

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2018-99172

(P2018-99172A)

(43) 公開日 平成30年6月28日(2018.6.28)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
A61B 1/04 (2006.01)	A61B 1/04 362J	2H040
G02B 23/24 (2006.01)	G02B 23/24 A	4C161
C08L 27/18 (2006.01)	G02B 23/24 B	4F074
C08K 3/00 (2018.01)	C08L 27/18	4J002
C08J 9/00 (2006.01)	C08K 3/00	5G303

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 27 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2016-245632 (P2016-245632)
 (22) 出願日 平成28年12月19日 (2016.12.19)

(71) 出願人 000000376
 オリンパス株式会社
 東京都八王子市石川町2951番地
 (74) 代理人 100076233
 弁理士 伊藤 進
 (74) 代理人 100101661
 弁理士 長谷川 靖
 (74) 代理人 100135932
 弁理士 篠浦 治
 (72) 発明者 渡邊 正
 東京都八王子市石川町2951番地 オリ
 ンパス株式会社内
 Fターム(参考) 2H040 CA11 CA27 DA17 GA02 GA10
 4C161 AA01 CC06 FF45 JJ01 JJ19
 LL02 UU03 UU06
 最終頁に続く

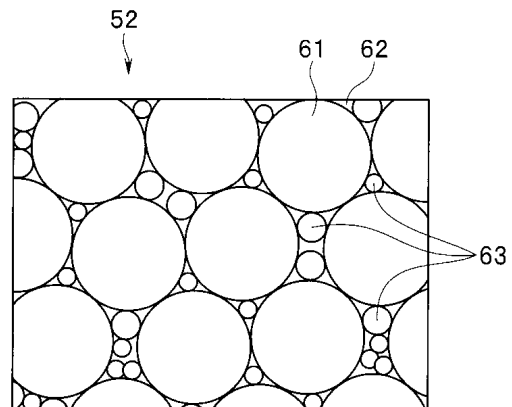
(54) 【発明の名称】 誘電体混合材料、誘電体混合材料を含む可撓性導波管、可撓性導波管を有する画像伝送装置、可撓性導波管を有する内視鏡、および内視鏡システム

(57) 【要約】

【課題】 誘電率の高さ、誘電正接の小ささ、適切な可撓性の3条件を適切に満たす誘電体混合材料、およびミリ波（サブミリ波を含む）領域で用いる可撓性導波管を提供する。

【解決手段】 信号伝送路である可撓性導波管51における内部誘電体52の構成材料として用いる誘電体混合材料であって、無極性樹脂よりも高い誘電率を有する結晶の粉末61、63と、結晶粉末61、63の隙間62に配された無極性樹脂と、同隙間62に配され当該誘電体混合材料のうち体積割合で5～40%を占める気孔と、を有し、結晶粉末と気孔とは、いずれにも信号伝送路を伝搬する波長に対して1/50以下の大きさを有する。

【選択図】 図7



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

信号伝送路の構成材料として用いる誘電体混合材料であって、
無極性の樹脂と、
前記無極性樹脂よりも高い誘電率を有する結晶の粉末と、
前記誘電体混合材料のうち体積割合で 5 ~ 40 % を占める気孔と、
を有し、
前記結晶粉末と前記気孔とは、いずれにも前記信号伝送路を伝搬する波長に対して 1 / 50 以下の大きさを有する
ことを特徴とする誘電体混合材料。

10

【請求項 2】

前記結晶粉末は、シリカ、アルミナ、酸化マグネシウム、窒化ホウ素もしくは窒化アルミニウムの何れか、または、これらの混合物により構成されるとともに、異なる平均粒径を有する粉末が混合されて形成される
ことを特徴とする請求項 1 に記載の誘電体混合材料。

【請求項 3】

前記無極性樹脂は、ポリテトラフルオロエチレン樹脂である
ことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の誘電体混合材料。

【請求項 4】

長手方向に誘電率が均一、かつ、断面が同一形状の線状の誘電体と、長手方向に連続的に延出され前記誘電体の外周を覆う金属層と、を有する、ミリ波またはサブミリ波を伝搬する導波路により構成された可撓性を有する可撓性導波管であって、
前記線状の誘電体は、請求項 1 - 3 のいずれか 1 項に記載の誘電体混合材料を含む
ことを特徴とする可撓性導波管。

20

【請求項 5】

請求項 4 に記載の可撓性導波管を有する画像伝送装置であって、
前記可撓性導波管は、所定の画像信号を伝送する
ことを特徴とする画像伝送装置。

【請求項 6】

請求項 4 に記載の可撓性導波管を有する内視鏡であって、
前記可撓性導波管は、所定の画像信号を伝送する
ことを特徴とする内視鏡。

30

【請求項 7】

請求項 6 に記載の内視鏡と、
前記可撓性導波管により伝送された所定の画像信号に対して所定の画像処理を施す画像処理部と、
を具備することを特徴とする内視鏡システム。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、信号伝送線路の構成材料として用いる誘電体混合材料、中でもミリ波またはサブミリ波領域で用いる可撓性導波管の内部に配することができる誘電体混合材料、誘電体混合材料を含む可撓性導波管、可撓性導波管を有する画像伝送装置、可撓性導波管を有する内視鏡、および、内視鏡システムに関する。

40

【背景技術】**【0002】**

近年、いわゆる F T T H (Fiber To The Home) 等の技術により、1 G p b s を超える通信速度を有する通信環境が一般の家庭にも浸透してきている。また、スマートフォン等の高い処理能力を有する端末が広く普及し、利用可能な通信技術、および、情報処理の速度、すなわち「ハード性能」が著しく向上してきている。

50

【0003】

また、いわゆる FHD (Full High Definition) を超える 4K / 8K 画像に代表される高精細 / 大容量映像の利用、インターネットを介した情報アクセスの拡大等により、個人、または企業において利用可能な情報の質と量、すなわち「ソフト利用」についても飛躍的に拡大している。

【0004】

これらは、近年とくに注目をあびているビッグデータ解析、ディープラーニング (深層学習) による AI (artificial intelligence ; 人工知能) の発展など、新しい手法・付加価値の誕生にも大きく貢献している。

【0005】

このように、「ハード性能」の向上と「ソフト利用」の拡大とが両輪となって近年の技術は著しく発展し、新しい付加価値が誕生している。その結果として、現時点の情報通信技術に求められる性能は、以前とは比べものにならないほど高いものになっている。そして、情報通信に必要な技術要素の中でも信号伝送線路に着目すると、この分野でも求められる性能は著しく高くなっていることが判る。

【0006】

ここで、現在においては、“伝送距離が短く伝送速度の遅い領域においては電気インターコネクション (金属線による接続) が主に用いられる”、一方、“伝送距離が長く伝送速度の速い領域では光インターコネクション (光通信、すなわち光ファイバによる接続) が主に用いられる”といえる。

【0007】

すなわち、例えば、数メートル程度での電気インターコネクションは、その利用できる限界が 2.5 Gbps 程度の伝送速度であり、これを超えると光インターコネクション (光通信) が有力な手段となるといえる。

【0008】

このように、伝送距離が長く伝送速度の速い領域では光通信が有力な手段とされるが、光通信には下記にあるような性能上の問題点があることが知られている。

【0009】

(1) 信号伝送の信頼性に関わる問題点

一般に通信用光ファイバは石英ガラスを主成分とする 1本の線で構成されることから、意図しない衝撃等の影響で信号伝送路である光ファイバが予期せず切断されることが起きる虞がある。

【0010】

(2) 線路同士の接続に関わる問題点

通常に通信用光ファイバは、光の通る管 (コア) の径が 10 μm 程度 (太くても 50 μm 以下) であり、線路同士の接続には一般的な加工では実現し難い (数 μm オーダーの) 位置決め精度が要求される。この要求を緩和するために、接続部にレンズなど光学系を用いることもできるが、接続部が大型化し、また、塵、汚れ等により通信性能が劣化する虞がある。

【0011】

なお、上記 (1) おける問題点に関して電気インターコネクション (金属線による接続) は、線路は一般に複数の細線を束ねて構成しており、切断される場合にも徐々に細線が切れていくため、通信性能は徐々に劣化し、通信性能の劣化を知ることによって事前に修理などの対応をとることができる。

【0012】

同様に上記 (2) における問題点に関して電気インターコネクションで用いられる接続部では、線路同士の接続にせいぜい 0.1 mm 程度の寸法精度を求められるに過ぎず、一般的な加工精度で容易に必要な接続精度を得ることができる。

【0013】

また、接続は金属同士を擦り合わせることに実現され、この「擦り合わせ」により接続

10

20

30

40

50

部は安定してクリーニングされることから、塵、汚れ等による通信性能の劣化は多くの場合問題とならない。

【0014】

すなわち、上記(1)、(2)における問題点の存在により、特に通信に高い信頼性が求められる用途、または使用において線路同士の接続が求められる用途においては、光通信は電気インターコネクションの代替にならないと考えられる。

【0015】

上述した事情を鑑みて本発明者等は、数センチメートル～5メートル程度以下の長さで5Gbps以上の通信速度を実現しうる方法として、また、リードワイヤによる信号伝送方式の課題である伝送速度の限界を克服しつつ、光ファイバによる信号伝送方式の課題をも克服する新しい信号伝送方式として導波路を利用する技術の特願2015-131913号において提案した。

10

【0016】

すなわち、電気基板程度の大きさから一般配線程度の長さの通信に適用できる、ミリ波(サブミリ波を含む)以上の周波数を有する電波を伝送する可撓性導波管によれば、上述した課題(信頼性の問題、接続に関わる問題)を克服しながら、電気インターコネクションでは実現が困難な数十Gbpsオーダーの高速通信が可能な通信線路を実現することができる。

【0017】

なお、本発明者等は特願2015-131913号において、上述したミリ波(サブミリ波を含む)導波管として、長手方向に誘電率が均一且つ断面が同一形状の線状の誘電体と、前記誘電体の外周を覆う金属層とを有する構成を想定しているが、本発明者等は、さらに、ミリ波(サブミリ波を含む)可撓性導波管の構成要件である前記線状の誘電体に必要な技術要件として、「誘電正接が0.0005以下であること」が必要なことを見出した。

20

【0018】

また、その具体的な適用範囲として内視鏡の内部通信を想定したとき、同じく必要な技術要件として、「比誘電率が4.0以上であること」および「適切な可撓性があること」が必要なことを見出した。

【0019】

ここで、上記要件を全て満たす材料、すなわち、誘電率の高さ、誘電正接の小ささ、適切な可撓性の3条件を全て適切に満たす単一材料を見出すことは困難である。一方、これらの条件に近い要件を備える材料を得るための技術として、従来、無極性の樹脂と高誘電率の結晶粉末とを混合する方法が知られている。

30

【0020】

具体的には、特開2006-100258号公報(特許文献1)において示される誘電体無機フィラーと樹脂との複合体、特開2008-186680号公報(特許文献2)において示されるフッ素樹脂と誘電性セラミックス粉末との混合体等が知られている。

【先行技術文献】

【特許文献】

40

【0021】

【特許文献1】特開2006-100258号公報

【特許文献2】特開2008-186680号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0022】

しかしながら上述した特許文献1,2においては、上述の如き可撓性導波管に適用することに鑑みるに、下記の課題があるといえる。

【0023】

すなわち、特許文献1(特開2006-100258号公報)において示される誘電体

50

無機フィラーと樹脂との複合体では、非常に高い誘電率は得られるものの、誘電正接は0.007程度よりも大きい値でしか安定しない。

【0024】

また同材料は、そもそも機械強度の高い素材を得るための技術であって、可撓性は考慮されていない。

【0025】

一方、特許文献2（特開2008-186680号公報）において示されるフッ素樹脂と誘電性セラミックス粉末との混合体も同様であり、誘電正接は0.001程度以下でしか安定して得ることができず、可撓性も考慮されていない。

【0026】

本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであり、誘電率の高さ、誘電正接の小ささ、適切な可撓性の3条件を適切に満たす材料を提供し、結果として基本周波数が10GHzを超えるような高速信号の伝送線路、中でも数センチメートル～5メートル程度以下の長さで5Gbps以上の通信速度を実現しうるミリ波（サブミリ波を含む）領域で用いる可撓性導波管を実現し得る誘電体混合材料、誘電体混合材料を含む可撓性導波管、可撓性導波管を有する画像伝送装置、可撓性導波管を有する内視鏡、および、内視鏡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】

【0027】

本発明の一態様の誘電体混合材料は、信号伝送路の構成材料として用いる誘電体混合材料であって、無極性の樹脂と、前記無極性樹脂よりも高い誘電率を有する結晶の粉末と、前記誘電体混合材料のうち体積割合で5～40%を占める気孔と、を有し、前記結晶粉末と前記気孔とは、いずれにも前記信号伝送路を伝搬する波長に対して1/50以下の大きさを有する。

【0028】

本発明の一態様の可撓性導波管は、長手方向に誘電率が均一、かつ、断面が同一形状の線状の誘電体と、長手方向に連続的に延出され前記誘電体の外周を覆う金属層と、を有する、ミリ波またはサブミリ波を伝搬する導波路により構成された可撓性を有する可撓性導波管であって、前記線状の誘電体は、請求項1-3のいずれか1項に記載の誘電体混合材料を含む。

【0029】

本発明の一態様の画像伝送装置は、前記可撓性導波管を有する画像伝送装置であって、前記可撓性導波管は、所定の画像信号を伝送する。

【0030】

本発明の一態様の内視鏡は、前記可撓性導波管を有する内視鏡であって、前記可撓性導波管は、所定の画像信号を伝送する。

【0031】

本発明の一態様の内視鏡システムは、前記内視鏡と、前記可撓性導波管により伝送された所定の画像信号に対して所定の画像処理を施す画像処理部と、を具備する。

【発明の効果】

【0032】

本発明によれば、誘電率の高さ、誘電正接の小ささ、適切な可撓性の3条件を適切に満たす材料を提供し、結果として基本周波数が10GHzを超えるような高速信号の伝送線路、中でも数センチメートル～5メートル程度以下の長さで5Gbps以上の通信速度を実現しうるミリ波（サブミリ波を含む）領域で用いる可撓性導波管を実現し得る誘電体混合材料、誘電体混合材料を含む可撓性導波管、可撓性導波管を有する画像伝送装置、可撓性導波管を有する内視鏡、および、内視鏡システムを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0033】

【図1】図1は、本発明の第1の実施の形態の誘電体混合材料を含む可撓性導波管を有す

10

20

30

40

50

る内視鏡システムの概略構成を示す斜視図である。

【図 2】図 2 は、第 1 の実施の形態にかかる内視鏡システムの要部の機能構成を示すブロック図である。

【図 3】図 3 は、第 1 の実施の形態にかかる内視鏡システムにおける撮像ユニットおよび可撓性導波管の構造を示した要部拡大斜視図である。

【図 4】図 4 は、第 1 の実施の形態にかかる内視鏡システムにおける撮像ユニットおよび可撓性導波管の構造を一部断面にて示した要部拡大斜視図である。

【図 5】図 5 は、第 1 の実施の形態にかかる内視鏡システムにおける可撓性導波管の構成を示した要部拡大斜視図である。

【図 6】図 6 は、第 1 の実施の形態にかかる可撓性導波管に含まれる誘電体混合材料に関して粒度配合が無い場合の例を 2 次元に単純化して示した要部拡大図である。

【図 7】図 7 は、第 1 の実施の形態にかかる可撓性導波管に含まれる誘電体混合材料に関して粒度配合が有る場合の例を 2 次元に単純化して示した要部拡大図である。

【図 8】図 8 は、第 1 の実施の形態にかかる可撓性導波管に関して標準導波管寸法から計算した内部誘電体が存在する導波管寸法を示した表図である。

【図 9】図 9 は、図 8 における内部誘電体が存在する導波管寸法を求める際の矩形型導波管の長径短径関係を示した図である。

【図 10】図 10 は、図 8 における内部誘電体が存在する導波管寸法を求める際の楕円型導波管の長径短径関係を示した図である。

【図 11】図 11 は、第 1 の実施の形態にかかる可撓性導波管における誘電体と外部導体との関係に係るシミュレーションモデルを示した図である。

【図 12】図 12 は、第 1 の実施の形態にかかる可撓性導波管における誘電体の誘電損失のシミュレーション結果を示す図である。

【図 13】図 13 は、第 1 の実施の形態にかかる可撓性導波管における誘電体の誘電損失のシミュレーション結果を示す図である。

【図 14】図 14 は、第 1 の実施の形態にかかる可撓性導波管の可撓性の状態を示すモデルを示した斜視図である。

【図 15】図 15 は、第 1 の実施の形態における第 1 ~ 第 5 の実施例および第 1 ~ 第 5 の比較例にかかる誘電体混合材料の配合と特性を示した表図である。

【図 16】図 16 は、本発明の第 2 の実施の形態にかかる可撓性導波管における内部誘電体を示した要部拡大斜視図である。

【図 17】図 17 は、第 2 の実施形態にかかる可撓性導波管における外部導体を示した拡大平面図である。

【図 18】図 18 は、本発明の第 3 の実施の形態にかかる誘電体混合材料を用いて作成したマイクロストリップ線路を示した要部拡大斜視図である。

【発明を実施するための形態】

【0034】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。

なお、以下に示す第 1 ~ 第 2 の実施形態は、本発明の誘電体混合材料を含む可撓性導波管を有する内視鏡システムを例に説明するものとする。

【0035】

また、この実施の形態により、この発明が限定されるものではない。さらに、図面の記載において、同一部分には同一の符号を付している。さらにまた、図面は、模式的なものであり、各部材の厚みと幅との関係、各部材の比率等は、現実と異なることに留意する必要がある。また、図面の相互間においても、互いの寸法や比率が異なる部分が含まれている。

【0036】

< 第 1 の実施形態 >

図 1 は、本発明の第 1 の実施の形態の誘電体混合材料を含む可撓性導波管を有する内視鏡システムの概略構成を示す斜視図であり、図 2 は、第 1 の実施の形態にかかる内視鏡シ

10

20

30

40

50

ステムの要部の機能構成を示すブロック図である。

【0037】

図1に示すように、内視鏡システム1は、いわゆる上部消化管用の内視鏡システムであって、被検体Pの体腔内に先端部を挿入することによって被写体Pの体内画像を撮像し当該被写体像の画像信号を出力する撮像部を備える内視鏡2と、内視鏡2における前記撮像部から出力される画像信号に対して所定の画像処理を施す画像処理部を備えるとともに内視鏡システム1全体の動作を統括的に制御するビデオプロセッサ3と、内視鏡2の先端から出射するための照明光を発生する光源装置4と、ビデオプロセッサ3において画像処理が施された画像を表示する表示装置5と、を主に備える。

【0038】

内視鏡2は、先端部に前記撮像部を備えると共に主として可撓性を有する細長形状部により構成される挿入部6と、挿入部6の基端側に接続され各種の操作信号の入力を受け付ける操作部7と、操作部7から基端側に向けて延出されビデオプロセッサ3および光源装置4と接続するユニバーサルコード8と、を備える。

【0039】

ここで内視鏡2は、挿入部6の先端部に配設した撮像部とビデオプロセッサ3における画像処理部との間において、挿入部6における前記撮像部から当該挿入部6、前記操作部7および前記ユニバーサルコード8のそれぞれ内部を経由してビデオプロセッサ3の画像処理部に至るまで延設され、撮像部からの画像信号等の伝送するための信号伝送路を備える。

【0040】

そして、本実施形態に係る内視鏡システムにおいては、前記信号伝送路をミリ波またはサブミリ波（以下、場合により代表してミリ波と記載する）を通す導波路により構成されることを特徴とする（当該「導波路」については、後に詳述する）。

【0041】

図1に戻って、挿入部6は、最先端部に配設された、前記撮像部を構成する撮像素子22等を内蔵した先端硬性部10と、当該先端硬性部10の基端側に配設され、複数の湾曲部によって構成された湾曲自在な湾曲部9と、当該湾曲部9の基端側に接続され、可撓性を有する長尺状の可撓管部と、を有する。

【0042】

また、図2に示すように、本実施形態において挿入部6の最先端に配設された先端硬性部10には、被検体像を入光する撮像光学系21と、撮像光学系21の後方に配設され、被検体像を撮像して光電変換により所定の画像信号を出力する撮像素子22等を含む撮像ユニット20と、が配設されている。

【0043】

前記撮像ユニット20は、前記撮像光学系21の結像位置に設けられ、撮像光学系21が集光した光を受光して電気信号に光電変換する前記撮像素子22と、撮像素子22の近傍基端側に配設され、当該撮像素子22を駆動すると共に撮像素子22から出力された撮像信号に所定の処理を施すドライバIC23と、ドライバIC23の基端側に設けられ、導波路（導波管）51（詳しくは後述する）を介して信号の送受信をするための送受信アンテナ27（詳しくは後述する）と、を有する。

【0044】

前記撮像素子22は、本実施形態においては、CMOS（Complementary Metal Oxide Semiconductor）イメージセンサであって、かつ、いわゆるフルハイビジョン相当以上の画素数である200万画素以上の画素数を有するイメージセンサを採用する。

【0045】

前記ドライバIC23は、撮像素子22が出力した電気信号に対してノイズ除去およびA/D変換を行うアナログフロントエンド（AFE）24と、撮像素子22の駆動タイミングおよびAFE24等における各種信号処理のパルスを発生するタイミングジェネレータ（TG）25と、前記送受信アンテナ27を接続し、前記導波路（導波管）51を介し

10

20

30

40

50

て A F E 2 4 が出力したデジタル信号をビデオプロセッサ 3 における画像処理部との間で送受信するための送受信回路 2 6 と、撮像素子 2 2 の動作を制御する図示しない制御部と、を有する。

【 0 0 4 6 】

前記送受信回路 2 6 は、いわゆる M M I C (monolithic microwave integrated circuit ; モノシリックマイクロ波集積回路) により形成される、ミリ波・サブミリ波通信回路である。

【 0 0 4 7 】

また前記ドライバ I C 2 3 は、本実施形態においては、前記アナログフロントエンド A F E 2 4、タイミングジェネレータ T G 2 5、送受信回路 2 6 等の各回路が全てシリコン C M O S プロセスにより作成され、十分に小型化されている。

10

【 0 0 4 8 】

また、撮像素子 2 2 とドライバ I C 2 3 とは、セラミック基板 2 8 を介して接続され、また、当該セラミック基板 2 8 (図 3 等参照) にはコンデンサ 2 9 等の複数の受動部品が搭載されている (詳しくは後述する) 。

【 0 0 4 9 】

一方、ビデオプロセッサ 3 は、内視鏡 2 における前記撮像ユニット 2 0 から出力される画像信号に対して所定の画像処理を施す前記画像処理部としての画像信号処理回路 3 1 と、内視鏡 2 における撮像素子 2 2 等に対して供給するための電源を生成する電源供給回路 3 2 と、前記導波路 (導波管) 5 1 を介して内視鏡 2 における撮像ユニット 2 0 と所定の信号の送受信を行うための送受信回路 3 3 と、送受信回路 3 3 に接続された送受信アンテナ 3 4 と、を備える。

20

【 0 0 5 0 】

なお、前記画像信号処理回路 3 1 は、撮像素子 2 2 およびドライバ I C 2 3 を制御するための制御信号 (例えば、クロック信号、同期信号等) を生成し、前記撮像素子 2 2 およびドライバ I C 2 3 に向けて送出する。

【 0 0 5 1 】

なお、ビデオプロセッサ 3 における前記送受信回路 3 3 も、前記送受信回路 2 6 と同様に、いわゆる M M I C (monolithic microwave integrated circuit ; モノシリックマイクロ波集積回路) により形成される。

30

【 0 0 5 2 】

また、図 2 に示すように、内視鏡 2 における前記挿入部 6、操作部 7 およびユニバーサルコード 8 内には、上述したように信号伝送路としての前記導波路 (導波管) 5 1 が内設されるが、これらユニバーサルコード 8 等の内部には前記導波路 (導波管) 5 1 と並行して、各種信号線が配設される。

【 0 0 5 3 】

すなわち、ユニバーサルコード 8 内には、図 2 に示すように、ビデオプロセッサ 3 における画像信号処理回路 3 1 から供給される各種制御信号を伝送する制御信号線 4 1、電源供給回路 3 2 から供給される電源を伝送する電源線 4 2 およびグランド線 (G N D 線) 4 3 が、それぞれ配設される。

40

【 0 0 5 4 】

そして、内視鏡 2 における撮像素子 2 2 およびドライバ I C 2 3 における前記各回路には、前記制御信号線 4 1 を介して所定の制御信号 (例えば、クロック信号、同期信号等) が供給されるようになっている。

【 0 0 5 5 】

同様に、内視鏡 2 における前記撮像素子 2 2 およびドライバ I C 2 3 における前記各回路には、前記電源線 4 2 およびグランド線 (G N D 線) 4 3 を介して、ビデオプロセッサ 3 の電源供給回路 3 2 から電源が供給されるようになっている。

【 0 0 5 6 】

< 導波路 (導波管) および送受信回路並びに撮像ユニットの構成について >

50

次に、本実施形態にかかる内視鏡システムにおける導波路（可撓性導波管）および送受信回路、並びにこれらの周辺回路（撮像ユニット等）について説明する。

【0057】

上述したように、本発明は、誘電率の高さ、誘電正接の小ささ、適切な可撓性の3条件を適切に満たす材料を提供し、ミリ波領域（サブミリ波を含む）で用いる可撓性導波管を実現し得る誘電体混合材料、誘電体混合材料を含む可撓性導波管、可撓性導波管を有する画像伝送装置、可撓性導波管を有する内視鏡、および、内視鏡システムを提供するものであるが、当該内視鏡における撮像部とビデオプロセッサにおける画像処理部とを結ぶ信号伝送方式として従来用いられてきた、リードワイヤによる信号伝送方式および光ファイバによる信号伝送方式に代わり、ミリ波またはサブミリ波（おおよそ30～600GHzの周波数を有する電波）を通す導波路（導波管）による信号伝送方式を新たに提案するものでもある。

10

【0058】

なお、本実施形態においてミリ波、サブミリ波は、ミリからサブミリオーダ（0.5～10mm程度）の波長をもつ電波を指すものとする。

【0059】

図2に示すように、撮像ユニット20は、挿入部6の最先端に配設された先端硬性部10において、被検体像を入光する撮像光学系21の後方に配設される。また、撮像ユニット20は、上述したように、被検体像を撮像して光電変換により所定の画像信号を出力する撮像素子22等を含むとともに、当該撮像ユニット20からは挿入部基端側に向けて導波路（可撓性導波管）51が延設されるようになっている。

20

【0060】

また撮像ユニット20は、上述したように、撮像光学系21が集光した光を受光して電気信号に光電変換する前記撮像素子22と、撮像素子22の近傍基端側に配設され、当該撮像素子22を駆動すると共に撮像素子22から出力された撮像信号に所定の処理を施すドライバIC23と、ドライバIC23の基端側に設けられ、導波路（可撓性導波管）51を介して信号の送受信をするための送受信アンテナ27と、を有する。

【0061】

ドライバIC23は、上述したように、アナログフロントエンド（AFE）24、タイミングジェネレータ（TG）25、送受信回路26および図示しない制御部等を有するが、撮像素子22とはセラミック基板28を介して接続されるようになっている。

30

【0062】

図3は、第1の実施の形態にかかる内視鏡システムにおける撮像ユニットおよび導波路（導波管）の構造を示した要部拡大斜視図であり、図4は、同内視鏡システムにおける撮像ユニットおよび導波路（導波管）の構造を一部断面にて示した要部拡大斜視図である。また、図5は、第1の実施の形態にかかる内視鏡システムにおける導波路（導波管）の構成を示した要部拡大斜視図である。

【0063】

前記ドライバIC23の基端側には、図3、図4に示すように、前記ドライバIC23のパッケージに一体化された前記送受信アンテナ27を挟んで、ミリ波またはサブミリ波を通す前記可撓性導波管51の先端部が接続されている。

40

【0064】

この可撓性導波路51（以下、導波管51とも記す）は、可撓性を有し、先端硬性部10に配設された前記ドライバIC23にその先端側が接続された後、挿入部6の基端側に向けて延出されるようになっている。

【0065】

より詳しくは、導波路51は、挿入部6においてドライバIC23よりさらなる基端側、すなわち、先端硬性部10における前記ドライバIC23の配設箇所より基端側部をはじめ、より基端側の前記湾曲部9および可撓管部11を含めた挿入部6の内部を挿通した後、操作部7内部およびユニバーサルコード8の内部を挿通し、ビデオプロセッサ3に至

50

る位置に配設されるようになっている。

【0066】

なお、前記導波路51の基端側は、ユニバーサルコード8の一端に設けたコネクタにおける変換を経てビデオプロセッサ3に接続されるものであってもよい。

【0067】

前記導波路51は、撮像ユニット20とビデオプロセッサ3における前記画像処理部（画像処理回路31）とを結ぶ信号伝送路であって、少なくとも一部がミリ波またはサブミリ波を伝搬する導波路である。

【0068】

また、本実施形態において前記導波路51は、図5に示すように、長手方向に誘電率が均一になるように延出された内部誘電体52と、長手方向に連続的に延出され前記内部誘電体52の外周を覆う金属層である外部導体53と、を有する可撓性導波管51により構成される。

【0069】

因みに、本実施形態において、「誘電率が均一」とは、導波管内部を伝搬する電波（ミリ波またはサブミリ波）の波長オーダーの寸法で見たときに均一であることを意味するものである。すなわち、波長オーダーよりも1～2桁以上寸法の異なる構造による誘電率分布は、導波管内部を伝搬する電波には影響を与えないため、本実施形態においては、これを含めて誘電率が均一と表現している。

【0070】

なお、後述するように本実施形態においては樹脂材料（母剤）に結晶材料（本実施形態においては熱伝導性フィラー）を混合した誘電体材料の利用を想定するが、この場合には混合される誘電体材料は前記波長よりも遥かに小さい。これにより、樹脂材料と結晶材料の誘電率の違い、または、微細な構造は導波管内部の電波に影響を与えず、平均した誘電率のみが伝送特性に影響する。

【0071】

<内部誘電体52の構成>

次に、内部誘電体52の構成について説明する。

【0072】

上述したように、本発明は、誘電率の高さ、誘電正接の小ささ、適切な可撓性の3条件を適切に満たす材料を提供し、ミリ波領域（サブミリ波を含む）で用いる可撓性導波管を実現し得る誘電体混合材料等を提供するものである。以下、本実施形態における内部誘電体52を構成する「誘電体混合材料」の基本的な概念について説明する。

【0073】

一般に、樹脂材料に粉末を混合することで樹脂材料の特性を向上する取り組みは、従来から広く行なわれている。たとえば、樹脂材料の機械的特性を向上させるためにガラス繊維を混合すること、または、樹脂材料に導電性を付与するためにカーボン系の材料を混合することが知られている。

【0074】

本発明はこれらと同様に、樹脂材料に対してより誘電率の高い材料を混合することで、適正な高誘電率を有する混合材料を得るものである。

【0075】

<誘電体における気孔の作用：誘電正接 $\tan \delta$ の低下について>

本実施形態の内部誘電体52としての誘電体混合材料において、最も特徴があり高い効果を生むのは、誘電体混合材料のうち5～40%を占める気孔である。この気孔がないと、以下に示すように、誘電正接 $\tan \delta$ を十分に低下、具体的には $\tan \delta$ を0.0005以下とすることができない。

【0076】

なお後述するように、この「 $\tan \delta < 0.0005$ 」は、特に導波管用途を考慮したときの必要条件である。導波管の内部誘電体に用いる誘電体材料の誘電正接は0.000

10

20

30

40

50

5 (望ましくは0.0002)以下である必要がある。

【0077】

樹脂材料とセラミックス粉末を均一に混合するには、溶媒となる液体または分散剤のような助剤を利用(混合)する必要があることが一般に知られている。しかし、これら助剤は通常、誘電正接をおおきく損なう。

【0078】

本実施形態においては、無極性の樹脂の中に高誘電率の結晶を拡散し均一に混合するために助剤を用いることを前提とするが、本実施形態において用いる助剤には、高温などにより揮発させて除去・消失できるものを選択する。

【0079】

また、本実施形態の誘電体混合材料では、成形に際して助剤を揮発させうる温度で十分に加熱するが、この揮発した助剤成分は、当該誘電体混合材料に含まれる気孔を經由して揮発する。

【0080】

すなわち、気孔を經由することで材料内部に取り込まれた助剤までもが揮発するため、本実施形態の誘電体混合材料では、混合のために添加した助剤のほぼ全てを揮発させることができる。

【0081】

本実施形態においてはその結果として、素材としての誘電体混合材料にかかる誘電正接を維持し、誘電正接の大幅な向上($\tan < 0.0005$)を実現することができる。

【0082】

たとえば、特開2008-186680号公報において示されるような混合材料で十分に小さい誘電正接を得るには、混合の均一さや生産性など他の性能や技術要素を大きく犠牲にしつつも全く助剤を用いないか、本実施形態と同様に混合に用いる助剤を加熱などにより揮発・除去する必要があるが、当該特開2008-186680号公報における構成で助材を用いる場合は、材料の内部に入り込んだ助剤を十分に除去することができない。

【0083】

すなわち当該特開2008-186680号公報における構成では、素材の誘電正接を維持することは困難と言わざるを得ず、結果として0.0005以下の誘電正接を得ることができないと考えられる。

【0084】

なお、誘電正接の小さい誘電体混合材料を得るためには、上述したように助剤を十分に揮発・消失すること以外にも、混合する材料(本実施形態における無極性樹脂および結晶粉末)の誘電正接が小さい必要がある。

【0085】

それには材料そのものの誘電正接が小さいことは勿論だが、混合する材料(本実施形態における無極性樹脂および結晶粉末)が一定以上の純度を持つ必要がある。具体的には概ね99.95%以上の純度が必要であり、望ましくは99.99%以上の純度の材料を用いる必要がある。

【0086】

すなわち、上述した助剤だけでなく、素材における不純物も誘電正接 \tan を大きく悪化させるため、材料純度にも十分に配慮する必要がある。

【0087】

<誘電体における気孔の作用：可撓性の付与について>

ところで本実施形態の構成においては、結晶粉末は互いに結びつく力を持たず、無極性樹脂の結合力によって形状が保持される。このとき、無極性樹脂の結合力が強すぎると可撓性を得ることができないと考えられる。

【0088】

そもそも、誘電正接 \tan の小さい材料は、分子を構成する原子同士の結びつきが強い材料であり、機械的には「硬い」材料が多く、可撓性を得ることは困難であると考えら

10

20

30

40

50

れる。

【0089】

そして、このような材料に可撓性を付与するためには、分子スケールでの構造には手を加えずに樹脂の結合を弱める必要があるが、この「可撓性の付与」にも気孔と結晶粉末の存在が寄与する。

【0090】

すなわち、本実施形態の誘電体混合材料は、内部に気孔および結晶粉末を含むがために、樹脂が網の目のような構造をとることで樹脂の結合が弱まり、可撓性が付与されることを特徴とする。

【0091】

ここで本発明者等は、無極性樹脂としてPTFE (polytetrafluoroethylene; ポリテトラフルオロエチレン) を用いた場合には、PTFEの体積割合が20%前後(結晶粉末と気孔を合わせた体積割合が80%前後)となるときに良い可撓性が得られることを見出した。

【0092】

なお、これは一例に過ぎず、使用する材料の種類や大きさなどによってその割合はひろく最適値を見出し得る。

【0093】

なお、本発明者等は、近年広く利用される気孔を多く含むPTFE素材では、PTFEの体積割合で20%弱程度から70%強程度(結晶粉末と気孔を合わせた体積割合が30%弱程度から80%強程度)までのもので適切な可撓性が得られることを確認しており、概ねこの範囲で適切な可撓性が得られる可能性が高い。

【0094】

< 結晶粉末、気孔が信号の波長の1/50であることについて >

一方で、本実施形態の誘電体混合材料としては、信号伝送路の構成材料として「信号伝送路を伝搬する信号(電磁波)を妨げないこと」が求められる。

【0095】

すなわち、本実施形態の誘電体混合材料は、信号伝送路を伝搬する電磁波の波長オーダーの寸法で見たときに、誘電率が均一である必要がある。より詳しくは、伝搬する電磁波から見たとき、波長オーダーに近いかそれよりも大きい寸法の誘電率分布は波に影響を与えるが、波長よりも1~2桁以上寸法が小さい構造による誘電率分布は、伝搬する波に影響を与えない。

【0096】

すなわち、本実施形態における結晶粉末は無極性樹脂よりも誘電率が大きく、気孔は誘電率が小さいことを考慮すると、「波長オーダーの寸法で見たときに誘電率が均一」であるために、この大きさは伝搬する電磁波の波長に対して十分に寸法が小さい必要がある。

【0097】

本発明者は鋭意研究の結果、この大きさが具体的に、信号伝送路を伝搬する信号の波長に対して1/50以下の大きさをもつ必要があることを見出した。

【0098】

ここで、前記気孔は、上述したように内部の助剤成分を逃がす役割を担う側面から、それぞれが繋がる、あるいは、結晶粒子と結晶性樹脂との間に体積を持たずに存在するような形態をも含む。

【0099】

すなわち、本実施形態の誘電体混合材料における気孔の大きさは、空間として(気泡のような形で)存在する大きさを示し、気孔同士が繋がっていてもそれらを繋げて(積算して)評価しない。

【0100】

一方、前記無極性樹脂は、上述したように網の目のような構造をとることで結合し、形態を保持する役割を担う側面から、それぞれが細く糸状に繋がる、または薄くフィルム状

10

20

30

40

50

に繋がる形で、存在するような形態をも含む。

【0101】

すなわち、本実施形態の誘電体混合材料における無極性樹脂の大きさは、塊として存在する大きさを示し、無極性樹脂同士が細く、薄く繋がっていてもそれらを繋げて（積算して）評価しない。

【0102】

このように、本実施形態において前記気孔および前記無極性樹脂の「大きさ」に対する考え方は同じである。これに対して前記結晶粉末は、繋がって存在し得ないことから前記気孔および前記無極性樹脂の大きさに係る上述した考え方には当たらない。

【0103】

<適切な結晶粉末および樹脂の種類>

なお、比誘電率の高さ、誘電正接の小ささを両立し、かつ、工業的に利用し易い「誘電体混合材料」を得るには、材料となる無極性樹脂および結晶粉には誘電正接が低いことに加えて、水分の吸着による誘電正接の増加が置き難いこと、および、材料に毒性が無いこと等の取り扱いの容易さも考慮する必要がある。

【0104】

特に結晶粉末においては比誘電率が大きいことも必要な条件となる。

【0105】

本発明者等は、上述したこれら条件を勘案し、比誘電率が大きく誘電正接が小さいうえに人体に無害で取り扱い容易な、工業的な利用に適した結晶材料を鋭意探索した結果、シリカ、アルミナ、酸化マグネシウム、窒化ホウ素および窒化アルミニウム等を抽出した。

【0106】

同様に本発明者等は、実施形態の誘電体混合材料に利用できる無極性樹脂を鋭意探索した結果、ポリテトラフルオロエチレン（PTFE）ほかのフッ素樹脂、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリスチレンなどの無極性樹脂がこの条件に合致することが判った。

【0107】

これらの中でもPTFE（polytetrafluoroethylene；ポリテトラフルオロエチレン）は、熔融粘度が高い特性を有し、結晶粉末とPTFE粉末とを混合してから加熱・圧着および圧延することで可撓性を得易い構造（網の目のような樹脂構造）を取り易く、適切な気孔をも形成しやすいことから、前記無極性プラスチックの中でも特に本実施形態の誘電体混合材料を得るために利用価値が高いことを見出した。

【0108】

<粒度混合の作用について>

本実施形態の誘電体混合材料において、比誘電率を高めるためには、高い屈折率を有する結晶粉末の割合を増やし、低い屈折率を有する「気孔」の割合を減らす必要がある。ここで異なる粒度の結晶粉末の混合によれば、結晶粉末の割合を増やすことができる。

【0109】

図6は、第1の実施の形態にかかる可撓性導波管に含まれる誘電体混合材料に関して結晶粉末の粒度配合が無い場合の例を2次元に単純化して示した要部拡大図であり、図7は、第1の実施の形態にかかる可撓性導波管に含まれる誘電体混合材料に関して結晶粉末の粒度配合が有る場合の例を2次元に単純化して示した要部拡大図である。

【0110】

図6に示すように、ある誘電体混合材料中に含まれる結晶粉末（例えば、内部誘電体52を構成する誘電体材料に含まれる結晶粉末）に単一粒径の粒子（図中、符号61で示す）が配置されると仮定すると、その粒子61間には多くの隙間62が生じることがわかる。

【0111】

これに対して図7に示すように、当該誘電体混合材料に、より小さい粒径の粒子（図7中、符号63で示す）である結晶粉末を配合することで、当該小さい粒子63が隙間62に入り込み、当該誘電体材料における結晶粉末の充填率を増やすことができる。

10

20

30

40

50

【0112】

ここで本実施形態において当該誘電体混合材料は、前記隙間62に前記無極性樹脂および前記気孔が概ね均一に配されるように設定される。なお、ここでの説明は、あくまで前記結晶粉末の充填率を上げることの必要性を記述したのであって、前記隙間62が小さい状態であることを求めているわけではなく、これに限定されない。

【0113】

むしろ前記隙間62は、当該誘電体混合材料の中に適切に存在する必要があり、上述した粒度配合は当該誘電体材料が所望の特性を有する（結晶粉末と前記隙間とのバランスを適切に設定する）ために必要であるといえる。

【0114】

本実施形態の内部誘電体52を構成する「誘電体混合材料」においては、結晶粉末材料（大きい比誘電率を持つ）について図7に示す如き「粒度配合」を行うことで、前記粉末材料の配合比率を増やし、結果的に“4”以上の比誘電率を得ることを特徴とする。

【0115】

すなわち、本実施形態の誘電体混合材料において斯様な結晶粉末材料の「粒度配合」を行わないと仮定すると（例えば、図6に示す状態のままであるとすると）、例えば、当該「誘電体混合材料」を、内視鏡における信号伝送路としての「可撓性導波管」の内部素材として利用することは困難になると考えられる。

【0116】

<内部誘電体の誘電率として4以上が望ましいことの臨界的意義>

ここで、当該可撓性導波管を内視鏡に採用する場合において、その内部誘電体の誘電率として“4”以上が望ましいことの臨界的意義について説明する。

【0117】

いま、複数の前提条件を仮置きした上で、利用価値の高い誘電率の範囲を特定する。まず、通信線路（ミリ波（またはサブミリ波）可撓性導波管）の太さは、一般の内視鏡へ導入可能な太さから、2mm以下である必要がある。また、現状の無線技術において利用し易い周波数帯域として60GHz帯を想定し、この帯域を利用することを前提にして試算する。

【0118】

図8は、第1の実施の形態にかかる可撓性導波管に関して標準導波管寸法から計算した内部誘電体が存在する導波管寸法を示した表図である。また、図9は、内部誘電体が存在する導波管寸法を求める際の矩形型導波管の長径短径関係を示した図であり、図10は、同導波管寸法を求める際の楕円型導波管の長径短径関係を示した図である。

【0119】

図8は、上述したように標準導波管（中空の導波管、すなわち内部には空気が満たされており、誘電率が1.0の導波管）の寸法と、この寸法を元に中実（内部に比誘電率 ϵ_r が3.8、4.0、5.0の誘電体を充填した）の導波管の寸法を示したものである。

【0120】

ここで中実の導波管の寸法は、波長短縮効果を示す式

$$= \lambda_0 / \epsilon_r$$

を用いて換算した。

【0121】

図8から、60GHzの伝送に適した可撓性導波管51の外径が2mm以下の径に収まるためには、可撓性導波管51の内部に配する内部誘電体52の比誘電率 ϵ_r は（外部導体53の形成に必要な厚さにより異なるが）、少なくとも

$$\text{比誘電率 } \epsilon_r = 3.8 \sim 4.0$$

程度以上である必要があることが判る。

【0122】

但し、上述した可撓性導波管51の径が2mm以下という要件をより臨界的に捉える

10

20

30

40

50

ならば、外部導体 5 3 の形成に必要な厚さを考慮して、可撓性導波管 5 1 の内部に配する内部誘電体 5 2 の比誘電率 ϵ_r は 4 . 0 程度以上が望ましいといえる。

【 0 1 2 3 】

< 誘電正接 0 . 0 0 0 5 以下を得ることの臨界的意義 >

図 1 1 は、第 1 の実施の形態にかかる可撓性導波管における誘電体と外部導体との関係に係るシミュレーションモデルを示した図であり、図 1 2、図 1 3 は、第 1 の実施の形態にかかる可撓性導波管における誘電体の誘電損失のシミュレーション結果を示す図である。

【 0 1 2 4 】

上述した有効な誘電率範囲の下限である $\epsilon_r = 3 . 8$ について、図 1 1 に示すあるシミュレーションモデル（導波管の断面形状は長径 1 . 9 2 8 × 短径 0 . 9 6 4 の楕円、外部導体には純銅相当の電気伝導率を設定）に当てはめ、1メートル当たりの透過損失量を（比誘電率 $\epsilon_r = 3 . 8$ 固定として）誘電正接 $\tan \delta$ の値を変更しながらシミュレーションしたところ、図 1 2、図 1 3 に示す結果を得た。

10

【 0 1 2 5 】

なお、ここで、比誘電率 $\epsilon_r = 3 . 8$ 、誘電正接 $\tan \delta = 0 . 0 0 1$ 程度というのは、石英ガラスの誘電特性に相当する。

【 0 1 2 6 】

図 1 2、図 1 3 に示すように、誘電正接 $\tan \delta$ が小さいほど伝送損失量が小さくなり、より好ましいことが判る。また逆に、誘電正接 $\tan \delta$ が大きいほど伝送損失量が大きくなり、適切な通信が困難になる虞があると考えられる。

20

【 0 1 2 7 】

ここで、現在の電波回路技術を用いて信号回復し、通信が可能となる信号減衰量が - 7 0 d B 程度であることを考慮すると、目標とする 5 m 程度での通信を可能とするためには、1 m あたりの信号減衰量は - 1 4 d B / m 程度以下である必要がある。

【 0 1 2 8 】

これを図 1 2 と対比すると、誘電体の誘電正接 $\tan \delta$ は $5 . 0 \times 10^{-4}$ 程度よりも小さい必要があることが判る。

【 0 1 2 9 】

なお、図 1 2 から誘電正接 $\tan \delta$ が 6 0 G H z 近辺で 1 4 d B 程度となるのが

30

$$\tan \delta = 5 . 0 \times 10^{-4}$$

の線になる。そして、導波管の断面形状を調整することで、減衰特性の調整が可能であることをも考慮すると、利用価値のある誘電正接 $\tan \delta$ の限界値を $5 . 0 \times 10^{-4}$ とした。

【 0 1 3 0 】

< 適切な可撓性の必要性 >

ところで、いわゆる内視鏡は先端部付近において湾曲する必要がある、その内部に配する信号伝送線路も同様に湾曲することが求められる。

【 0 1 3 1 】

本実施形態の誘電体混合材料を含む「可撓性導波管 5 1」に係る「適切な可撓性」とは、本実施形態においては、「内視鏡内部に配するに足る硬さ（柔らかさ）；例えば、図 1 4 に示す如き可撓性」を意味するものである。

40

【 0 1 3 2 】

以上説明したように、本実施形態によれば、比誘電率 ϵ_r が 4 . 0 以上、誘電正接 $\tan \delta$ が 0 . 0 0 0 5 以下という、適切な可撓性の 3 条件を適切に満たす誘電体材料を得ることができる。

【 0 1 3 3 】

また、結果として基本周波数が 1 0 G H z を超えるような高速信号の伝送線路、中でも数センチメートル～5メートル程度以下の長さで 5 G b p s 以上の通信速度を実現しうるミリ波（サブミリ波を含む）領域で用いる可撓性導波管を実現することができる。

50

【0134】

<第1の実施形態に係る実施例>

以下、本発明の第1の実施形態に係る各実施例について説明する。

【0135】

図15は、第1の実施の形態における実施例1～5および比較例1～5にかかる誘電体混合材料の配合と特性を示した表図である。

【0136】

なお、図15において、1で示す各特性について、比誘電率および誘電正接については10GHzにおける値を示し、可撓性については任意指標によるものとする。

【0137】

<実施例1, 2>

まずは、本発明の実施例1, 2に係る誘電体混合材料について説明する。

【0138】

本発明の実施例1, 2に係る誘電体混合材料は、粒度の異なる Al_2O_3 結晶粉末を2種類（平均粒度3 μm の粉末と平均粒度1 μm の粉末、それぞれ4N以上の純度を有する）とPTFE樹脂粉末（例えば、ダイキン工業株式会社製PTFEファインパウダー）、および均一な混合を行うための助剤とを混合した。

【0139】

ここで、混合後の誘電体混合材料はペースト状となるが、これを常温下での予備成形した後、加熱プレス機にて平面に押し固めた。ここで加熱プレス機における加圧・加温条件は、実施例1に比べて実施例2の加圧力が若干高く、実施例1, 2の温度条件は同一として、図15に示す表における「実施例1, 2」に対応する材料を得た。

【0140】

すなわち、図15に示す表にあるように、実施例1では空気（すなわち、気孔）の体積割合が約40%、比誘電率4.6、誘電正接0.00006であり、厚さ0.52mmの軽い力で曲げることができる材料を得た。

【0141】

また、実施例2では空気（すなわち気孔）の体積割合が33%、比誘電率5.0、誘電正接0.00006、厚さ0.51mmの軽い力でしなやかに曲げることができる材料を得た。

【0142】

ここで実施例1の材料と実施例2の材料とを比較すると、実施例1の材料は繰り返し曲げに対する耐性が若干劣り、数回の回数の繰り返し曲げにより硬さの変化を感じた。

【0143】

この実施例1, 2の誘電体混合材料において、気孔は加圧プレス機により圧延する際に生じている。すなわち、圧延の際に結晶粉末と樹脂との間に生じる隙間が材料に残ることによって気孔は形成されるため、発生する気孔は基本的に結晶粉末よりも大きいものにならないこと、気孔が発生しても圧力でさらに小さくなることから、気泡の大きさは結晶粉末よりも大きいものにはなり得ない。

【0144】

本実施例1, 2においては、粒度の異なる結晶粉末を2種類混合したが、これは結晶粉末の充填度向上を目的にしている。

【0145】

なお、ここで選択した2種類の粉末（平均粒度3 μm の粉末と平均粒度1 μm の粉末）は、充填度を向上するために有意な組合せの一例でしかなく、他の粒度をもつ粉末の組み合わせによっても同様の効果を得ることができる。

【0146】

また、同等の粒度配合は、本実施例にあるように粒度の判った結晶粉末の混合に抛らずとも、もともと粒度ばらつきのある結晶粉末を用いる、または、同一粒度の結晶粉末に対して粉砕加工を施して粒度ばらつきを与える方法によっても得ることができる。すなわち

10

20

30

40

50

、本願発明でいう粒度配合は、その方法に抛らず、結果として様々な粒度の結晶粉末が混合されていることを言い、方法に抛らず同様の効果を得ることができる。

【0147】

本実施例1, 2により得られた誘電体混合材料に含まれる結晶粉末において、最大の粉末粒径(粒の長径の最大値)は余裕をもって見積もっても6 μ mといえる。この最大の粉末粒径Lは電磁波から見たときに、結晶の比誘電率 ϵ_r の平方根を掛けた大きさに拡大されて見えるために概ね18.3 μ mの大きさに見える。なお、 Al_2O_3 の比誘電率 ϵ_r は約9.3として、6 μ m \times (9.3)で計算した。

【0148】

この大きさは300GHzの電磁波(波長1mm)の1/50にあたる。また、本実施例1, 2により得られた誘電体混合材料に含まれる気孔は、結晶粉末の大きさと比べて小さいことを確認していることから、本実施例1, 2により得られた誘電体混合材料は、概ね300GHz以下の信号伝送路に適用が可能である。

10

【0149】

本実施例1, 2において得た材料の厚さは、誘電特性(比誘電率、誘電正接)を測定する際に0.4~0.6mm程度の厚さが必要なためであり、材料の構成や特性を規定するものではない。なお、この点においては、以下に実施例3~5, および各比較例において同じである。

【0150】

<実施例3~5>

20

次に、本発明の実施例3~5に係る誘電体混合材料について説明する。

【0151】

本発明の実施例3~5に係る誘電体混合材料は、粒度の異なる Al_2O_3 結晶粉末を3種類(平均粒度3 μ mの粉末、平均粒度1 μ mの粉末、平均粒度0.3~0.5 μ mの粉末、それぞれ4N以上の純度を有する)とPTFE樹脂粉末(例えばダイキン工業株式会社製PTFEファインパウダー)、および均一な混合を行うための助剤とを混合した。

【0152】

当該実施例3~5に係る誘電体混合材料は、上述した実施例1~2と同様に常温下での予備成形を経て、加熱プレス機にて平面に押し固め、加熱プレス機における加圧・加温条件を振ることで、図15に示す表における実施例3, 4, 5に対応する材料を得た。

30

【0153】

ここで加圧プレス条件は、実施例3, 4, 5の順で加圧力を少しずつ高めた。また、温度条件は(実施例1, 2)とは異なるが、実施例3, 4, 5とで同一とした。その結果、図15に示す表にあるように、実施例3では、空気(すなわち気孔)の体積割合が約31%、比誘電率5.5、誘電正接0.00006であり、厚さ0.53mmの軽い力でしなやかに曲げることができる材料を得た。

【0154】

また、実施例4では、空気(すなわち気孔)の体積割合が約20%、比誘電率6.2、誘電正接0.00007、厚さ0.51mmの軽い力でしなやかに曲げることができる材料を得た。

40

【0155】

さらに、実施例5では、空気(すなわち気孔)の体積割合が約7~8%、比誘電率7.4、誘電正接0.000021、厚さ0.50mmの軽い力でしなやかに曲げることができる材料を得た。

【0156】

<比較例1, 2>

次に、上述した実施例1, 2に対応する比較例1, 2について説明する。

【0157】

これら比較例1, 2は、上述した実施例1, 2と同様に、粒度の異なる Al_2O_3

50

結晶粉末を2種類（平均粒度3 μ mの粉末と平均粒度1 μ mの粉末、それぞれ4N以上の純度を有する）とPTFE樹脂粉末、および均一な混合を行うための助剤とを混合し、常温下での予備成形を経て、加熱プレス機にて平面に押し固め、加熱プレス機における加圧・加温条件を振ることで、図15に示す表における比較例1, 2に相当する材料を得た。

【0158】

ここで加圧プレス条件は、実施例1よりも加圧力を若干低く、温度条件は実施例1, 2と同一とした。その結果、当該図15に示す表にあるように、比較例1では、空気（すなわち気孔）の体積割合が約41%、比誘電率4.5、誘電正接0.00006であり、厚さ0.54mmの軽い力で曲げることができる材料を得た。

【0159】

また、比較例2では、空気（すなわち気孔）の体積割合が約46%、比誘電率4.2、誘電正接0.00005、厚さ0.49mmの軽い力で曲げることができる材料を得た。

【0160】

これら比較例1, 2で得た材料は、数回の曲げには耐えたものの、比較例1の材料は10回程度の曲げで表面にヒビが生じ、比較例2の材料は5回程度の曲げで表面にヒビが生じ、10回程度の曲げで一部破断するなど、適切な可撓性を保有するとは言えない。

【0161】

<比較例3, 4>

次に、上述した実施例3, 4に対応する比較例3, 4について説明する。

【0162】

これら比較例3~4は、上述した実施例3~5と同様に、粒度の異なる - Al₂O₃ 結晶粉末を3種類（平均粒度3 μ mの粉末、平均粒度1 μ mの粉末、平均粒度0.3~0.5 μ mの粉末、それぞれ4N以上の純度を有する）とPTFE樹脂粉末、および均一な混合を行うための助剤とを混合し、常温下での予備成形を経て、加熱プレス機にて平面に押し固め、加熱プレス機における加圧・加温条件を振ることで、図15に示す表における比較例3~5に相当する材料を得た。

【0163】

ここで加圧プレス条件は、実施例5よりも加圧力を若干高く、温度条件は実施例3, 4, 5と同一とした。その結果、図15に示す表にあるように、比較例3では、空気（すなわち気孔）の体積割合が5%弱、比誘電率7.2、誘電正接0.00065であり、厚さ0.47mmの軽い力でしなやかに曲げることができる材料を得た。

【0164】

また、比較例4では、空気（すなわち気孔）の体積割合が約2%、比誘電率7.4、誘電正接0.0015、厚さ0.45mmの軽い力で曲げることができる材料を得た。

【0165】

本比較例3, 4で得た材料は、導波管の内部に配する誘電体として必要な誘電正接の条件（ $\tan \delta < 0.0005$ ）を満たすことができなかった。

【0166】

<比較例5>

次に、上述した実施例5に対応する比較例5について説明する。

【0167】

この比較例5は、上述した実施例3~5と同様に、粒度の異なる - Al₂O₃ 結晶粉末を3種類（平均粒度3 μ mの粉末、平均粒度1 μ mの粉末、平均粒度0.3~0.5 μ mの粉末）とPTFE樹脂粉末、および均一な混合を行うための助剤とを混合した。

【0168】

但しここで、使用した - Al₂O₃ 結晶粉末のうち、平均粒度3 μ mの粉末の純度が3N（99.9%以上）と低いものだった。

【0169】

以下、当該比較例5は、実施例3~5と同様に、これを常温下で予備成形し、加熱プレス機にて平面に押し固め、加熱プレス機で加圧・加温して、図15に示す表における比較

10

20

30

40

50

例 5 に相当する材料を得た。

【 0 1 7 0 】

ここで加圧プレス条件は実施例 3 に準じており、結果として当該表にあるように、比較例 5 は、空気（すなわち気孔）の体積割合が約 29%、比誘電率 5.7、誘電正接 0.0024 であり、厚さ 0.52 mm の軽い力でしなやかに曲げることができる材料を得た。

【 0 1 7 1 】

本比較例 5 で得た材料は実施例 5 に近い気孔の体積比率を得たにも関わらず、導波管の内部に配する誘電体として必要な誘電正接の条件 ($\tan \delta < 0.0005$) を満たすことができなかつた。

【 0 1 7 2 】

（効果）

以上説明したように本第 1 の実施形態によると、誘電率の高さ、誘電正接の小ささ、適切な可撓性の 3 条件を適切に満たす材料を提供し、結果として基本周波数が 10 GHz を超えるような高速信号の伝送線路、中でも数センチメートル～5メートル程度以下の長さで 5 Gbps 以上の通信速度を実現しうるミリ波（サブミリ波を含む）領域で用いる可撓性導波管を実現し得る誘電体混合材料、誘電体混合材料を含む可撓性導波管、可撓性導波管を有する画像伝送装置、可撓性導波管を有する内視鏡、および、内視鏡システムを提供することができる。

【 0 1 7 3 】

また本第 1 の実施形態によれば、有線のミリ波（サブミリ波を含む）通信経路（導波路）を通じた高い信頼性での信号伝送が可能であり、画像情報の伝送速度としても、フルハイビジョンを大きく超える高精細画像を実用的なフレームレートによって送信可能である。

【 0 1 7 4 】

ここで本実施形態における導波路 51 の太さはミリオーダーであり、また、送受信アンテナ 27 および送受信アンテナ 34 が導波路 51 の寸法範囲にあれば効率の良い通信が可能であるため、導波路とアンテナの接続は容易に行なうことができる。

【 0 1 7 5 】

また、撮像素子 22 からの画像情報を処理し、信号伝送を行なうドライバ IC 23 は、上述したようにアナログフロントエンド部、タイミングジェネレータ部、送受信回路が全てシリコン CMOS プロセスにより作成され、十分に小型化されている。

【 0 1 7 6 】

この中でも、送受信回路 26 および送受信回路 33 がモノシリックマイクロ波集積回路（MMIC）により構成されることから回路の小型化に寄与している。

【 0 1 7 7 】

このようにドライバ IC 23 の小型化を実現した結果、フルハイビジョン画像信号の高い信頼性での伝送と、先端部の小型化を両立することを可能としている。

【 0 1 7 8 】

さらに、導波管の利用により、撮像ユニット側アンテナから発せられた電波は、導波管内に閉じ込められる形で伝播するため、拡散などによるロスが最小に抑えられる。すなわち、送信に必要な電力量の最小化をも果たすことができている。

【 0 1 7 9 】

なお、本実施形態の内視鏡システムは、上部消化管のビデオ内視鏡システムであることを前提としたが、撮像ユニットが先端部に配された挿入部と、前記撮像ユニットにおいて生成された画像信号を処理する画像処理部と、前記撮像ユニットと前記画像処理部とを結ぶ信号伝送路を有するビデオ内視鏡システムであれば、内視鏡の種類に拠らず上記同様の効果を得ることができる。

【 0 1 8 0 】

すなわち、下部消化管（大腸）用内視鏡など各種の消化管用内視鏡はもちろんのこと、内視鏡外科手術において用いられる各種外科用内視鏡、パイプ、機械、各種構造物の内部

10

20

30

40

50

を観察するための各種工業用内視鏡などにおいて、それぞれ同様の効果を得ることができる。

【0181】

また本実施形態においては、上述したように、撮像ユニット20の構成として、撮像素子22、ドライバIC23、送受信アンテナ27およびコンデンサを含み、前記ドライバIC23はアナログフロントエンド(AFE)部24、タイミングジェネレータ(TG)部25および送受信回路26を備えるものとしたが、この構成はこれに限らずとも、同様の効果を得ることができる。

【0182】

たとえば、ドライバIC23内にあるアナログフロントエンド(AFE)部24、タイミングジェネレータ(TG)25部は、撮像素子22内に含めることも可能であり、この場合も同様の効果を得ることができる。

【0183】

また内視鏡2側における送受信回路26およびビデオプロセッサ3側における送受信回路33は、いずれもモノシリックマイクロは集積回路(MMIC)として、上述したように回路の小型化において最適な構成としたが、これに拠らずとも、フルハイビジョン画像信号の高い信頼性での伝送は可能であり、同様の効果を得ることはできる。

【0184】

<第2の実施形態>

次に、本発明の第2の実施形態について説明する。

【0185】

本第2の実施形態に係る内視鏡システムは、その構成は基本的には第1の実施形態と同様であるので、ここでは第1の実施形態との差異のみの説明にとどめ、その他の詳細の説明は省略する。

【0186】

すなわち、本第2の実施形態に係る内視鏡システム1は、第1の実施形態に対して、可撓性導波管51における内部誘電体52の形状、および外部導体53の構成を異にするものであって、その構成は基本的には第1の実施形態と同様である。

【0187】

図16は、本発明の第2の実施の形態にかかる可撓性導波管における内部誘電体を示した要部拡大斜視図であり、図17は、第2の実施形態にかかる可撓性導波管における外部導体を示した拡大平面図である。

【0188】

本第2の実施形態の誘電体混合材料を含む可撓性導波管を有する内視鏡システムは、第1の実施形態に係る上述した実施例4の誘電体混合材料を用いて、内部誘電体として断面形状が1.5×0.75mmの小判型の線材を作成した(図16参照)。

【0189】

さらに、本第2の実施形態においては、図17に示すように、平角銅線を編んで可撓性導波管における外部導体を形成した。

【0190】

本第2の実施形態において最終的に得られた可撓性導波管の太さは概ね1.6×0.9mm以下の寸法範囲にあり、内視鏡の内部通信に利用できる太さを実現した。また、第2の実施形態に係る可撓性導波管における1メートルあたりの伝送損失量(60GHz)は、約-12dB/mであり、5m程度の通信であれば十分に利用できるものとなった。

【0191】

本第2の実施形態においても、第1の実施形態と同様に、誘電率の高さ、誘電正接の小ささ、適切な可撓性の3条件を適切に満たす材料を提供することができる。

【0192】

<第3の実施形態>

次に、本発明の第3の実施形態について説明する。

10

20

30

40

50

【 0 1 9 3 】

図 1 8 は、本発明の第 3 の実施の形態にかかる誘電体混合材料を用いて作成したマイクロストリップ線路を示した要部拡大斜視図である。

【 0 1 9 4 】

図 1 8 に示すように、本第 3 の実施形態の誘電体混合材料は、図 1 8 に示す如きマイクロストリップ線路に適用される。すなわち、第 1 の実施形態に係る実施例 3 に示す誘電体混合材料を用いて当該図 1 8 に示す如きマイクロストリップ線路を作成した。

【 0 1 9 5 】

この図 1 8 に示すマイクロストリップ線路は、基板の厚み h が 0.15 mm 、線路の幅 W が約 0.22 mm 、電極の厚さ t が約 $8 \mu\text{m}$ であって、電極は印刷法により形成した。

10

【 0 1 9 6 】

この本第 3 の実施形態によると、適切な可撓性を有する信号伝送線路を実現することができる。

【 0 1 9 7 】

< 第 4 の実施形態 >

次に、本発明の第 4 の実施形態について説明する。

【 0 1 9 8 】

上述した第 1 の実施形態は、上述の如き誘電体混合材料を含む可撓性導波管 5 1 を内視鏡に適用したが、本第 4 の実施形態は、上述の如き誘電体混合材料を含む可撓性導波管 5 1 を所定の画像信号を伝送する画像伝送装置に適用するものである。

20

【 0 1 9 9 】

この第 4 の実施形態に係る画像伝送装置は、第 1 の実施形態に示されるような内視鏡システムに限らず、いわゆる FHD (Full High Definition) を超える 4K / 8K 画像に代表される高精細 / 大容量の画像信号を伝送可能とする伝送装置であって、換言すれば、基本周波数が 10 GHz を超えるような高速信号の伝送線路を有する伝送装置である。

【 0 2 0 0 】

さらに、本第 4 の実施形態に係る当該伝送路は、数センチメートル ~ 5 メートル程度以下の長さで 5 Gbps 以上の通信速度を実現しうるミリ波 (サブミリ波を含む) 領域で用いることを想定するものあって、かつ、可撓性を要するものである。

【 0 2 0 1 】

30

上記の第 1 の実施形態として説明した誘電体混合材料を含む可撓性導波管は、斯様な条件を要する第 4 の実施形態の如き画像伝送装置にあっても適切に適用することができる。

【 0 2 0 2 】

本発明は、上述した実施形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を変えない範囲において、種々の変更、改変等が可能である。

【 符号の説明 】

【 0 2 0 3 】

1 : 内視鏡システム

2 : 内視鏡

3 : ビデオプロセッサ

40

6 : 挿入部

7 : 操作部

8 : ユニバーサルコード

10 : 先端硬性部

20 : 撮像ユニット

21 : 撮像光学系

22 : 撮像素子

23 : ドライバ IC

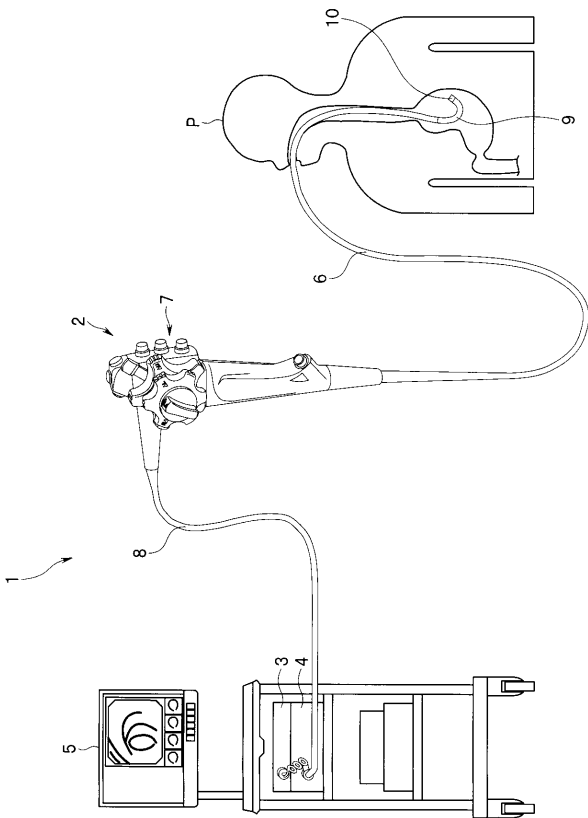
26 : 送受信回路

27 : 送受信アンテナ

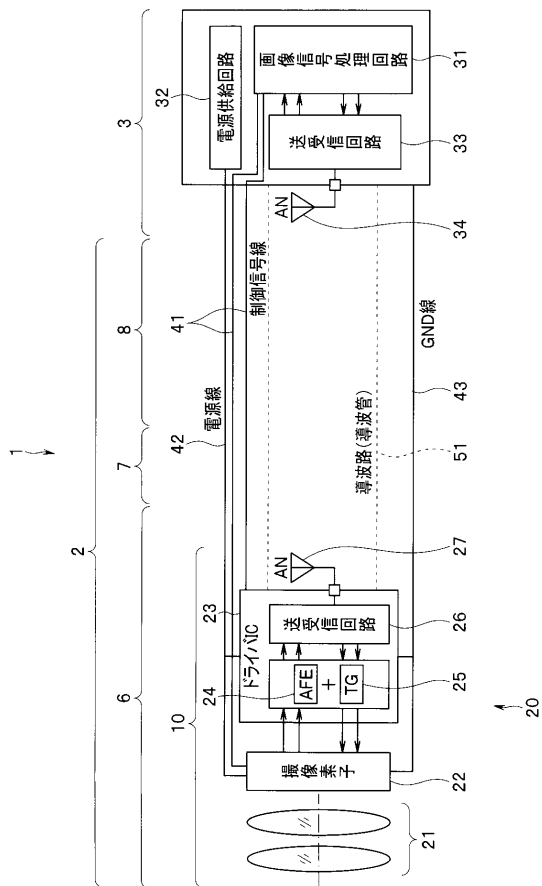
50

- 3 3 : 送受信回路
- 3 4 : 送受信アンテナ
- 4 1 : 制御信号線
- 4 2 : 電源線
- 4 3 : G N D 線
- 5 1 : 可撓性導波管 (導波路)
- 5 2 : 内部誘電体
- 5 3 : 外部導体
- 6 1 : 粒子
- 6 2 : 隙間
- 6 3 : 小径粒子

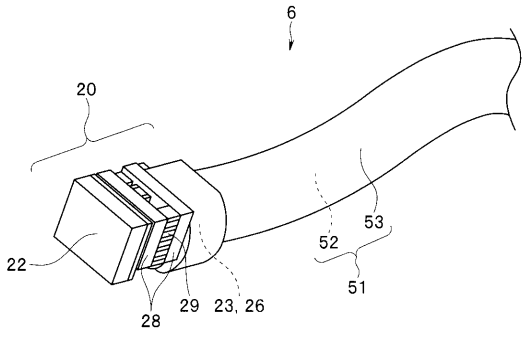
【 図 1 】



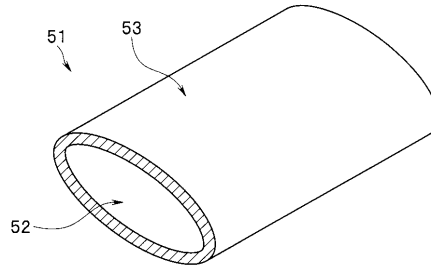
【 図 2 】



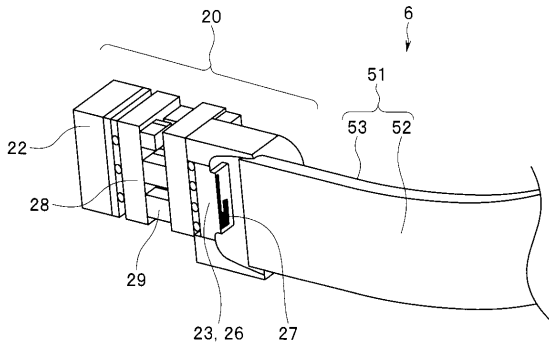
【 図 3 】



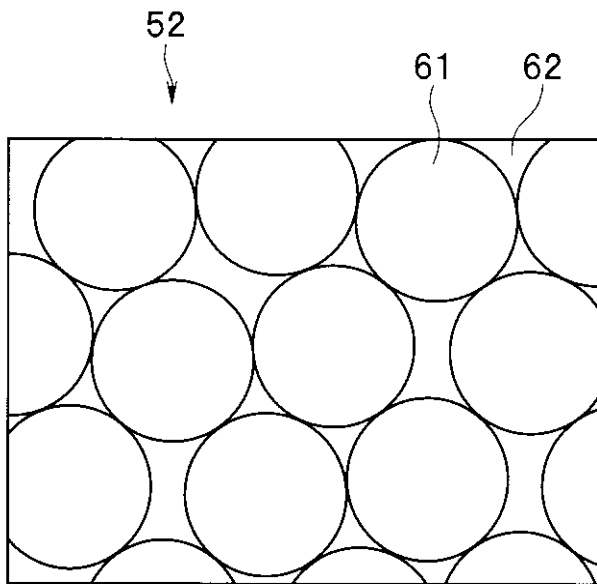
【 図 5 】



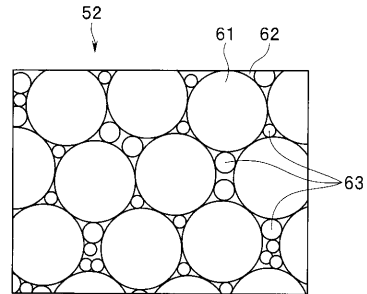
【 図 4 】



【 図 6 】



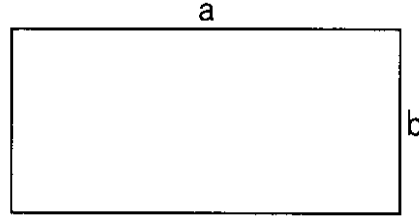
【 図 7 】



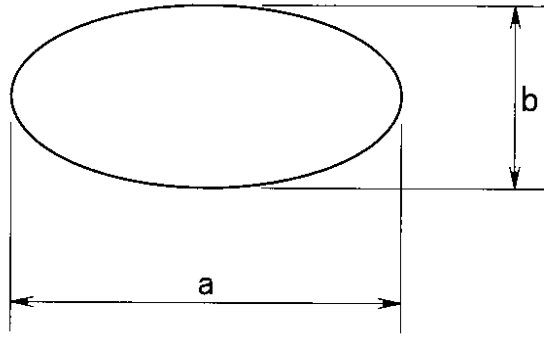
【 図 8 】

周波数帯域 [GHz]	波長帯域 [mm]	標準導波管内径寸法 [mm]	内部誘電体がある場合の標準導波管内径寸法[mm]		
			$\epsilon_r = 3.8$	$\epsilon_r = 4.0$	$\epsilon_r = 5.0$
17.6 ~ 26.7	11.24 ~ 17.05	10.67 x 4.32	5.47 x 2.22	5.33 x 2.16	4.77 x 1.93
21.7 ~ 33.0	9.09 ~ 13.82	8.64 x 4.32	4.43 x 2.22	4.32 x 2.16	3.86 x 1.93
26.4 ~ 40.0	7.50 ~ 11.36	7.11 x 3.56	3.65 x 1.82	3.56 x 1.78	3.18 x 1.59
32.9 ~ 50.1	5.99 ~ 9.12	5.69 x 2.85	2.92 x 1.46	2.85 x 1.42	2.55 x 1.27
39.2 ~ 59.6	5.03 ~ 7.65	4.78 x 2.39	2.45 x 1.23	2.39 x 1.19	2.14 x 1.07
49.8 ~ 75.8	3.96 ~ 6.02	3.76 x 1.88	1.93 x 0.96	1.88 x 0.94	1.68 x 0.84
60.5 ~ 91.9	3.26 ~ 4.96	3.10 x 1.55	1.59 x 0.79	1.55 x 0.78	1.39 x 0.69
73.8 ~ 112.0	2.68 ~ 4.07	2.54 x 1.27	1.30 x 0.65	1.27 x 0.64	1.14 x 0.57
92.2 ~ 140.0	2.14 ~ 3.25	2.03 x 1.02	1.04 x 0.52	1.02 x 0.51	0.91 x 0.45

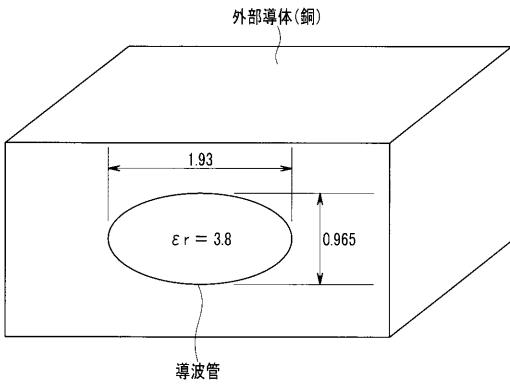
【 図 9 】



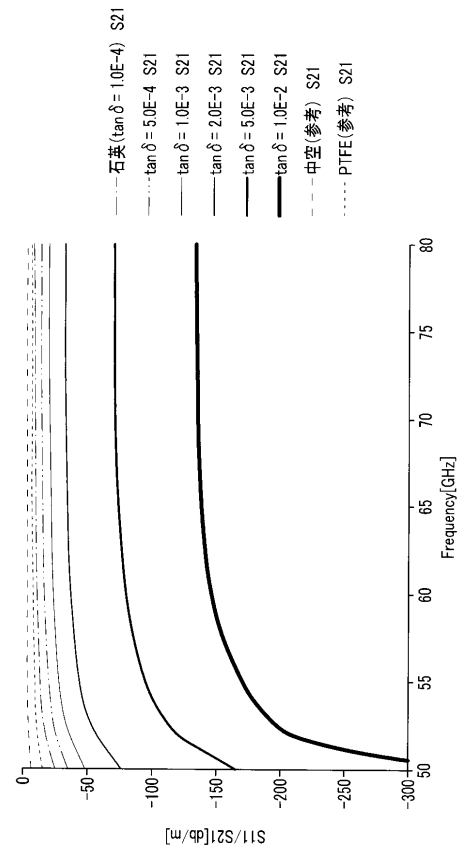
【 図 10 】



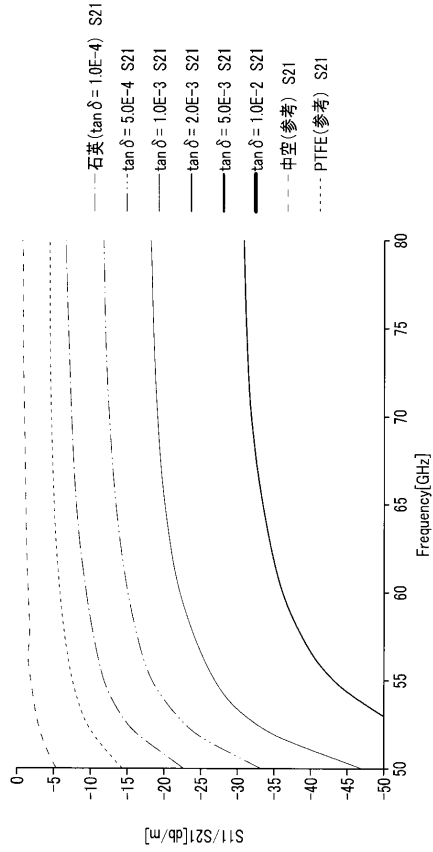
【 図 11 】



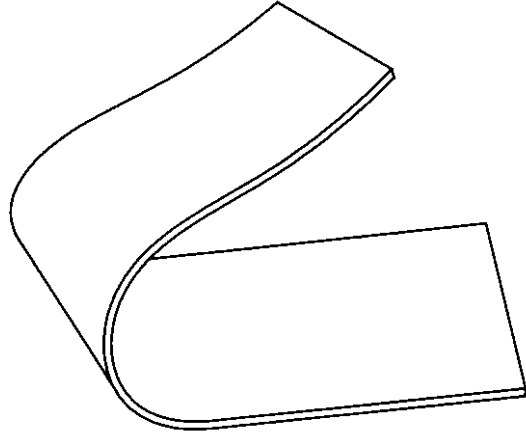
【 図 12 】



【 図 1 3 】



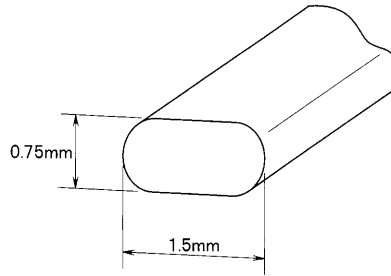
【 図 1 4 】



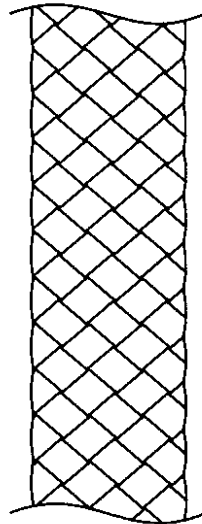
【 図 1 5 】

材質	実施例					比較例				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
α-Al2O3	42	46	52	61	70	40	37	72	74	54
PTFE	19	21	17	20	23	19	17	23	24	17
空気	39	33	31	19	7	41	46	5	2	29
比較電率	4.7	5.0	5.5	6.3	7.0	4.5	4.2	7.2	7.4	5.7
特性 (※1)	0.00006	0.00007	0.00006	0.00007	0.00021	0.00006	0.00005	0.00065	0.0015	0.0024
誘電正接	○~△	○	○	○	○	△~×	×	○	△	○
可操性	○	○	○	○	○	○	×	○	△	○

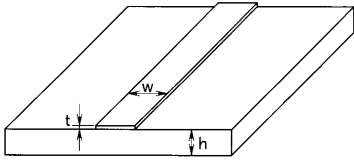
【 図 1 6 】



【 図 1 7 】



【 図 18 】



 フロントページの続き

(51)Int.Cl.				F I				テーマコード(参考)
H 0 1 B	3/00	(2006.01)		C 0 8 J	9/00	C E W A	5 G 3 0 5	
H 0 1 B	3/44	(2006.01)		H 0 1 B	3/00	A		
				H 0 1 B	3/44	C		

Fターム(参考) 4F074 AA39 AC19 AC20 AC28 AC32 AC33 AE06 AG01 AG20 AH04
 CA01 CC02Y CC03Y CC04X CC22X CC34Y DA02 DA03 DA47
 4J002 BD151 DE076 DE146 DF016 DJ016 DK006 FD016 GQ00
 5G303 AA10 BA12 CA01 CA09 CB01 CB02 CB17 CB30 CC02 CD01
 5G305 AA20 AB08 BA15 CA38 CC02 CD01

专利名称(译)	介电混合材料，包括介电混合材料的柔性波导，具有柔性波导的图像传输装置，具有柔性波导的内窥镜，以及内窥镜系统		
公开(公告)号	JP2018099172A	公开(公告)日	2018-06-28
申请号	JP2016245632	申请日	2016-12-19
[标]申请(专利权)人(译)	奥林巴斯株式会社		
申请(专利权)人(译)	奥林巴斯公司		
[标]发明人	渡邊正		
发明人	渡邊 正		
IPC分类号	A61B1/04 G02B23/24 C08L27/18 C08K3/00 C08J9/00 H01B3/00 H01B3/44		
CPC分类号	A61B1/00 A61B1/04 C08J9/00 C08K3/00 C08L27/18 G02B23/24 H01B3/00 H01B3/44 H01P3/12		
FI分类号	A61B1/04.362.J G02B23/24.A G02B23/24.B C08L27/18 C08K3/00 C08J9/00.CEW.A H01B3/00.A H01B3/44.C C08J9/00.ACE.W C08K3/013		
F-TERM分类号	2H040/CA11 2H040/CA27 2H040/DA17 2H040/GA02 2H040/GA10 4C161/AA01 4C161/CC06 4C161/FF45 4C161/JJ01 4C161/JJ19 4C161/LL02 4C161/UU03 4C161/UU06 4F074/AA39 4F074/AC19 4F074/AC20 4F074/AC28 4F074/AC32 4F074/AC33 4F074/AE06 4F074/AG01 4F074/AG20 4F074/AH04 4F074/CA01 4F074/CC02Y 4F074/CC03Y 4F074/CC04X 4F074/CC22X 4F074/CC34Y 4F074/DA02 4F074/DA03 4F074/DA47 4J002/BD151 4J002/DE076 4J002/DE146 4J002/DF016 4J002/DJ016 4J002/DK006 4J002/FD016 4J002/GQ00 5G303/AA10 5G303/BA12 5G303/CA01 5G303/CA09 5G303/CB01 5G303/CB02 5G303/CB17 5G303/CB30 5G303/CC02 5G303/CD01 5G305/AA20 5G305/AB08 5G305/BA15 5G305/CA38 5G305/CC02 5G305/CD01		
代理人(译)	伊藤 进 长谷川 靖 ShinoUra修		
其他公开文献	JP2018099172A5		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：提供充分满足高介电常数，小介电正切和适当柔性三种条件的介电混合材料，以及用于毫米波（包括亚毫米波）区域的柔性波导提供。一种介电混合材料，用作柔性波导51中的内部电介质52的构成材料，柔性波导51是信号传输路径，是一种介电常数高于非极性树脂的晶体混合粉末，非极性树脂，设置在晶体粉末61和63之间的间隙62中，并且孔布置在相同的间隙62中，占介电混合材料体积的5-40%（体积），并且在任一种情况下，孔的尺寸都是通过信号传输路径传播的波长的1/50或更小。点域7

