

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2016年8月18日(18.08.2016)



(10) 国際公開番号

WO 2016/129619 A1

- (51) 国際特許分類:
H01P 3/12 (2006.01) H01P 11/00 (2006.01)
H01P 3/127 (2006.01) H02J 50/00 (2016.01)
H01P 3/14 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/053894
- (22) 国際出願日: 2016年2月10日(10.02.2016)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2015-025677 2015年2月12日(12.02.2015) JP
- (71) 出願人: 古野電気株式会社(FURUNO ELECTRIC CO., LTD.) [JP/JP]; 〒6628580 兵庫県西宮市芦原町9番52号 Hyogo (JP). 日本軽金属株式会社(NIPPON LIGHT METAL COMPANY, LTD.) [JP/JP]; 〒1408628 東京都品川区東品川2丁目2番20号 Tokyo (JP). 三桜工業株式会社(SANOI INDUSTRIAL CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1500013 東京都渋谷区恵比寿1-23-23 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 石野祥太郎(ISHINO, Shotaro); 〒6628580 兵庫県西宮市芦原町9番52号 古野電気株式

会社内 Hyogo (JP). 岸本篤始(KISHIMOTO, Atsushi); 〒4213291 静岡県静岡市清水区蒲原1丁目34番1号 日本軽金属株式会社 グループ技術センター内 Shizuoka (JP). 滝本裕一郎(TAKIMOTO, Yuichiro); 〒3060041 茨城県古河市鴻巣758 三桜工業株式会社内 Ibaraki (JP). 新井善行(ARAI, Yoshiyuki); 〒3060041 茨城県古河市鴻巣758 三桜工業株式会社内 Ibaraki (JP). 後藤直哉(Goto, Naoya); 〒3060041 茨城県古河市鴻巣758 三桜工業株式会社内 Ibaraki (JP). 篠原真毅(Shinohara, Naoki); 〒6110011 京都府宇治市五ヶ庄 国立大学法人京都大学生存圏研究所内 Kyoto (JP).

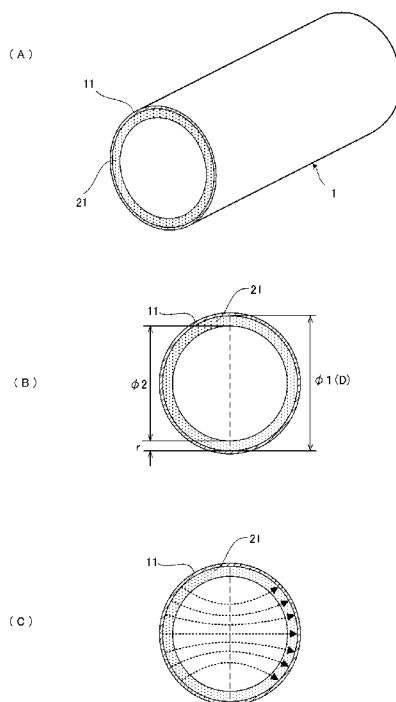
(74) 代理人: 特許業務法人 楓国際特許事務所 (KAEDE PATENT ATTORNEYS' OFFICE); 〒5400011 大阪府大阪市中央区農人橋1丁目4番34号 Osaka (JP).

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

[続葉有]

(54) Title: WAVEGUIDE TUBE, WIRELESS POWER TRANSMISSION SYSTEM, AND WIRELESS COMMUNICATION SYSTEM

(54) 発明の名称: 導波管、無線電力伝送システム、および無線通信システム



(57) Abstract: A waveguide tube (1) includes a cylindrical body (21) comprising a cylindrically shaped dielectric, and a covering body (11) comprising an electrical conductor which covers the outer circumferential side surface of the cylindrical body (21), and the waveguide tube (1) causes an electromagnetic wave to propagate. The waveguide tube (1) is characterized in that, in a cross section through the waveguide tube (1) orthogonal to the direction of travel of the electromagnetic wave, the distance between the inner surfaces of the covering body (11) in an orthogonal direction, orthogonal to the direction of an electric field vector of the electromagnetic wave, is less than the standard dimension of a standard waveguide tube corresponding to the frequency of the electromagnetic wave, by an amount determined by the thickness of the dielectric, in said orthogonal direction, and the dielectric constant of the dielectric.

(57) 要約: 導波管(1)は、筒形状の誘電体からなる筒状体(21)と、前記筒状体(21)の外周側面を被覆する導電体からなる被覆体(11)とを含み、電磁波を伝搬させる導波管(1)であって、前記電磁波の進行方向に直交する該導波管(1)の断面において、前記電磁波の電界ベクトルの方向と直交する直交方向における前記被覆体(11)の内面間の距離が、前記電磁波の周波数に対応する規定の導波管の規格寸法よりも、該直交方向における前記誘電体の厚みと前記誘電体の誘電率とで定まる量だけ小さいことを特徴とする。



LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

ロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨー

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：

導波管、無線電力伝送システム、および無線通信システム

技術分野

[0001] この発明のいくつかの実施形態は、電力の伝送または無線通信を行う導波管、ならびに当該導波管を備えた無線電力伝送システムおよび無線通信システムに関するものである。

背景技術

[0002] 従来、導波管は、主にマイクロ波またはミリ波等の電磁波の伝送に用いられている。近年では、例えば、導波管を用いた車載用通信システムが提案されている（特許文献 1 を参照）。

[0003] しかし、金属製の導波管は、重く、屈曲性がないため、利便性に乏しい。そこで、屈曲性を有する円筒形状の部材に金属製の皮膜層を形成して、電磁波を伝送するものが提案されている（例えば特許文献 2 を参照）。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開 2 0 0 5 － 1 7 6 1 2 3

特許文献2：特開 2 0 1 3 － 2 4 3 5 1 8

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかし、特許文献 2 の導波管は、電磁波を伝送するという概念的な記載はあるものの、実際に伝送する電磁波の周波数、伝搬モード、または必要な効率等が考慮されていない。

[0006] そこで、この発明のいくつかの実施形態は、伝送する電磁波の周波数および伝搬モードを考慮した導波管、ならびに当該導波管を備えた無線電力伝送システムおよび無線通信システムを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

- [0007] 導波管は、筒形状の誘電体からなる筒状体と、前記筒状体の外周側面を被覆する導電体からなる被覆体とを含み、電磁波を伝搬させる導波管であって、前記電磁波の進行方向に直交する該導波管の断面において、前記電磁波の電界ベクトルの方向と直交する直交方向における前記被覆体の内面間の距離が、前記電磁波の周波数に対応する規定の導波管の規格寸法よりも、該直交方向における前記誘電体の厚みと前記誘電体の誘電率とで定まる量だけ小さいことを特徴とする。
- [0008] このように、導波管は、筒形状の誘電体からなる筒状体の側面を導電体からなる被覆体で被覆する構造であるため、金属製の導波管よりも軽く、屈曲性を持たせることが可能である。特に、この発明のいくつかの実施形態における導波管は、外周側面が導電体で被覆された構造であり、内周側面を導電体で被膜するよりも製造が容易である。また、導電体のうち電磁波が伝送される内周面側が誘電体で覆われていて、電磁波に直接暴露されていないため、耐久性が高いものとなる。
- [0009] ここで、電磁波は、誘電体を通過する際に波長が短縮するため、導波管内部に誘電体が配置される場合、電磁波から見た前記被覆体の内面間の実質的な距離は、上記実際の前記被覆体の内面間の距離よりも大きくなる。より定量的に説明すれば、電磁波から見た前記被覆体の内面間の実質的な距離は、実際の前記被覆体の内面間の距離よりも、前記直交方向における前記誘電体の厚みと前記誘電体の誘電率とで定まる量だけ大きくなる。
- [0010] ここで、電磁波から見た前記被覆体の内面間の実質的な距離を D' 、実際の前記被覆体の内面間の距離を D とした場合に、 D' と D とは、例えば $D = D' - 2r\sqrt{\epsilon}$ の関係で表される。
- [0011] この発明のいくつかの実施形態における導波管は、被覆体の内面間の距離 D が、上記実質的な距離 D' に対応して、伝送する電磁波の周波数における既定の導波管の規格寸法に対応した寸法に設定されている。例えば、距離 D は、断面形状が円形である場合、実質的な距離 D' がE I A J規格円形導波

管において T E 1 1 モードで伝送する電磁波の周波数に対応するように設定されている。したがって、この発明のいくつかの実施形態における導波管は、伝送する電磁波の周波数および伝搬モードを考慮した導波管となっている。換言すれば、この発明のいくつかの実施形態における導波管は、前記被覆体の内面間の距離が、前記電磁波の周波数に対応する規定の導波管の規格寸法よりも、該直交方向における前記誘電体の厚みと前記誘電体の誘電率とで定まる量だけ小さくなっており、伝送する電磁波の周波数および伝搬モードが考慮されている。

発明の効果

[0012] この発明によれば、伝送する電磁波の周波数および伝搬モードを考慮した導波管、ならびに当該導波管を備えた無線電力伝送システムおよび無線通信システムを実現することができる。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]図 1 は、本発明の導波管を備えた無線電力伝送システムの構成を示す概略ブロック図である。

[図2]図 2 (A) は、導波管 1 の斜視図であり、図 2 (B) は、導波管 1 内を伝搬する電磁波の伝送方向に直交する該導波管 1 の断面図であり、図 2 (C) は、当該断面図における電界ベクトルの方向を示した図である。

[図3]図 3 (A) および図 3 (B) は、導波管 1 と送信アンテナ 5 3 とを接続する固定治具 7 1 の構造を示す概略図である。

[図4]図 4 (A) および図 4 (B) は、導波管 1 の側面の一部に設けられたポートを示す図である。

[図5]図 5 (A)、図 5 (B) および図 5 (C) は、導波管 1 の側面の一部に設けられたポートを示す図である。

[図6]図 6 (A)、図 6 (B)、図 6 (C)、図 6 (D)、図 6 (E) および図 6 (F) は、導波管の断面形状の変形例を示す図である。

[図7]図 7 (A)、図 7 (B)、図 7 (C) および図 7 (D) は、導波管 1 と、誘電体（筒状体）の内周側面が導電体（被覆体）で被覆された導波管 1 A

を組み合わせる場合の構造を示す図である。

[図8]図8は、無線通信システムの構成を示す概略ブロック図である。

発明を実施するための形態

[0014] 図1は、本発明の導波管を備えた無線電力伝送システムの構成を示す概略ブロック図である。

[0015] 無線電力伝送システムは、電源51、DC-RF変換部52、送信アンテナ53、導波管1、受信アンテナ54、RF-DC変換部55、および受信回路56を備えている。無線電力伝送システムは、例えば自動車内に設置され、バッテリーから各種電気機器への電力を供給するために用いられる。

[0016] 電源51は、例えば自動車内に設置されたバッテリーである。DC-RF変換部52は、電源51から取り出した直流電力を所定周波数の高周波信号（例えば5.8GHz）に変換する。

[0017] 送信アンテナ53は、例えばパッチアンテナであり、DC-RF変換部52から入力される高周波信号に基づいて、電磁波（マイクロ波）を放射する。送信アンテナ53から放射されたマイクロ波は、導波管1と結合して所定の伝搬モードで伝送される。受信アンテナ54は、導波管1で伝送された電磁波を受信する。RF-DC変換部55は、受信アンテナ54で受信された電磁波を直流電力に変換する。受信回路56は、自動車内に設置された各種電気機器に相当し、RF-DC変換部55から直流電力の供給を受ける。

[0018] 図2（A）は、導波管1の斜視図であり、図2（B）は、導波管1内を伝搬する電磁波の伝送方向に直交する該導波管1の断面図であり、図2（C）は、当該断面図における電界ベクトルの方向を示した図である。

[0019] 導波管1は、筒形状の誘電体21からなる筒状体と、筒状体の外周側面を被覆する導電体11からなる被覆体と、を備えている。誘電体21は、例えば円筒形状であり、例えばABS樹脂（アクリロニトリル／ブタジエン／スチレン共重合体）からなる。導電体11は、例えば銅の薄膜からなるが、これに限定されるものではなく、アルミニウム等の他の導電体からなってもよい。

[0020] 導電体（被覆体）11は、例えばめっきまたは蒸着により、誘電体（筒状体）21の外周側面に被覆されている。ただし、導電体11および誘電体21は、導波管1の内部を外部から視認可能な程度の透明性を有する材料を用いてもよい。透明性を有する材料を用いる場合、導波管1を分解する必要なく、導波管1の内部に異物が混入したか否か等を確認することができる。

[0021] 導波管1は、図2（C）の電界ベクトルに示すように、所定周波数の電磁波（例えば5.8GHzのマイクロ波）を所定の伝搬モード（例えばTE11モード）で管軸方向に伝送するように外径 $\phi 1$ （電磁波の電界ベクトルの方向と直交する方向における被覆体の内面間の距離Dに対応する。）および内径 $\phi 2$ が設定されている。

[0022] 一例として、本実施形態の導波管1は、誘電体21の厚み r が2.45mmとなっていて、外径 $\phi 1 = 44.5$ mmであり、内径 $\phi 2 = 39.6$ mmとなっている。

[0023] また、導電体11の厚みは、例えば $1\mu\text{m}$ となっている。電磁波の周波数5.8GHzにおいては、材質に入射した電磁波が $1/e$ （ $\div -8.7\text{dB}$ ）に減衰する距離である表皮深さ δ が $\delta \div 0.8\mu\text{m}$ である。したがって、導電体11の厚みは、十分となっている。ただし、導電体11の厚みは、さらに厚くなってもよい。

[0024] 一般に、円形導波管の伝搬モードとして、基本モードであるTE11モードの遮断周波数 f_c は、以下の式1で表すことができる（ただし、 v_0 は、真空中における電波の伝送速度[m/s]であり、 ϕ は管径[m]である）。

[0025] [数1]

$$f_c = \frac{1.84 v_0}{\phi \cdot \pi}$$

[0026] ここで、管径 ϕ は、円形導波管である導波管1の場合、導電体11の内径に相当し、誘電体21の外径 $\phi 1$ （距離D）に相当する。しかし、導波管1は、導電体11の内側に誘電体21が配置されている。電磁波は、誘電体2

1 を通過する際に波長が短縮するため、電磁波から見ると内径が大きくなる。すなわち、電磁波から見た実質的な外径 ϕ' （電磁波の電界ベクトルの方向と直交する方向でかつ中心を通る直線における被覆体の内面間の実質的な距離 D' ）は、上記管径 ϕ （被覆体の内面間の距離 D ）よりも大きくなる。より詳細には、電磁波から見た実質的な外径 ϕ' （ D' ）は、上記管径 ϕ （ D ）よりも、電磁波の電界ベクトルの方向と直交する直交方向における誘電体 21 の厚み r と誘電体 21 の誘電率 ε とで定まる量（例えば、 $2r\sqrt{\varepsilon}$ ）だけ、大きくなる。

[0027] ここで、誘電体 21 の誘電率 ε を $\varepsilon = 2.5$ とすると、実質的な外径 ϕ' は、例えば距離 D と実質的な距離 D' との関係が $D = D' - 2r\sqrt{\varepsilon}$ で表されるとすると、外径 $\phi' = 47.35 \text{ mm}$ となる。

[0028] そして、規格導波管（例えば EIAJ 規格円形導波管）では、規格内径 47.35 mm に対応する TE11 モードの遮断周波数 f_c は、 3.71 GHz となる。すなわち、誘電体 11 の外径 ϕ_1 は、遮断周波数 3.71 GHz の周波数における規格導波管の寸法に対応していると言える。したがって、導波管 1 は、 5.8 GHz の電磁波を TE11 モードで伝送することが可能であると言える。

[0029] また、以上のような構造を有する導波管 1 の伝搬特性は、シミュレーションでは -0.245 dB/m となり、実験では -0.72 dB/m であることが確認されている。したがって、導波管 1 は、 5.8 GHz の電磁波を伝送可能である。

[0030] 以上のような導波管 1 は、主たる材料が誘電体であるため、一般的な金属製の導波管に比べて極めて軽量である。例えば、一般的な金属製の導波管の重量が 1 kg/m 以上であるのに対して、本実施形態の導波管 1 は、 360 g/m 程度である。また、誘電体の材質または厚みによっては、導波管自体に屈曲性を持たせることも可能である。さらに、導波管 1 は、外周側面が導電体 11 で被覆された構造であり、内周側面を導電体 11 で被膜するよりも製造が容易である。また、導電体 11 のうち電磁波が伝送される内周面側が

誘電体 21 で覆われていて、電磁波に直接暴露されていないため、耐久性が高いものとなる。

[0031] なお、この例では 1 種類の誘電体からなる例を示しているが、誘電率の異なる複数の誘電体が多層化または混在化された構造としてもよい。この場合、例えば誘電率は低いが強度が低い主たる誘電体と、誘電率は高いが強度が高い補強用誘電体と、を多層化または混在化させることで、単一の誘電体を配置するよりも誘電率を抑えながら強度を保つことができる。

[0032] 次に、図 3 (A) および図 3 (B) は、導波管 1 と送信アンテナ 53 とを接続する固定治具 71 の構造を示す概略図である。図 3 (A) は、側面から見た図であり、図 3 (B) は正面から見た図である。

[0033] 固定治具 71 は、厚みが薄い直方体形状の金属（例えばアルミニウム）からなる。固定治具 71 は、平面視した中心位置に、導波管 1 の外径 $\phi 1$ と略同じ径の円形状の孔 711 が開けられている。この孔 711 に導波管 1 が挿入され、固定される。

[0034] また、孔 711 には、誘電体 712 が充填されている。ただし、中心付近は、平面視して四角形状に、誘電体 712 が充填されていない箇所が存在する。誘電体 712 が充填されていない箇所にパッチアンテナである送信アンテナ 53 が挿入され、固定される。

[0035] なお、固定治具 71 は、送信アンテナ 53 のグラウンドに接続されている。孔 711 に導波管 1 が挿入されると、孔 711 の内側側面は、導波管 1 の導電体 11 と電氣的に接続されるため、送信アンテナ 53 のグラウンドと導波管 1 のグラウンドは同電位となる。

[0036] これにより、導波管 1 と送信アンテナ 53 が固定されるとともに、導波管 1 のグラウンドと送信アンテナ 53 のグラウンドが同電位となる。また、導波管 1 と受信アンテナ 54 についても同じ構造の固定治具を用いることにより、固定することができる。

[0037] 次に、図 4 は、導波管 1 の側面の一部に設けられたポートを示す図である。図 4 (A) に示すように、導波管 1 の側面には、電磁波を導波管 1 から取

り出すためのポート60が設けられている。ポート60は、導波管1の側面に設けられた複数のスロット（この例では3つのスロット61A、スロット61B、およびスロット61C）からなる。スロット61A、スロット61B、およびスロット61Cは、導波管1の側面のうち、導電体11および誘電体21を排除した箇所に設けられている。スロット61A、スロット61B、およびスロット61Cは、導波管1の管軸方向に直交する方向からわずかに傾斜している。スロットの傾斜を強くすれば放出される電磁波が強くなる。また、スロットの大きさを変更すれば、放出される電磁波の周波数が変化する。なお、ポート61は、単一のスロットであってもよいし、さらに多数のスロットからなる態様であってもよい。

[0038] なお、スロットは、導電体11が被覆されていないだけで、誘電体21が存在する箇所に設けられていてもよい。この様なスロットは、当該スロットの箇所をマスキングして導電体11を被覆することで設けることができる。この場合、導波管1の内部は、外部と遮断された状態となるため、例えば液体（水）またはガスと電磁波とを導波管1で同時に伝送しながらも、電磁波だけを取り出す箇所を設けることが可能となる。

[0039] また、図4（B）に示すように、導波管1の側面のうち、導電体11および誘電体21を排除したスロット62A、スロット62B、およびスロット62Cを設け、各スロットに電磁波シールド（例えば金属メッシュ）を設けることで、電磁波を遮断しながら液体（水）またはガスだけを取り出すためのポート62を設けることも可能である。

[0040] なお、ポートは、図4に示したようなスロット以外にも、例えば以下の様な構造とすることも可能である。図5は、導波管1の側面の一部に設けられたポートを示す図である。図5（A）に示すように、ポート75は、導波管1の側面に設けられた切り込みからなる。図5（B）および図5（C）に示すように、この切り込みにアンテナ（この例では同軸線65）が挿入され、当該同軸線65の先端が導波管1の内部に達することになる。したがって、電磁波を導波管1から取り出す、または電磁波を導波管1に取り込むことが

できる。この場合、同軸線 6 5 が挿入されていないときには導波管 1 から電磁波が漏れることがない。したがって、電力を導波管 1 から出力したい、または電力を導波管 1 に入力したい時だけ、同軸線 6 5 を挿入するだけで、容易に電力を入出力しながら、電磁波の漏洩を防止することができる。

[0041] 次に、図 6 は、導波管の断面形状の変形例を示す図である。導波管の断面形状は、円形、方形、台形、または楕円形等が考えられる。例えば、図 6 (A) は、断面形状が楕円形である導波管の断面図である。導波管の断面形状が円形である場合、例えばわずかな変形が生じた場合、伝搬モードが縮退し、電界ベクトルの方向が安定しない可能性がある。しかし、図 6 (A) に示すような楕円形状の場合、楕円の短軸方向に沿って強い電界が発生するため、縮退を防止して、電界ベクトルの方向を安定させることができる。この場合、図 4 または図 5 で示したように導波管の側面から電力を取り出す場合に、最も電界が強い側面位置（短軸方向に沿った側面位置）にポートを設けることで、安定的に電力を取り出すことができる。

[0042] また、図 6 (B) に示すように、断面形状が円形の導波管においても、内周側面の一部に金属の突起 1 5 を設けることでも、電界の方向を安定化させることができる。

[0043] また、図 6 (C) に示すように、誘電体 2 1 の厚みを一部厚くすれば、電磁波から見た空間が大きくなることで、図 6 (A) に示した楕円形状と空間的に等価とすることができ、電界の方向を安定化させることができる。

[0044] また、図 6 (D) に示すように、相対的に誘電率の低い誘電体 2 1 A と相対的に誘電率の高い誘電体 2 1 B とを混在化させることでも、図 6 (A) の楕円形状と空間的に等価とすることができ、電界の方向を安定化させることができる。また、図 6 (D) の例では、導波管の内部が誘電体で満たされているため、中空の導波管と比べて強度も向上する。

[0045] なお、図 6 (E) に示すように、導波管の断面形状が方形である場合も、磁波の電界ベクトルの方向と直交する方向でかつ中心（高さ方向の中心）を通る直線における被覆体の内面間の距離 D を、誘電体 2 1 の厚み r および誘

電率 ε を考慮した寸法（例えば距離 D と実質的な距離 D' が、 $D = D' - 2r\sqrt{\varepsilon}$ の関係を満たす寸法とする。）とすることで、目的の周波数の電磁波を伝送することが可能となる。

[0046] また、図 6（F）に示すように、導波管の断面形状が台形である場合も同様に、電磁波の電界ベクトルの方向と直交する方向でかつ中心（高さ方向の中心）を通る直線における被覆体の内面間の距離 D を、誘電体 21 の厚み r および誘電率 ε を考慮した寸法とすることで、目的の周波数の電磁波を伝送することが可能となる。

[0047] 次に、図 7 は、導波管 1 と、誘電体（筒状体）の内周側面が導電体（被覆体）で被覆された導波管 1A を組み合わせる場合の構造を示す図である。

[0048] 図 7（A）および図 7（B）に示すように、この例では、導波管 1A に導波管 1 を差し込み、長い導波管を構成する。

[0049] 図 7（D）に示すように、導波管 1A は、誘電体 21A の内周側面が導電体 11A で被覆された内面被覆導波管となっている。導波管 1 は、上述したように、誘電体 21 の外周側面が導電体 11 で被覆された外面被覆導波管となっている。

[0050] 導波管 1A は、導波管 1 と同様に、断面形状が円形である。導波管 1A は、導波管 1 と同じ周波数の電磁波（例えば 5.8 GHz のマイクロ波）を同じ伝搬モード（例えば TE₁₁ モード）で管軸方向に伝送するように内径 ϕ_3 が設定されている。導波管 1A が伝送可能な電磁波の周波数は、一般的な金属製の円形導波管と同様であり、内径 ϕ_3 によって決まる。

[0051] 導波管 1A の内径 ϕ_3 は、導波管 1 を差し込むことが可能なように、導波管 1 の外径 ϕ_1 とほぼ同じか、わずかに大きくなっている。上述したように、導波管 1 は、内部に誘電体 21 が配置されているため、電磁波から見た実質的な管径が導電体 11 の内径よりも大きくなっている。したがって、導波管 1A の内径 ϕ_3 が導波管 1 の外径 ϕ_1 よりも大きくなっている場合であっても、TE₁₁ モードの遮断周波数 f_c が大きく変化することはない。

[0052] ただし、導波管 1A の内径 ϕ_3 は、導波管 1 の外径 ϕ_1 と略等しいことが

好ましい。導波管 1 A の内径（被覆体 1 1 A の内面間の距離） $\phi 3$ と、導波管 1 の外径（被覆体 1 1 の内面間の距離） $\phi 1$ と、を略等しくすることで、導電体 1 1 の外周側面と導電体 1 1 A の内周側面が接触し、電氣的に接続された状態となって、導波管としてのグラウンドが同電位となる。これにより、電磁波としては 1 つの導波管の内部を伝送される状態とほぼ等しくなる。

[0053] なお、導波管 1 A は、導電体 1 1 A が電磁波に直接暴露されることになるため、内周側面に酸化防止層が設けられていることが好ましい。

[0054] なお、誘電体 2 1 A の厚みおよび外径 $\phi 4$ の長さは、どのような値であってもよい。また、導電体 1 1 A の厚みは、導電体 1 1 と同様に、 $1\ \mu\text{m}$ となっているが、さらに厚くなってもよい。

[0055] 上述したように、誘電体に導電体を被覆するためには、例えばめっきまたは蒸着を用いる。この場合、めっき槽または蒸着チャンバの大きさによっては、製造可能な導波管の長さが限られる可能性がある。特に、内周側面を導電体で被覆する場合、製造が困難となる。そこで、図 7 に示すように、誘電体 2 1 の外周側面が導電体 1 1 で被覆された導波管 1（内面被覆導波管）と誘電体 2 1 A の内周側面が導電体 1 1 A で被覆された導波管 1 A（外面被覆導波管）とを組み合わせた導波管とすることで、長い導波管を実現することができる。

[0056] なお、本実施形態では、導波管 1 を備えた無線電力伝送システムの例を示したが、例えば図 8 に示すように、上記の導波管 1 と、情報通信用の無線信号を導波管 1 に送信する無線送信部 9 1 と、導波管 1 から送信される無線信号を受信する無線受信部 9 2 と、無線受信部 9 2 で受信した無線信号を信号処理する信号処理部 9 3 と、を備えた無線通信システムを実現することも可能である。なお、無線送信部 9 1 および無線受信部 9 2 は、それぞれアンテナを内蔵している。例えばパッチアンテナを用いる場合、導波管 1 と、無線送信部 9 1 および無線受信部 9 2 とは、図 3 に示した固定治具 7 1 を用いて固定される。

[0057] なお、上述の実施形態の説明は、すべ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、上述の実施形態ではなく、特許請求の範囲によって示される。さらに、本発明の範囲には、特許請求の範囲と均等の意味および特許請求の範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

符号の説明

- [0058] 1, 1 A…導波管
1 1, 1 1 A…導電体
1 5…突起
2 1, 2 1 A, 2 1 B…誘電体
5 1…電源
5 2…DC-RF変換部
5 3…送信アンテナ
5 4…受信アンテナ
5 5…RF-DC変換部
5 6…受信回路
6 0…ポート
6 5…同軸線
6 1 A, 6 1 B, 6 1 C…スロット
6 2 A, 6 2 B, 6 2 C…スロット
7 5…ポート
7 1…固定治具
7 1 1…孔
7 1 2…誘電体

請求の範囲

- [請求項1] 筒形状の誘電体からなる筒状体と、
前記筒状体の外周側面を被覆する導電体からなる被覆体と、を含み、
電磁波を伝搬させる導波管であって、
前記電磁波の進行方向に直交する該導波管の断面において、前記電磁波の電界ベクトルの方向と直交する直交方向における前記被覆体の内面間の距離が、前記電磁波の周波数に対応する規定の導波管の規格寸法よりも、該直交方向における前記誘電体の厚みと前記誘電体の誘電率とで定まる量だけ小さいことを特徴とする導波管。
- [請求項2] 請求項1に記載の導波管において、
前記被覆体の内面間の距離をD、前記規定の導波管の規格寸法をD'
'とした場合に、前記被覆体の内面間の距離と前記規定の導波管の規格寸法とは、
$$D = D' - 2r\sqrt{\epsilon}$$

の関係で表されることを特徴とする導波管。
- [請求項3] 請求項1または請求項2に記載の導波管において、
前記断面の形状が円形、楕円形、方形および台形のうちのいずれかである導波管。
- [請求項4] 請求項1乃至請求項3のいずれかに記載の導波管において、
前記直交方向における前記誘電体の厚みは、当該直交方向以外の他の方向における該誘電体の厚みより小さくなっている導波管。
- [請求項5] 請求項1乃至請求項4のいずれかに記載の導波管において、
前記誘電体は、誘電率の異なる多層化または混在化された少なくとも2つ以上の誘電体からなる導波管。
- [請求項6] 請求項5に記載の導波管において、
前記2つ以上の誘電体の1つは、前記導波管を補強する補強用誘電体である導波管。
- [請求項7] 請求項1乃至請求項6のいずれかに記載の導波管において、

側面の一部に、前記電磁波が取り出されるポート、または前記電磁波が取り込まれるポートが設けられている導波管。

[請求項8] 請求項7に記載の導波管において、
前記ポートは、切り込みであり、アンテナが挿入可能となっている導波管。

[請求項9] 請求項7に記載の導波管において、
前記ポートは、側面の一部に設けられたスロット部からなる導波管。

[請求項10] 請求項9に記載の導波管において、
前記スロット部は、前記導電体が被膜されておらず、前記誘電体が存在する箇所に設けられている導波管。

[請求項11] 請求項9に記載の導波管において、
前記スロット部は、前記導電体および前記誘電体が存在しない箇所に設けられている導波管。

[請求項12] 請求項11に記載の導波管において、
前記スロット部に電磁波シールドが設けられている導波管。

[請求項13] 請求項1乃至請求項12のいずれかに記載の導波管において、
前記筒状体および前記被覆体が、前記導波管の内部を外部から視認可能な程度の透明性を有している導波管。

[請求項14] 請求項1乃至請求項13のいずれかに記載の導波管からなる外面被覆導波管と、

筒形状の誘電体からなる筒状体、および、該筒状体の内周側面を被覆する導電体からなる被覆体を含み、電磁波を伝搬させる導波管からなる内面被覆導波管と、

からなり、

前記外面被覆導波管の被覆体の内面間の距離と、前記内面被覆導波管の被覆体の内面間の距離とが略等しくなっている導波管。

[請求項15] 請求項14に記載の導波管において、

前記内面被覆導波管と前記外面被覆導波管は、互いの導電体が電氣的に接続されている導波管。

[請求項16] 請求項14または請求項15に記載の導波管において、
前記内面被覆導波管は、内周側面に酸化防止層が設けられている導波管。

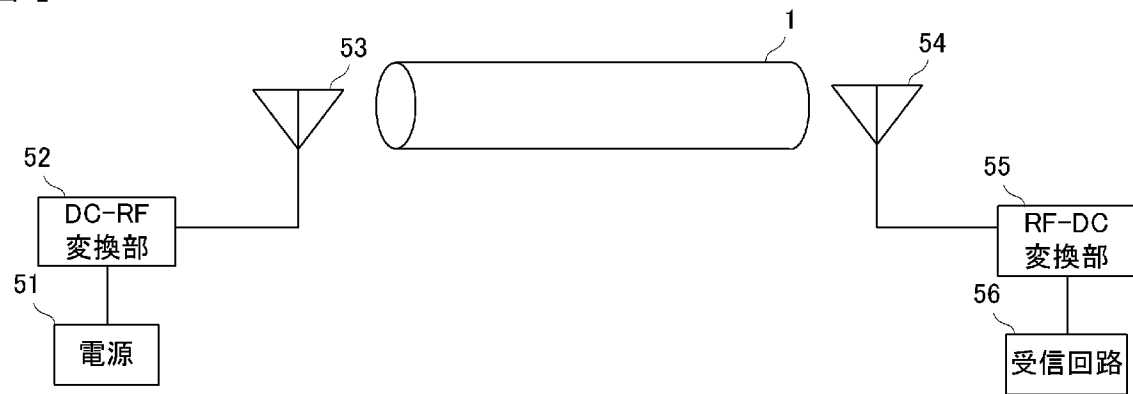
[請求項17] 請求項1乃至請求項16のいずれかに記載の導波管と、
電源と、
前記電源からの直流電力を高周波信号に変換するDC-RF変換部と、
前記DC-RF変換部で変換された前記高周波信号を前記導波管に送信する送信アンテナと、
前記導波管から送信される前記高周波信号を受信する受信アンテナと、
前記受信アンテナで受信した前記高周波信号を直流電力に変換するRF-DC変換部と、
を備えた無線電力伝送システム。

[請求項18] 請求項17に記載の無線電力伝送システムにおいて、
前記導波管と、前記送信アンテナおよび前記受信アンテナと、を固定する固定治具を備えた無線電力伝送システム。

[請求項19] 請求項1乃至請求項16のいずれかに記載の導波管と、
情報通信用の無線信号を前記導波管に送信する無線送信部と、
前記導波管から送信される前記無線信号を受信する無線受信部と、
前記無線受信部で受信した前記無線信号を信号処理する信号処理部と、
を備えた無線通信システム。

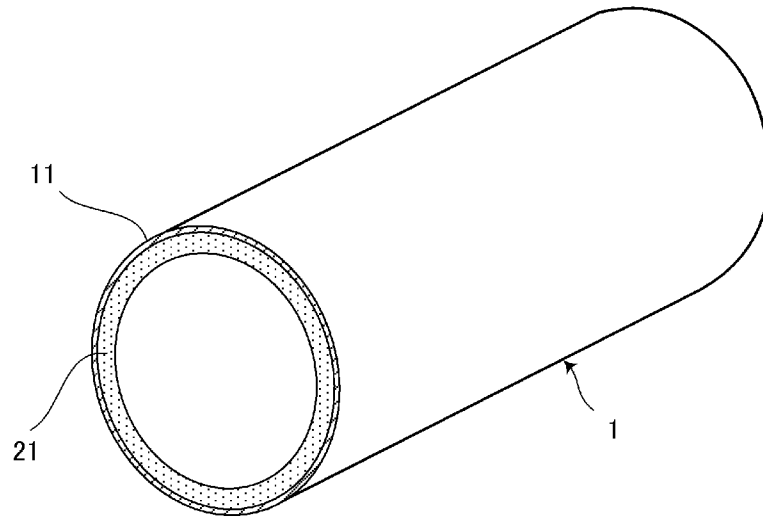
[請求項20] 請求項19に記載の無線通信システムにおいて、
前記導波管と、前記無線送信部および前記無線受信部と、を固定する固定治具を備えた無線通信システム。

[図1]

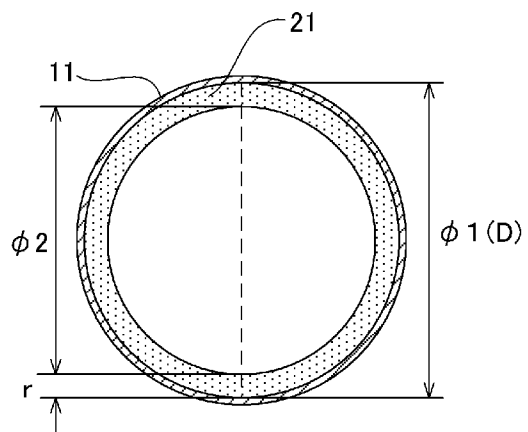


[図2]

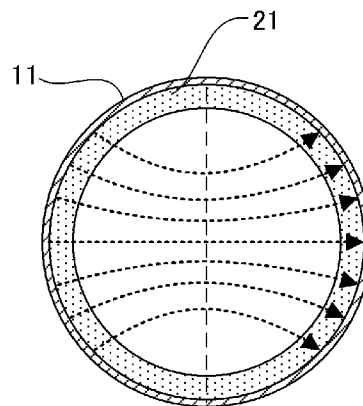
(A)



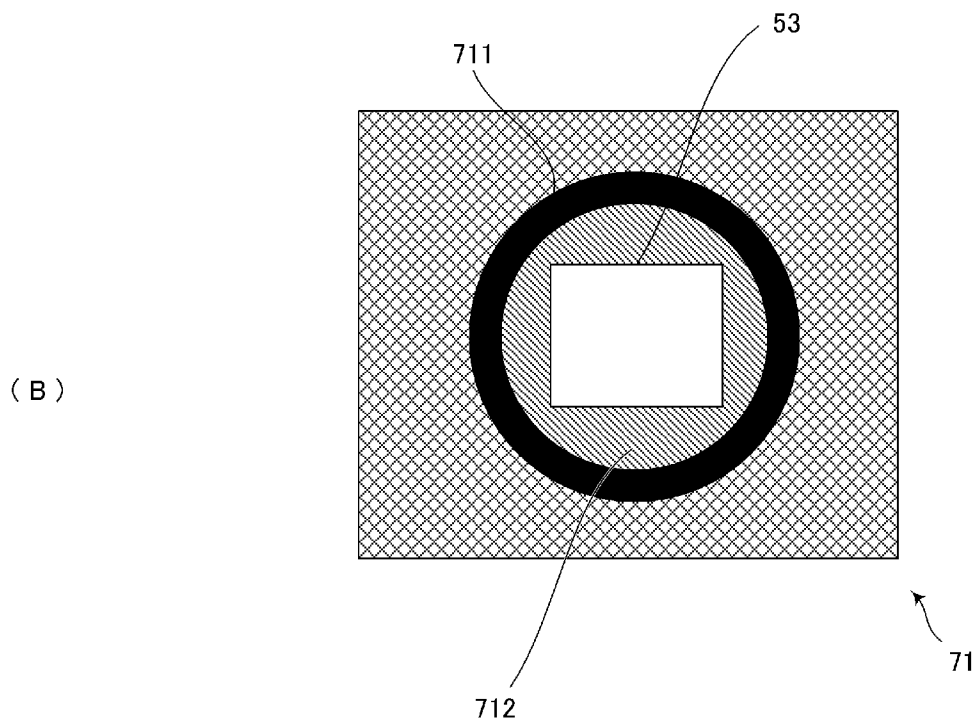
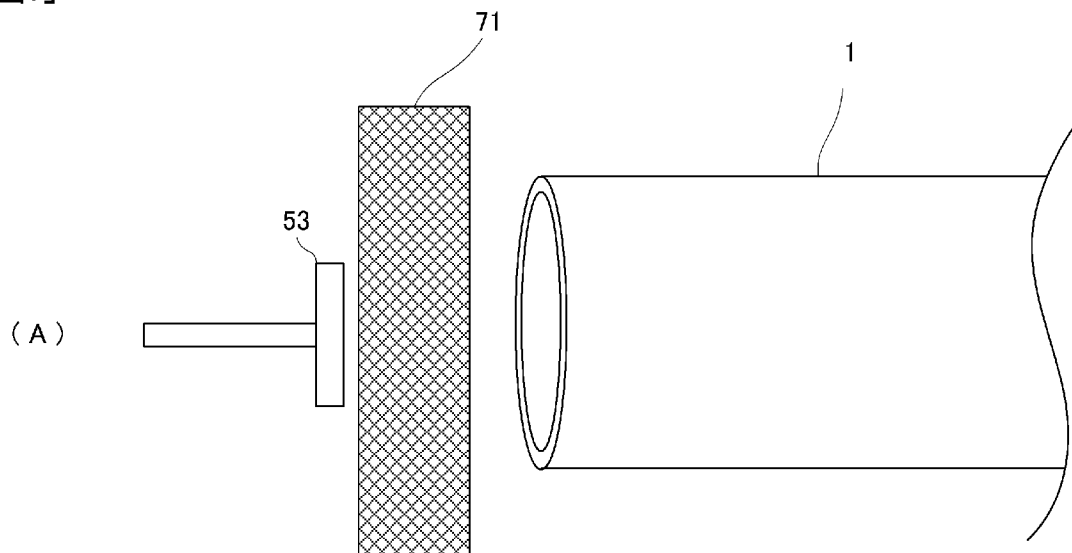
(B)



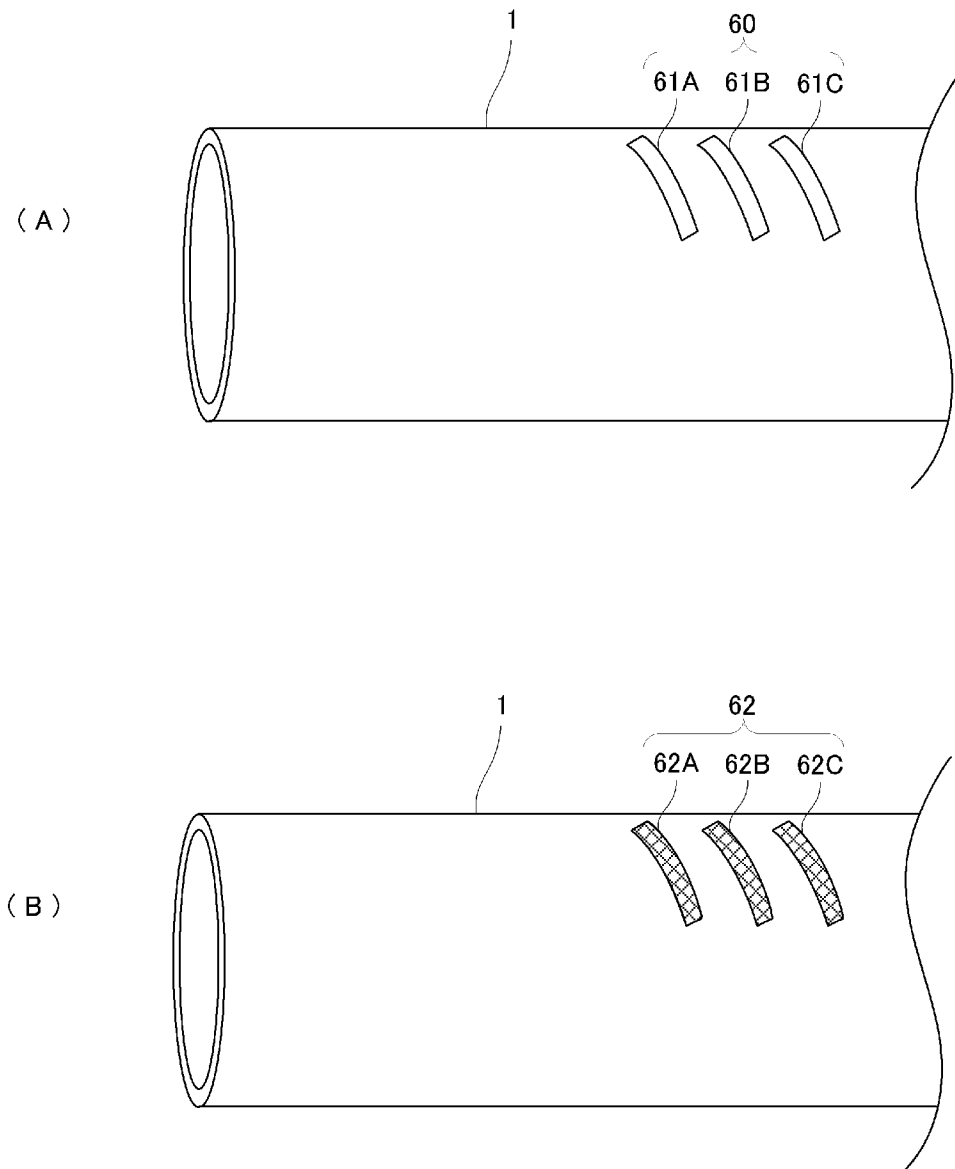
(C)



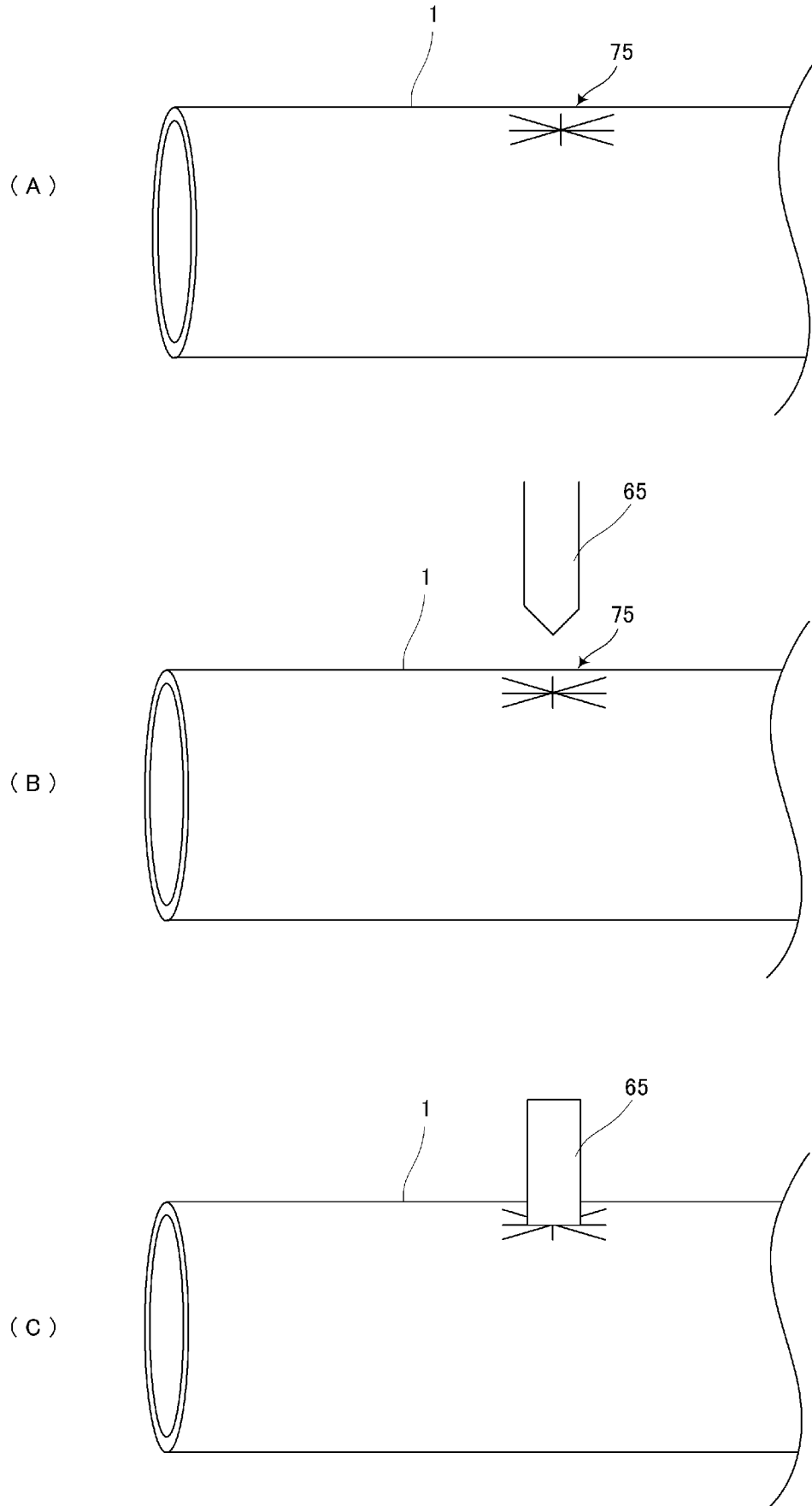
[図3]



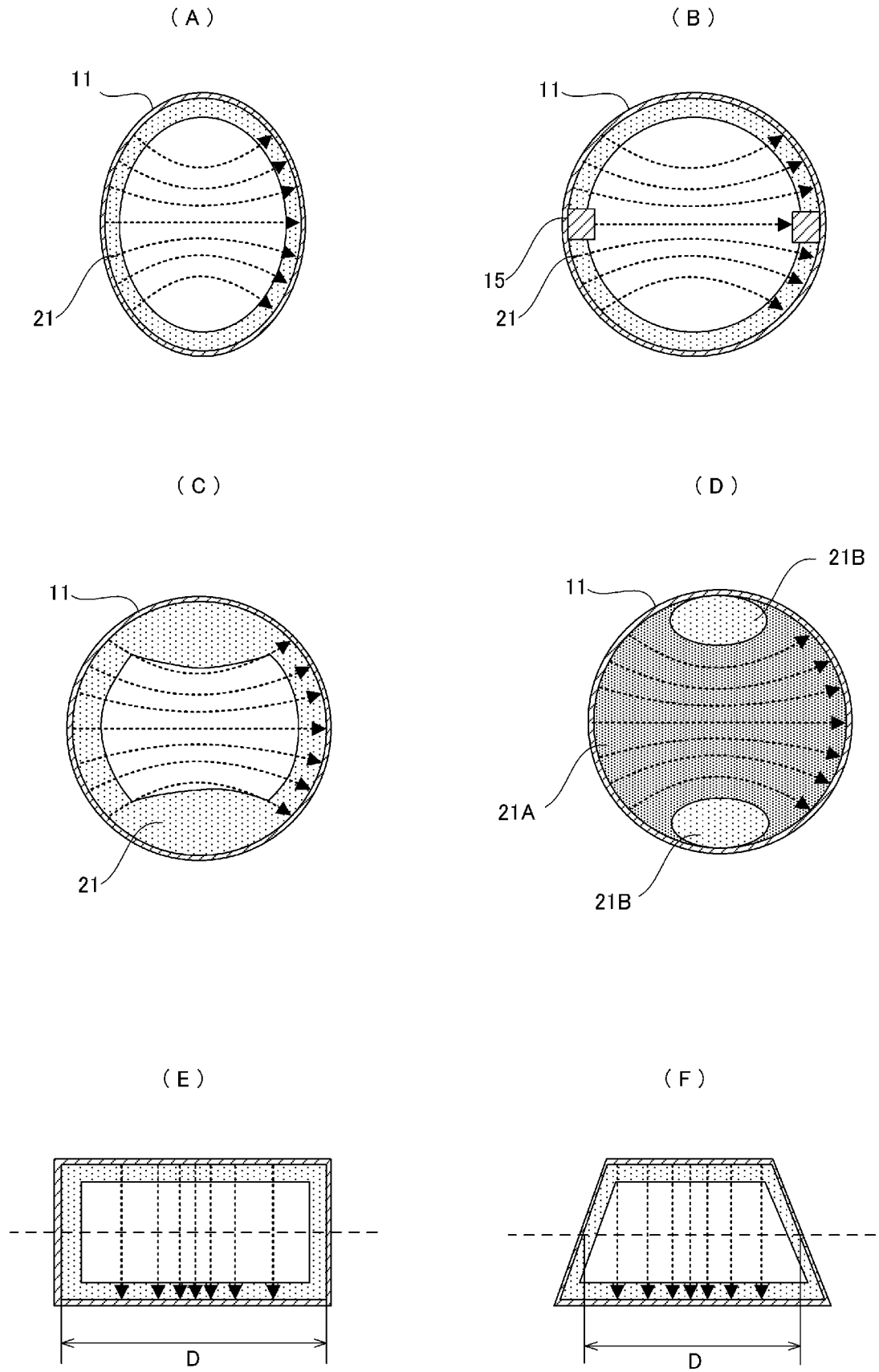
[図4]



[図5]

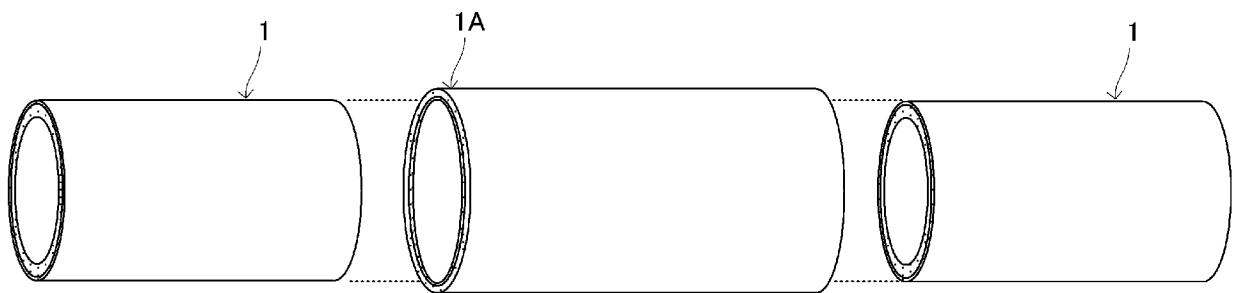


[図6]

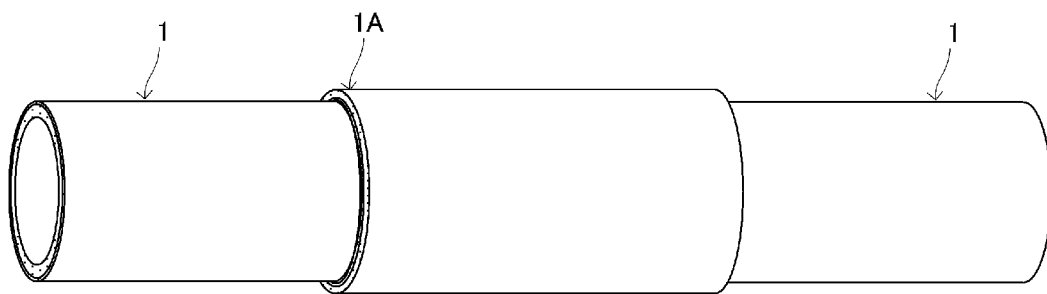


[図7]

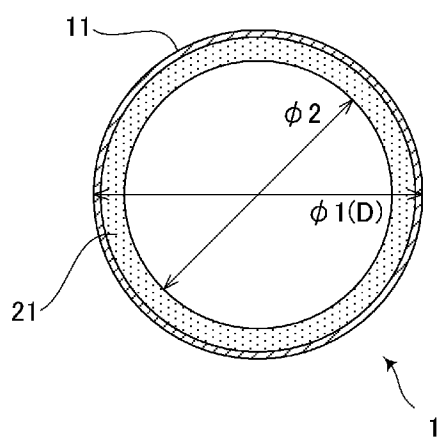
(A)



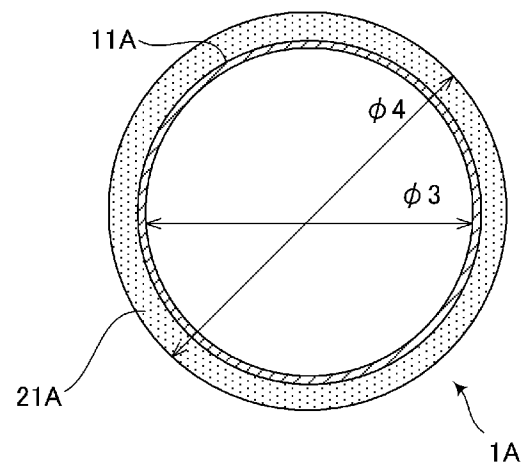
(B)



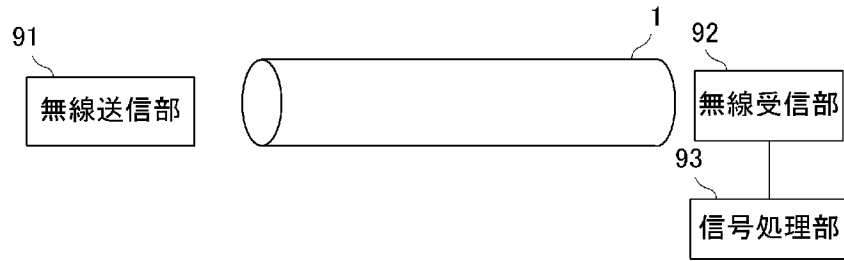
(C)



(D)



[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/053894

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01P3/12(2006.01)i, H01P3/127(2006.01)i, H01P3/14(2006.01)i, H01P11/00(2006.01)i, H02J50/00(2016.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01P3/12, H01P3/127, H01P3/14, H01P11/00, H02J50/00

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

IEEE Xplore

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 48-019470 B1 (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 13 June 1973 (13.06.1973), specification, brief explanation of drawings; claims; fig. 2, 4 (Family: none)	1-20
Y	US 5528208 A (Hideki Kobayashi), 18 June 1996 (18.06.1996), specification, column 1, lines 6 to 10; column 2, lines 18 to 29 ('SUMMARY OF THE INVENTION'); column 4, line 65 to column 7, line 7 & JP 06-326505 A & JP 2800636 B2	1-20

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
08 April 2016 (08.04.16)

Date of mailing of the international search report
26 April 2016 (26.04.16)

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

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/053894

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 50-030073 A (Fujikura Electric Wire Corp.), 26 March 1975 (26.03.1975), entire text; all drawings (Family: none)	1-20
A	JP 37-009152 B2 (Nippon Telegraph & Telephone Public Corp.), 24 July 1962 (24.07.1962), entire text; all drawings (Family: none)	1-20
A	JP 42-002652 B2 (Telefunken Patentverwertungsgesellschaft mbH), 04 February 1967 (04.02.1967), entire text; all drawings & AT 251044 B (TELEFUNKEN PATENTVERWERTUNGSGESELLSCHAFT M. B. H.), 12 December 1966 (12.12.1966), entire text; all drawings & GB 1101487 A & CH 453445 A & DE 1490824 A1	1-20
A	GB 2248974 A (Quasar Microwave Technology Ltd.), 22 April 1992 (22.04.1992), entire text; all drawings & GB 2248974 B	1-20
A	M. A. K. Hamid, Reflection coefficient of dielectric-loaded waveguide bends, Electronics Letters, Vol. 9, No. 2, Institution of Engineering and Technology(IET), 1973.01, pp. 37 - 38	1-20

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. H01P3/12(2006.01)i, H01P3/127(2006.01)i, H01P3/14(2006.01)i, H01P11/00(2006.01)i, H02J50/00(2016.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. H01P3/12, H01P3/127, H01P3/14, H01P11/00, H02J50/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 6 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 6 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 6 年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

IEEE Xplore

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 48-019470 B1 (住友電気工業株式会社) 1973.06.13, 明細書図面の簡単な説明, 特許請求の範囲, 第2図, 第4図 (ファミリーなし)	1 - 20
Y	US 5528208 A (Hideki Kobayashi) 1996.06.18, 明細書1欄6行-10行, 2欄18行-29行 (「SUMMARY OF THE INVENTION」), 4欄65行-7欄7行 & JP 06-326505 A & JP 2800636 B2	1 - 20
A	JP 50-030073 A (藤倉電線株式会社) 1975.03.26, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1 - 20

☑ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

0 8 . 0 4 . 2 0 1 6

国際調査報告の発送日

2 6 . 0 4 . 2 0 1 6

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

佐藤 当秀

5 K

3 7 8 4

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 5 5 6

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 37-009152 B2 (日本電信電話公社) 1962.07.24, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1 - 20
A	JP 42-002652 B2 (テレフンケン・パテントフェルウエルツングスゲゼルシャフト・ミット・ベシユレンクテレ・ハフツング) 1967.02.04, 全文, 全図 & AT 251044 B (TELEFUNKEN PATENTVERWERTUNGSGESELLSCHAFT M. B. H.) 1966.12.12, 全文, 全図 & GB 1101487 A & CH 453445 A & DE 1490824 A1	1 - 20
A	GB 2248974 A (Quasar Microwave Technology Limited) 1992.04.22, 全文, 全図 & GB 2248974 B	1 - 20
A	M. A. K. Hamid, Reflection coefficient of dielectric-loaded waveguide bends, Electronics Letters, Vol. 9, No. 2, Institution of Engineering and Technology (IET) , 1973.01, pp. 37 - 38	1 - 20