werden die Übertragungseigenschaften jedes Musters nach demselben Verfahren wie in der ersten Verlustauswertungsprüfung ausgewertet. Bei den Mustern 3-1 bis 3-10 liegt der Wert, der durch Division der Härte der Abschirmschicht 50 durch die Härte der Isolierschicht 10 erhalten wird, in einem Bereich von größer als oder gleich 20 und kleiner als oder gleich 100. Andererseits liegt bei Muster 3-11 der Wert, der durch Division der Härte der Abschirmschicht 50 durch die Härte der Isolierschicht 10 erhalten wird, nicht im Bereich von größer als oder gleich 20 und kleiner als oder gleich 100. Bei jedem der Muster 3-1 bis 3-10 werden die Übertragungseigenschaften als OK ausgewertet. Bei Muster 3-11 hingegen werden die Übertragungseigenschaften als NG ausgewertet. Auf der Grundlage dieses Vergleichs wurde experimentell festgestellt, dass die Verschlechterung der Übertragungseigenschaften im Zusammenhang mit der Biegung des Kabels 100 unterdrückt werden kann, indem der Wert, der durch Division der Härte der Abschirmschicht 50 durch die Härte der Isolierschicht 10 erhalten wird, auf einen Wert größer als oder gleich 20 und kleiner als oder gleich 100 eingestellt wird.

(Vierte Verlustauswertungsprüfung)

[0070] In der vierten Verlustauswertungsprüfung wird die Beziehung zwischen den Härten der Abschirmschicht 50 und der Isolierschicht 10 und den Übertragungseigenschaften des Kabels 100 ausgewertet. In der vierten Verlustauswertungsprüfung werden die Muster 4-1 bis 4-3 als Muster des Kabels 100 verwendet. Wie in Tabelle 4 dargestellt ist, variieren bei den Mustern 4-1 bis 4-3 die Art des Materials, aus dem die Isolierschicht 10 besteht, die Härte des ersten Teils 11 und die Härte des zweiten Teils 12.
[Tabelle 4]

Tabelle 4

	Isolierschicht 10				Differentialmodus-Übertragungsverlust (dB/m)		Auswertung
	Art des Materials	Härte des ersten Teils 11 (GPa)	Härte des zweiten Teils 12 (GPa)	Härte des ersten Teils 11/ Härte des zweiten Teils 12	Vor dem Biegen	Nach dem Biegen	
Muster 4-1	PP	0.072	0.053	1.36	-21	-20	OK
Muster 4-2	FEP	0.055	0.047	1.17	-20	-20	OK
Muster 4-3	PP	0.072	0.071	1.01	-20	-27	NG

[0071] In der vierten Verlustauswertungsprüfung werden die Übertragungseigenschaften jedes Musters nach demselben Verfahren wie in der ersten Verlustauswertungsprüfung ausgewertet. Bei den Mustern 4-1 und 4-2 liegt der Wert, der durch Division der Härte des ersten Teils 11 durch die Härte des zweiten Teils 12 erhalten wird, in einem Bereich von größer als oder gleich 1,05 und kleiner als oder gleich 1,50. Bei Muster 4-3 hingegen liegt der Wert, der durch Division der Härte des ersten Teils 11 durch die Härte des zweiten Teils 12 erhalten wird, nicht im Bereich von größer als oder gleich 1,05 und kleiner als oder gleich 1,50. In jedem der Muster 4-1 und 4-2 werden die Übertragungseigenschaften als OK ausgewertet. In Muster 4-3 hingegen werden die Übertragungseigenschaften als NG ausgewertet. Auf der Grundlage dieses Vergleichs wurde experimentell festgestellt, dass die Verschlechterung der Übertragungseigenschaften im Zusammenhang mit der Biegung des Kabels 100 unterdrückt werden kann, indem der Wert, der durch Division der Härte des ersten Abschnitts 11 durch die Härte des zweiten Abschnitts 12 erhalten wird, größer als oder gleich 1,05 und kleiner als oder gleich 1,50 eingestellt ist.

(Fünfte Verlustauswertungsprüfung)

[0072] In der fünften Verlustauswertungsprüfung wird die Beziehung zwischen der Kristallitgröße des Kupfers in der Abschirmschicht 50 und den Übertragungseigenschaften des Kabels 100 ausgewertet. In der fünften Verlustauswertungsprüfung werden die Muster 5-1 bis 5-5 als Muster des Kabels 100 verwendet. Wie aus Tabelle 5 hervorgeht, variiert bei den Mustern 5-1 bis 5-5 die Kristallitgröße des Kupfers in der Abschirmschicht 50.
[Tabelle 5]

Tabelle 5

	Kristallitgröße von Cu in der Abschirmschicht 50 (nm)	Differentialmodus-Übertragungsverlust (dB/m)		Auswertung
		Vor dem Biegen	Nach dem Biegen	
Muster 5-1	22	-21	-20	OK
Muster 5-2	40	-23	-22	OK
Muster 5-3	58	-20	-20	OK
Muster 5-4	75	-21	-25	OK
Muster 5-5	15	-20	-27	NG

[0073] In der fünften Verlustauswertungsprüfung werden die Übertragungseigenschaften jedes Musters nach demselben Verfahren wie in der ersten Verlustauswertungsprüfung ausgewertet. Bei den Mustern 5-1 bis 5-4 liegt die Kristallitgröße in der Abschirmschicht 50 in einem Bereich von größer als oder gleich 20 nm und kleiner als oder gleich 75 nm. In Muster 5-5 hingegen liegt die Kristallitgröße in der Abschirmschicht 50 nicht in einem Bereich von größer als oder gleich 20 nm und kleiner als oder gleich 75 nm.

[0074] In jedem der Muster 5-1 bis 5-4 werden die Übertragungseigenschaften als OK ausgewertet. Andererseits werden die Übertragungseigenschaften in Muster 5-5 als NG ausgewertet. Auf der Grundlage dieses Vergleichs wurde experimentell festgestellt, dass die Verschlechterung der Übertragungseigenschaften, die mit der Biegung des Kabels 100 verbunden ist, unterdrückt werden kann, indem die Kristallitgröße in der Abschirmschicht 50 auf größer als oder gleich 20 nm und kleiner als oder gleich 75 nm eingestellt wird.

[0075] In den Mustern 5-1 bis 5-3 liegt die Kristallitgröße in der Abschirmschicht 50 in einem Bereich von größer als oder gleich 20 nm und kleiner als oder gleich 60 nm. In Muster 5-4 hingegen liegt die Kristallitgröße in der Abschirmschicht 50 nicht in einem Bereich von größer als oder gleich 20 nm und kleiner als oder gleich 60 nm. Die Übertragungseigenschaften der Muster 5-1 bis 5-3 sind besser als die Übertragungseigenschaften des Musters 5-4. Auf der Grundlage dieses Vergleichs wurde experimentell festgestellt, dass die Verschlechterung der Übertragungseigenschaften, die mit der Biegung des Kabels 100 verbunden ist, weiter unterdrückt werden kann, indem die Kristallitgröße in der Abschirmschicht 50 auf einen Wert von mehr als oder gleich 20 nm und weniger als oder gleich 60 nm eingestellt wird.

[0076] Es sollte verstanden werden, dass die hier offengelegten Ausführungsbeispiele in jeder Hinsicht veranschaulichend und nicht restriktiv sind. Der Umfang der vorliegenden Erfindung wird nicht durch die oben beschriebenen Ausführungsbeispiele, sondern durch die Ansprüche definiert und soll alle Änderungen innerhalb der Bedeutung und des Umfangs umfassen, die den Ansprüchen entsprechen.

BEZUGSZEICHENLISTE

[0077] 10: Isolierschicht, 10a: äußere Umfangsfläche, 11: erster Abschnitt, 12: zweiter Abschnitt, 20a, 20b: Signalleitung, 30: Zwischenschicht, 30a: äußere Umfangsfläche, 40: Metalloxidschicht, 40a: erste Fläche, 40b: zweite Fläche, 50: Abschirmschicht, 51: stromlose Plattierungsschicht, 52: elektrolytische Plattierungsschicht, 53: dritter Abschnitt, 54: vierter Abschnitt, 60: Katalysatorpartikel, 100: Kabel, 100A: Verarbeitungszielelement, DR1: erste Richtung, DR2: zweite Richtung, 51: Vorbereitungsvorgang, S2: Vorgang zur Bildung einer Zwischenschicht, S3: Vorgang zum Anbringen von Katalysatorpartikeln, S4: Vorgang zur Bildung einer Oxidschicht, S5: stromloser Plattierungsvorgang, S6: elektrolytischer Plattierungsvorgang, S7: Wärmebehandlungsvorgang

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- JP 201916451 [0002, 0003]

Patentansprüche

1. Differenzialsignalübertragungskabel, mit:
einer Isolierschicht, die sich in einer Längsrichtung des Differenzialsignalübertragungskabels erstreckt;
einem Paar von Signalleitungen, die sich in der Längsrichtung erstrecken und in die Isolierschicht eingebettet sind; und
einer Abschirmschicht, die eine äußere Umfangsfläche der Isolierschicht bedeckt, wobei
die Abschirmschicht eine stromlose Plattierungsschicht umfasst, die Kupfer und ein Legierungselement enthält, und
eine Art und ein Gehalt des Legierungselements so gewählt sind, dass eine Zugspannung auf die Abschirmschicht wirkt.

2. Differenzialsignalübertragungskabel nach Anspruch 1, wobei
ein Gehalt an Kupfer in der Abschirmschicht größer als oder gleich 90 Massenprozent ist,
das Legierungselement mindestens eines der Elemente Nickel, Eisen und Kobalt umfasst, und
mindestens eine der folgenden Bedingungen erfüllt ist: ein Nickelgehalt in der Abschirmschicht ist größer als oder gleich 0,10 Masseprozent und kleiner als oder gleich 3,0 Masseprozent; ein Eisengehalt in der Abschirmschicht ist größer als oder gleich 0,0010 Masseprozent und kleiner als oder gleich 0,0050 Masseprozent; und ein Kobaltgehalt in der Abschirmschicht ist größer als oder gleich 0,0010 Masseprozent und kleiner als oder gleich 0,0050 Masseprozent.

3. Differenzialsignalübertragungskabel nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, ferner mit
einer Metalloxidschicht zwischen der Isolierschicht und der Abschirmschicht, wobei
in der Metalloxidschicht ein Wert, der durch Dividieren eines Atomverhältnisses von Eisen durch ein Atomverhältnis von Kupfer erhalten wird, größer als oder gleich 0,000010 und kleiner als oder gleich 0,00010 ist,
in der Metalloxidschicht ein Wert, der durch Dividieren eines Atomverhältnisses von Nickel durch das Atomverhältnis von Kupfer erhalten wird, größer als oder gleich 0,000010 und kleiner als oder gleich 0,00080 ist, und
in der Metalloxidschicht ein Wert, der durch Dividieren eines Atomverhältnisses von Kobalt durch das Atomverhältnis von Kupfer erhalten wird, größer als oder gleich 0,000010 und kleiner als oder gleich 0,00010 ist.

4. Differenzialsignalübertragungskabel nach einem der Ansprüche 1 bis 3, ferner mit
einem Katalysatorpartikel zwischen der Isolierschicht und der Abschirmschicht, wobei
das Katalysatorpartikel Palladium enthält.

5. Differenzialsignalübertragungskabel nach einem der Ansprüche 1 bis 4, ferner mit
einer Zwischenschicht, die die äußere Umfangsfläche der Isolierschicht bedeckt, wobei
die Abschirmschicht eine äußere Umfangsfläche der Zwischenschicht bedeckt.

6. Differenzialsignalübertragungskabel, mit:
einer Isolierschicht, die sich in einer Längsrichtung des Differenzialsignalübertragungskabels erstreckt;
einem Paar von Signalleitungen, die sich in Längsrichtung erstrecken und in die Isolierschicht eingebettet sind; und
einer Abschirmschicht, die eine äußere Umfangsfläche der Isolierschicht bedeckt, wobei
eine Härte der Isolierschicht größer als oder gleich 0,020 GPa ist, und
eine Härte der Abschirmschicht kleiner als oder gleich 4,0 GPa ist.

7. Differenzialsignalübertragungskabel nach Anspruch 6, wobei ein Wert, der durch Dividieren der Härte der Abschirmschicht durch die Härte der Isolierschicht erhalten wird, größer als oder gleich 20 und kleiner als oder gleich 100 ist.

8. Differenzialsignalübertragungskabel nach Anspruch 6 oder 7, wobei
die Isolierschicht in einem Querschnitt orthogonal zur Längsrichtung einen ersten Abschnitt aufweist, der ein Abschnitt in einem Abstand von bis zu 50 µm von einer äußeren Umfangsfläche jeder des Paars von Signalleitungen ist, und einen zweiten Abschnitt aufweist, der ein Abschnitt in einem Abstand von bis zu 50 µm von der äußeren Umfangsfläche der Isolierschicht ist, und
ein Wert, der durch Dividieren der Härte des ersten Teils durch die Härte des zweiten Teils erhalten wird, größer als oder gleich 1,05 und kleiner als oder gleich 1,50 ist.

9. Differenzialsignalübertragungskabel, mit:
einer Isolierschicht, die sich in einer Längsrichtung des Differenzialsignalübertragungskabels erstreckt;
einem Paar von Signalleitungen, die sich in Längsrichtung erstrecken und in die Isolierschicht eingebettet sind; und
einer Abschirmschicht, die eine äußere Umfangsfläche der Isolierschicht bedeckt, wobei
die Abschirmschicht Kupfer enthält, und
eine Kristallitgröße des Kupfers in der Abschirmschicht größer als oder gleich 20 nm und kleiner als oder gleich 75 nm ist.

Es folgen 8 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

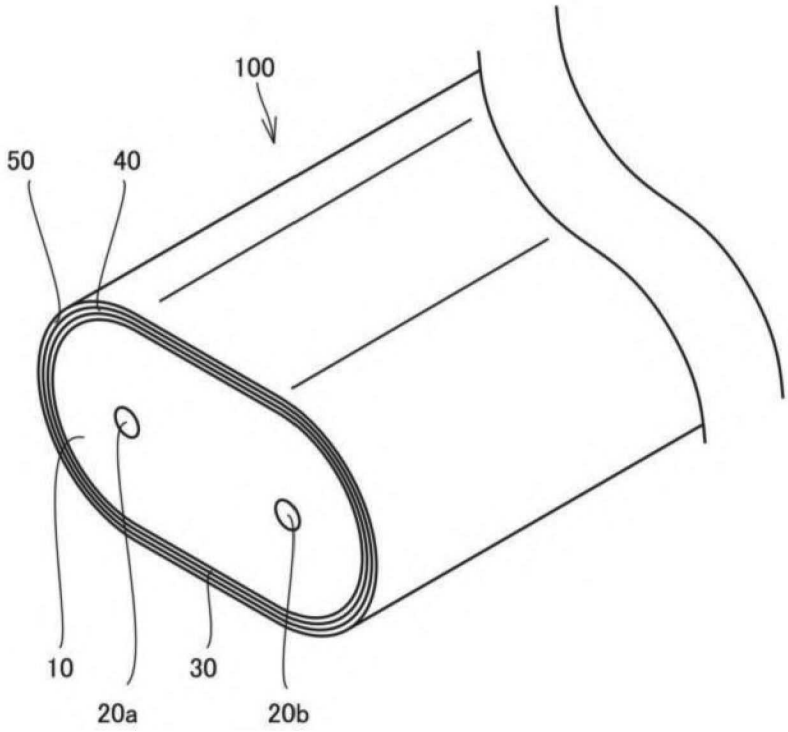


FIG. 2

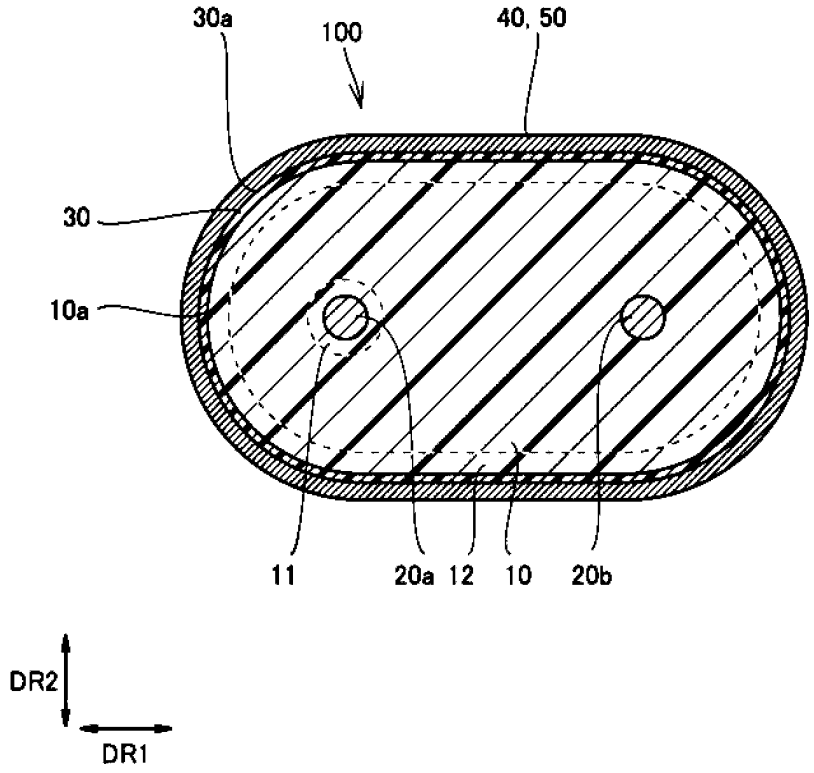


FIG. 3

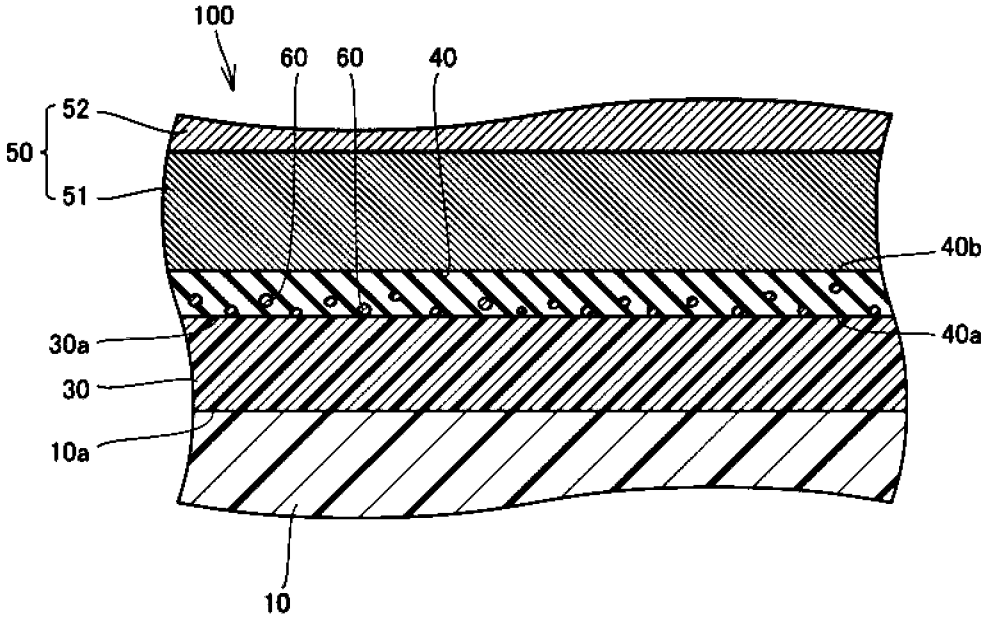


FIG. 4

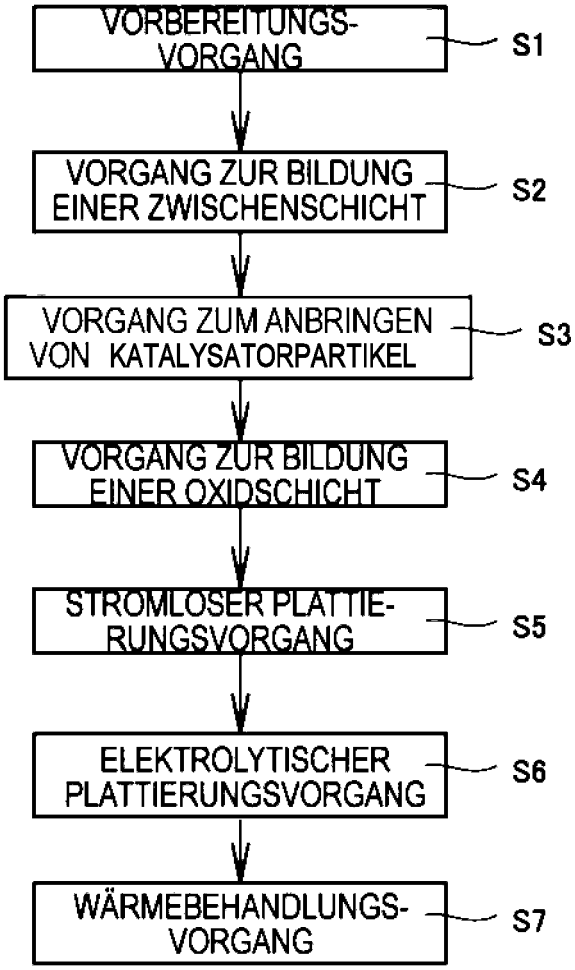

VORBEREITUNGS-VORGANG
S1
VORGANG ZUR BILDUNG EINER ZWISCHENSCHICHT
S2
VORGANG ZUM ANBRINGEN VON KATALYSATORPARTIKEL
S3
VORGANG ZUR BILDUNG EINER OXIDSCHICHT
S4
STROMLOSER PLATTIE-RUNGSVORGANG
S5
ELEKTROLYTISCHER PLATTIERUNGSVORGANG
S6
WÄRMEBEHANDLUNGS-VORGANG
S7

FIG. 5

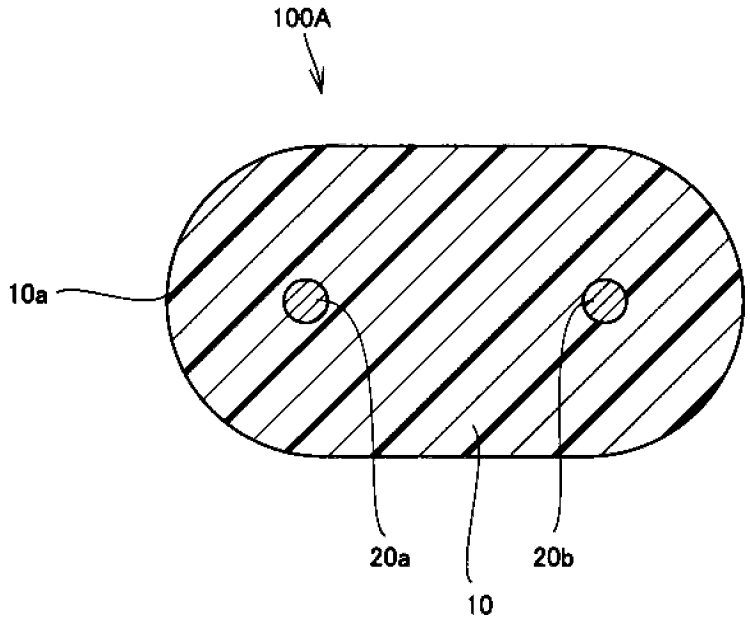


FIG. 6

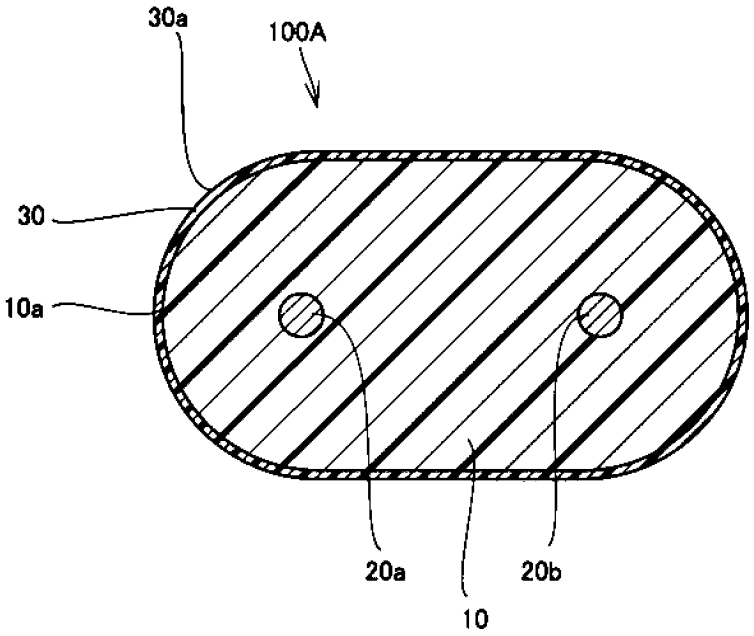


FIG. 7

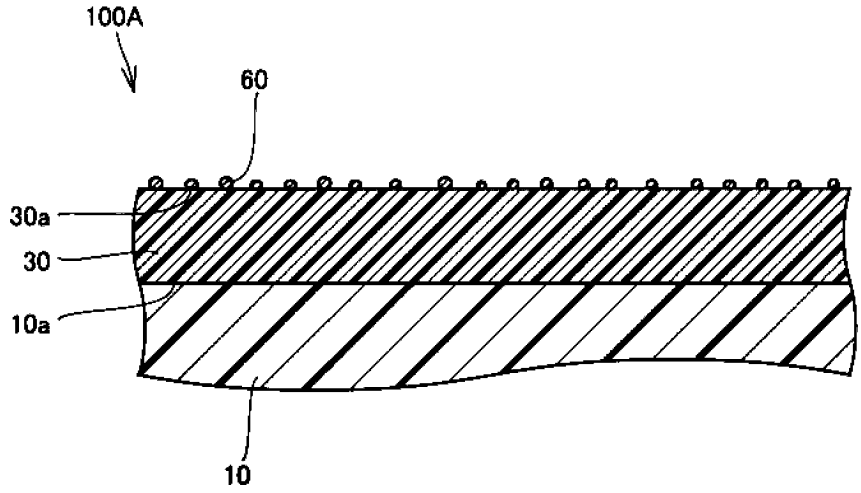
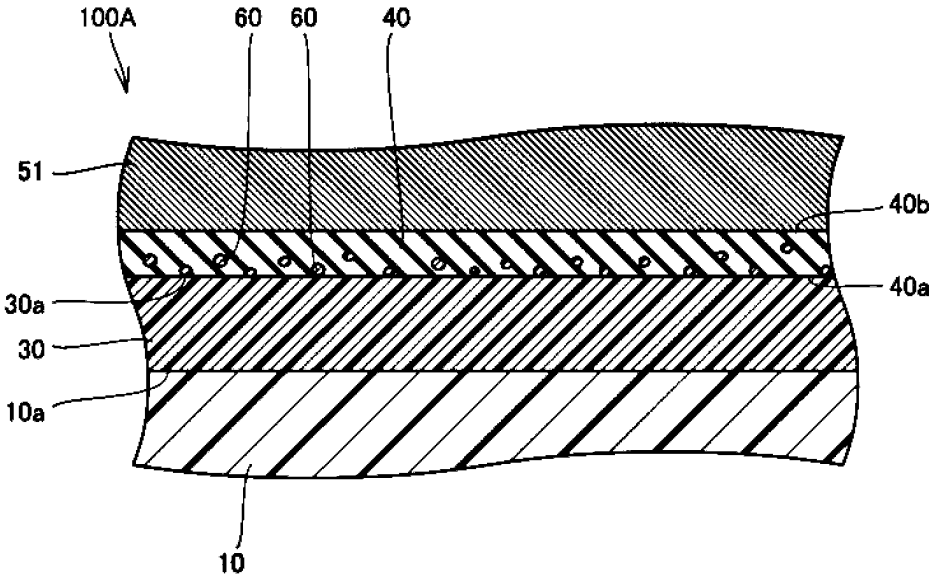


FIG. 8



 Das Dokument wurde durch die Firma Luminess hergestellt.