

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2008年2月7日 (07.02.2008)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2008/015772 A1

- (51) 国際特許分類:
H01P 3/12 (2006.01) H01P 7/10 (2006.01)
H01P 7/04 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2007/000668
- (22) 国際出願日: 2007年6月21日 (21.06.2007)
- (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2006-208789 2006年7月31日 (31.07.2006) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 国立
大学法人京都大学 (KYOTO UNIVERSITY) [JP/JP];
〒6068501 京都府京都市左京区吉田本町3番地1
Kyoto (JP).
- (72) 発明者: および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 岩下 芳久

(IWASHITA, Yoshihisa) [JP/JP]; 〒6110011 京都府宇
治市五ヶ庄国立大学法人京都大学化学研究所内
Kyoto (JP). 田島裕二郎 (TAJIMA, Yujiro) [JP/JP]; 〒
6110011 京都府宇治市五ヶ庄国立大学法人京都大学
化学研究所内 Kyoto (JP).

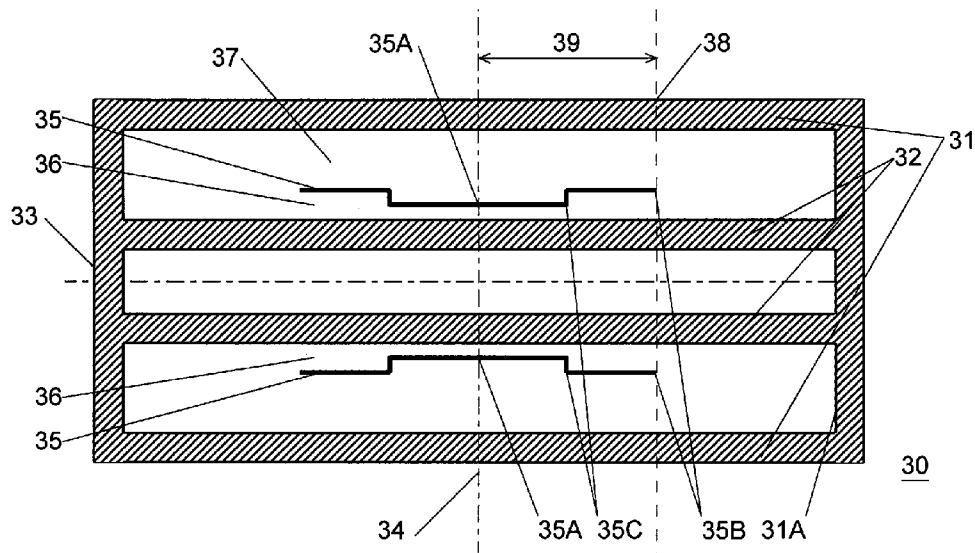
(74) 代理人: 小林良平 (KOBAYASHI, Ryohei); 〒6008091
京都府京都市下京区東洞院通四条下ル元恵王子町
37番地 豊元四条烏丸ビル7階 小林特許商標事務
所 Kyoto (JP).

(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, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH,
BR, BW, BY, BZ, CA, CH, 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, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP,
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME,
MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,
OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK,

[続葉有]

(54) Title: WAVEGUIDE AND RESONATOR CAPABLE OF SUPPRESSING LOSSES DUE TO SKIN EFFECT

(54) 発明の名称: 表皮効果に起因する損失を抑制可能な導波管及び共振器



(57) Abstract: Provided is a waveguide and a resonator, which can suppress the losses of energy due to a skin effect. A conductor layer (35) is formed in a region between an outer tube (31) and an inner tube (32), which share a center axis (33) and are made of a conductor, and in the vicinity of the surface of the inner tube (32), and a spacer layer (or a space) (36) is formed between the surface of the inner tube (32) and the conductor layer (35). The spacer layer (36) is thicker at an end portion (35B) than at a center portion (35A) of the laminate of the spacer layer (36) and the conductor layer (35). The formation of that laminate makes it possible to suppress the loss of energy due to the skin effect. This effect becomes the more prominent as the difference in the thicknesses of the spacer layer (36) between the center portion (35A) and the end portion (35B).

(57) 要約: 本発明は、表皮効果によるエネルギーの損失を抑えることができる導波管及び共振器を提供することを目的とする。中心軸33を共有し導電体から成る外側管31と内側管32間の領域内であって内側

[続葉有]



WO 2008/015772 A1



SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US,
UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE,
IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK,
TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW,
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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG,

添付公開書類:
— 国際調査報告書

管 3 2 の表面付近に導電体層 3 5 が形成され、内側管 3 2 の表面と導電体層 3 5 の間にスペーサ層 (空間) 3 6 が形成されている。スペーサ層 3 6 は、スペーサ層 3 6 と導電体層 3 5 の積層体の中央部 3 5 A よりも端部 3 5 B の方が厚い。このような積層体を設けることにより、表皮効果によるエネルギーの損失を抑えることができる。その効果は中央部 3 5 A と端部 3 5 B でのスペーサ層 3 6 の厚さの差が大きくなる程、顕著になる。

明 細 書

表皮効果に起因する損失を抑制可能な導波管及び共振器

技術分野

[0001] 本発明は、無線通信機器、放送機器、マイクロ波・高周波機器、粒子の加速器等の多くの分野において用いられる、電磁波の導波管あるいは共振器に関し、特にそれらにおいて生じる表皮効果に起因するエネルギーの損失を抑制するための技術に関する。

背景技術

[0002] 従来より、マイクロ波帯やミリ波帯といった高周波帯において用いられる電磁波の導波管や共振器において、表皮効果によりエネルギーの損失が生じるという問題が生じていた。表皮効果は、交流電流が導電体の表面付近、即ち表面から表皮厚さ $\delta = (2/\omega \mu \sigma)^{1/2}$ までの領域にのみ集中する現象をいう（ここで、 ω は交流電流の周波数、 μ は導電体の透磁率、 σ は導電体の電気伝導率である。）。表皮効果により消費される（即ち損失となる）電力 P は、導体内の電流分布 i を用いて、

$$P = \int |i|^2 / \sigma dV \quad \dots (1)$$

と表される。

[0003] (1) 式より、消費電力 P を抑制するために、(i) 電気伝導率 σ を大きくすること、及び(ii) 電流分布 i を制御することが考えられる。このうち電気伝導率 σ については、多くの導波管や共振器で用いられている銅 ($\sigma = 5.96 \times 10^7 \text{ S/m}$) よりも電気伝導率が高い導電体は、実用上、銀 ($\sigma = 6.30 \times 10^7 \text{ S/m}$) しかなく、たとえ銀を用いたとしても消費電力 P はせいぜい4%程度しか向上させることができない。そのため、電流分布 i を制御することを検討する必要がある。

[0004] 特許文献1には、内部が誘電体で満たされた誘電体共振器において、このようなエネルギーの損失を抑制するために、導電体薄膜と誘電体薄膜が交互に積層した薄膜多層電極を用いることが記載されている。その際、各導電体薄膜及び誘電体薄膜の厚さを最適値にすることにより、各導電体薄膜に電流

をバランスよく配分し、それにより表皮効果を緩和することができる、とされている。

[0005] また、特許文献2には、特許文献1と同様の誘電体共振器において、薄膜多層電極の各層の面積を共振器の外側から内側にかけて順に小さくすることが記載されている。これにより、各導電体層に流れる実電流を略等しくすることができ、損失を最小限に抑えることができる、とされている。このような薄膜多層電極の一例を、図1を用いて説明する。図1(a)はその薄膜多層電極11及び12を用いた誘電体共振器10の縦断面図であり、(b)は薄膜多層電極11の上面図である。誘電体共振器10は、電磁波が存在する部分となる円柱状の共振器誘電体13の上下に薄膜多層電極11及び12を挟んで成る。薄膜多層電極11は、円板状の導電体111の上に、それよりも外径が小さく中心に孔が設けられた層間誘電体112を載置し、更に層間誘電体112の上にそれと同じ形状の導電体113を載置したものである。薄膜多層電極12も薄膜多層電極11と同様の構成を有する。

[0006] 特許文献1：国際公開第95/006336号パンフレット

特許文献2：特開2004-120516号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0007] 本願発明者は、層間誘電体112、122の誘電率 ϵ_a と共振器誘電体13の誘電率 ϵ_b の比である ϵ_a/ϵ_b による誘電体共振器10のQ値の変化を計算で求めた。その結果を図2のグラフに示す。このグラフの縦軸は、誘電体共振器10のQ値を、薄膜多層電極11及び12の代わりに通常の電極を用いた誘電体共振器のQ値である Q_0 で除した値で示した。 Q/Q_0 が大きいほどエネルギーの損失が小さく、 Q/Q_0 が1よりも大きい場合には通常の電極を用いた場合よりもエネルギーの損失が小さいといえる。

[0008] 図2によれば、層間誘電体の誘電率 ϵ_a が小さいほどエネルギーの損失が小さくなるという傾向がみられる。そして、薄膜多層電極を用いてエネルギーの損失を抑制することができるのは ϵ_a/ϵ_b が約0.5よりも小さい場合に限られ

る。このような誘電率の条件は、内部が空洞である空洞共振器及び導波管では満たすことが困難である。即ち、そのような空洞共振器及び導波管では、特許文献 1 及び 2 に記載のものと同様の構成によりエネルギーの損失を抑えることが困難である。また、特許文献 1 及び 2 に記載の誘電体共振器では、共振空間の誘電体よりも誘電率が低い層間誘電体を用いることにより上記誘電率の条件を満たすことは可能であるが、共振空間の誘電体の材料と層間誘電体の材料の組み合わせに制約が生じる。

[0009] 一方、共振器や導波管において、電磁波のエネルギーの損失を増加させれば、その共振器の共振周波数や導波管の伝搬周波数を持つ電磁波をカットするフィルタとして用いることができる。

[0010] 本発明が解決しようとする課題は、表皮効果によるエネルギーの損失量を制御することが可能な導波管及び共振器を提供することである。

課題を解決するための手段

[0011] 上記課題を解決するために成された本発明に係る導波管は、
導波管の伝播空間側表面に設けた空洞又は誘電体から成るスペーサ層と該スペーサ層の表面に設けた導電体から成る層を有し、該スペーサ層の厚さが該導電体における表面電流の方向に関して中央部よりも両端部の方が大きくなるように形成されていることを特徴とする。

[0012] また、本発明に係る共振器は、
共振器の共振空間側表面に設けた空洞又は誘電体から成るスペーサ層と該スペーサ層の表面に設けた導電体から成る層を有し、該スペーサ層の厚さが該導電体における表面電流の方向に関して中央部よりも両端部の方が大きくなるように形成されていることを特徴とする。

[0013] 前記導波管の伝播空間あるいは前記共振器の共振空間は空洞であってもよいし（空洞共振器）、誘電体が満たされていてもよい（誘電体共振器）が、前述のように特許文献 1 及び 2 に記載の構成ではエネルギーの損失を抑制することが困難である空洞共振器の方が、本発明の効果がより顕著である。

[0014] 前記導波管あるいは前記共振器には、同軸に配置された外側管及び内側管

から成るものを用いることができる。この場合には、外側管と内側管の間の空間が前記伝播空間あるいは共振空間に該当し、外側管の内表面あるいは内側管の外表面が前記伝播空間側表面あるいは共振空間側表面に該当する。この場合、導電体層及びスペーサ層は内側管の外表面及び外側管の内表面の双方に設けることが望ましい。

発明の効果

[0015] 本発明に係る導波管及び共振器によれば、スペーサ層の厚さがその中央部よりも両端部の方が大きくなるように形成されていることにより、スペーサ層が一様な厚さで形成されている場合よりも、導波管又は共振器の内表面と導電体層とスペーサ層から成る等価回路の共振周波数が大きくなり、スペーサ層の誘電率を小さくすることと同様の効果が得られる。これにより、従来よりも容易に、表皮効果によるエネルギーの損失を抑制することができる。特に、従来、エネルギーの損失を抑えることが困難であった、伝播空間が空洞である導波管や共振空間が空洞である共振器においても、本発明によりそれが可能になった。

[0016] また、導電体層やスペーサ層の厚さや面積によっては、電磁波のエネルギーの損失を増加させることもできる。その場合、本発明の共振器あるいは導波管はその共振周波数あるいは導波管の伝搬周波数を持つ電磁波をカットするフィルタとして用いることができる。

図面の簡単な説明

[0017] [図1]従来の誘電体共振器の一例を示す縦断面図(a)及び薄膜多層電極の一例を示す上面図(b)。

[図2]薄膜多層電極を有する共振器のQ値を計算で求めた結果を示すグラフ。

[図3]本発明における導電体層及びスペーサ層の一例を示す縦断面図。

[図4]スペーサ層24内に形成される電磁波の電場及び磁場の振動方向を示す図、並びに壁22、導電体層23及びスペーサ層24から形成される等価回路を示す図(b)。

[図5]本発明の一実施例に係る同軸共振器30の外観図。

[図6] 同軸共振器 30 の軸方向断面図。

[図7] スペーサ層 36 内の電磁波の周波数を計算した結果を示す図。

[図8] スペーサ層 36 内の電磁波の周波数を計算した結果を示すグラフ。

[図9] 本実施例の同軸共振器における、Q値の測定条件を示す縦断面図(a)、Q値の測定結果、Q値の計算結果及び周波数の測定結果を示すグラフ(b)。

[図10] 同軸共振器 30 の変形例を示す軸方向断面図。

[図11] 本発明の一実施例に係る誘電体共振器 40 の縦断面図。

[図12] 本発明の一実施例に係る円形導波管 50 の断面図。

符号の説明

- [0018] 10、40…誘電体共振器
11、12、41、42…薄膜多層電極
111、113、121、123…導電体
112、122…層間誘電体
12…薄膜多層電極
13…共振器誘電体
21…内部空間
22…導電体から成る壁
23、35、413、423、53…導電体層
23A、35A、44A…導電体層の中央部
23B、35B、44B、44C…導電体層の端部
23C…導電体層の中間点
24、36、412、422、52…スペーサ層
26…コンデンサ
27…コイル
30、30A…同軸共振器
31…外側管
31A…外側管及び内側管の端面
32…内側管

３３…中心軸

３４…中心軸３３に垂直な断面

３５ＡＢ…導電体層の中央部３５Ａと端部３５Ｂの距離

３５Ｃ…導電体層の段差

３５１…外側導電体層

３６１…外側スペーサ層

３６Ａ…ポリイミドフィルム

３６Ｂ…ポリエチレンメッシュ

３７…空洞

５０…円形導波管

発明を実施するための最良の形態

[0019] 本発明に係る導波管及び共振器においては、図３に示すように、導波管において電磁波を伝播させる伝播空間又は共振器において電磁波を共振させる共振空間である内部空間２１を囲う導電体から成る壁２２の近傍に、空間２４を介して、導電体から成る導電体層２３が設けられる。壁２２には、従来の導波管や共振器で用いられているものと同様のものを用いることができる。壁２２と導電体層２３の間の空間２４が、本願におけるスペーサ層である。スペーサ層２４の厚さは、内部空間２１に電磁波が存在する時に導電体層２３を流れる表面電流の方向に関して、電流値が最大となる中央部２３Ａよりも端部２３Ｂの方が大きくなるようにされている。

[0020] スペーサ層２４は、本発明の効果を高めるために、誘電率が極力低い材料から成ることが望ましい。そのような材料として、典型的には真空が挙げられる。あるいは、装置の作製を容易にするために、空間２４に誘電体が充填されていてもよい。その誘電体には気体、液体、固体のいずれのものも用いることができるが、発泡ポリエチレン等、誘電率が真空の誘電率に近いものを用いることが望ましい。また、スペーサ層にポーラス状やメッシュ状の誘電体を用いることにより、実効的な誘電率を更に低くすることができる。

[0021] スペーサ層２４を上述の形状にするために、導電体層２３は、端部２３Ｂ

の方が壁 2 2 から遠くなるように、平坦な状態から変形した形状に形成する。そのような形状として、典型的には図 3 に示すように中央部 2 3 A と端部 2 3 B の中間点 2 3 C に段差を形成したものが挙げられる。また、中間点 2 3 C とは異なる位置に段差を設けたものや、段差を設ける代わりに中央部 2 3 A から端部 2 3 B に向かうに従って徐々に導電体層 2 3 を壁 2 2 から遠ざけたもの等も挙げられる。

[0022] なお、図 3 では導電体層 2 3 及びスペーサ層をそれぞれ 1 層のみ設けた例を示したが、これらの層を複数、交互に積層させてもよい。

[0023] 導電体層 2 3 及びスペーサ層 2 4 を設けることにより、図 1 及び図 2 に示した従来の共振器と同様に、表皮効果によるエネルギーの損失を抑制することができる。そして、その効果は、導電体層 2 3 及びスペーサ層 2 4 を上記の形状としたことにより、従来よりも顕著になる。以下に、その理由を説明する。

[0024] 内部空間 2 1 内に電磁波が存在し、スペーサ層 2 4 の幅がその電磁波の半波長程度であると、スペーサ層 2 4 内には内部空間 2 1 内の電磁場とは独立の電磁場が形成される（図 4 (a)）。壁 2 2 の内表面及び導電体層 2 3 に垂直な方向の電場の強さは端部 2 3 B 付近で最大になり、磁場の強さは中央部 2 3 A 付近で最大になる。このような電磁場が形成されることにより、スペーサ層 2 4 内の電磁場は図 4 (b) に示した等価回路で表現できる。ここで、壁 2 2、導電体層 2 3 及びスペーサ層 2 4 の構成は、端部 2 3 B 付近がコンデンサ 2 6 に該当し、中央部 2 3 A 付近がコイル 2 7 に該当する。スペーサ層 2 4 の厚さを中央部 2 3 A 付近で小さくし、端部 2 3 B 付近で大きくすることは、図 4 (b) の等価回路のコンデンサ 2 6 の静電容量 C 及びコイル 2 7 のインダクタンス L を共に小さくすることに相当する。この等価回路の共振周波数は $C^{-1/2}$ 及び $L^{-1/2}$ に比例するため、このように静電容量 C 及びインダクタンス L を小さくすることによりその等価回路の共振周波数は大きくなる。共振周波数が大きくなることは、スペーサ層 2 4 の誘電率が小さくなることと等価である。

このようにスペーサ層 2 4 の誘電率が等価的に小さくなることにより、図 2 に示したように表皮効果に起因するエネルギーの損失を抑制することができる。そのため、本発明において導電体層 2 3 及びスペーサ層 2 4 を上記の形状としたことにより従来よりもエネルギーの損失を小さくすることができる。

- [0025] 導電体層 2 3 に垂直な方向の電場及び導電体層 2 3 に平行な磁場の成分は中間点 2 3 C を境界として中央部 2 3 A 側では磁場が、端部 2 3 B 側では電場が、それぞれ強くなるため、導電体層 2 3 はこの中間点 2 3 C に段差を設けたものであることが望ましい。

実施例

- [0026] (1) 同軸共振器の実施例

本発明の一実施例である同軸共振器の一例を、図 5 ～図 6 を用いて説明する。図 5 は本実施例の同軸共振器 3 0 の外観図であり、図 6 は同軸共振器 3 0 の軸方向断面図である。なお、図 6 の軸方向断面図では説明の都合上、その断面の縦方向を拡大して示した。外側管 3 1 及び内側管 3 2 は導電体から成り互いに径が異なる管であって、中心軸 3 3 を共有する同軸状に配置されている。これら外側管 3 1 及び内側管 3 2 の間の領域は TEM モードの電磁波を共振させる空洞 3 7 となり、これら外側管 3 1 及び内側管 3 2 が空洞 3 7 の壁を構成する。

- [0027] 内側管 3 2 の外表面近傍に、内側管 3 2 を取り巻くように、導電体から成る導電体層 3 5 が配置されている。導電体層 3 5 は、外側管 3 1 の両端面から等距離にある、中心軸 3 3 に垂直な断面 3 4 を中心として対称な形状を有する。導電体層 3 5 の端部 3 5 B は外側管 3 1 及び内側管 3 2 の端面 3 1 A と断面 3 4 から等距離の位置にある。そして、導電体層 3 5 の中央部 3 5 A と端部 3 5 B の中間に、導電体層 3 5 が端部 3 5 B 側よりも中央部 3 5 A 側の方が内側管 3 2 に近くなるように段差 3 5 C が設けられている。内側管 3 2 と導電体層 3 5 の間は空洞であり、この部分がスペーサ層 3 6 となる。

- [0028] なお、スペーサ層 3 6 内の共振周波数を高くするためにはスペーサ層 3 6

は空洞であることが望ましいが、スペーサ層 36 に誘電体を充填してもよい。その場合、まず内側管 32 の表面に接着剤となる誘電体により、段差を有するスペーサ層 36 を形成し、その上に導電体層 35 を形成する（貼り付ける）ことにより、導電体層 35 及びスペーサ層 36 を容易に作製することができる。

[0029] 本実施例の同軸共振器 30 における、スペーサ層 36 内の電磁波の周波数を計算で求めた結果を、図 7 及び図 8 を用いて説明する。この計算では、導電体層 35 の中央部 35 A から端部 35 B までの距離を 250mm とし、中央部 35 A から段差 35 C までの距離及び段差 35 C から端部 35 B までの距離をいずれも 125mm とした。そして、中央部 35 A と段差 35 C の間におけるスペーサ層 36 の厚さ d_0 を 4mm に固定し、段差 35 C と端部 35 B の間におけるスペーサ層 36 の厚さ d を $1.1d_0$ 、 $2d_0$ 、 $3d_0$ 、 $4d_0$ 、 $8d_0$ 、 $16d_0$ と変化させながら、スペーサ層 36 内の電磁波の共振周波数を計算した。

[0030] 図 7 に、厚さ d によるスペーサ層 36 内の共振周波数を計算した結果を示す。なお、図中の縦方向に延びる線は、内側管 32 の表面に垂直な方向の電気力線を示し、この線の間隔が狭くなる程、その方向の電場が強いことを示している。図 8 に、この計算結果をグラフに示す。比較例として、特許文献 2 に記載の共振器と同様に段差 35 C のない導電体層を設けた場合について計算を行ったところ、導電体層と内側管の間の共振周波数は、本実施例のいずれの計算結果よりも小さい 198MHz であった。即ち、本実施例の構成により、スペーサ層 36 内の共振周波数を従来よりも高めることができ、それにより表皮効果によるエネルギーの損失を抑制することができる。また、 d が大きくなる程、スペーサ層 36 内の共振周波数が高くなり、本発明の効果がより顕著になる。

[0031] 次に、同軸共振器 30 において、共振器の Q 値及び共振周波数を測定した結果、及びその測定条件に対応する条件を用いて計算により Q 値を求めた結果を、図 9 を用いて説明する。図 9 (a) は、測定で用いた同軸共振器 30 の中央部 35 A と、その中央部 35 A と端面 31 A の中間点 38 と、の間の領域 39

における内側管 3 2、導電体層 3 5 及びスペーサ層 3 6 を拡大して描いたものである。外側管 3 1（図示せず）は全長 2131.4mm、外径 55mm、内径 50mm であり、内側管 3 2 は全長 2428.2mm、外径 40mm（半径 20mm）、内径 36mm である。導電体層 3 5 の厚さは $5\mu\text{m}$ である。内側管 3 2、外側管、導電体層 3 5 はいずれも銅製である。スペーサ層 3 6 は、中央部 3 5 A と段差 3 5 C の間では厚さ $25\mu\text{m}$ のポリイミドフィルム 3 6 A から成り、段差 3 5 C と導電体層端部 3 5 B の間では厚さ $25\mu\text{m}$ のポリイミドフィルム 3 6 A と厚さ $300\mu\text{m}$ のポリエチレンメッシュ 3 6 B を重ねたものから成る。これら導電体層 3 5 及びスペーサ層 3 6 は、ポリイミドフィルム 3 6 A の表面に導電体層 3 5 が蒸着された市販の「メタロイヤル」（東洋メタライジング株式会社製、登録商標）をポリエチレンメッシュ 3 6 B の表面に被覆することにより作製した。。ここでは測定の都合上、段差 3 5 C は中央部 3 5 A から 150mm 離れた位置に固定し、導電体層端部 3 5 B の位置を中央部 3 5 A から 150mm（段差 3 5 C の位置）～500mm（中間点 3 8 付近）の範囲内で変化させながら測定を行った。

[0032] 測定結果及び計算結果を図 9 (b) に示す。ここで、導電体層 3 5 の中央 3 5 A と導電体層端部 3 5 B の距離 3 5 A B である。また、縦軸は、各測定点における Q 値を、導電体層 3 5 が無い時（横軸の値が 0 の時）の Q 値である Q_0 で除した値 Q/Q_0 で示した。 Q/Q_0 値は測定値と計算値がよく一致している。また、距離 3 5 A B がおおむね 330mm 以上の時に Q/Q_0 が 1 よりも大きくなる、即ち損失を抑制することができることが示された。一方、距離 3 5 A B が 330mm 未満の場合には、 Q/Q_0 が 1 よりも小さくなり、共振器の共振周波数を持つ電磁波を抑制するフィルタとして用いることができる。

[0033] 図 10 に、同軸共振器 30 の変形例である同軸共振器 30 A を示す。同軸共振器 30 A は、同軸共振器 30 と同様の外側管 3 1、内側管 3 2、導電体層 3 5 及びスペーサ層 3 6 を有し、更に、外側管 3 1 の内表面に外側導電体層 3 5 1 及び外側スペーサ層 3 6 1 を有する。外側導電体層 3 5 1 及び外側スペーサ層 3 6 1 は軸を含む断面において、導電体層 3 5 及びスペーサ層 3 6 に対して線対称な形状を有する。このような外側導電体層 3 5 1 及び外側

スペーサ層 361 を設けることにより、同軸共振器 30A は同軸共振器 30 よりも更に電力の損失を抑えることができる。

[0034] (2) 誘電体共振器の実施例

図 11 を用いて、本発明の他の実施例である誘電体共振器 40 を説明する。この誘電体共振器 40 は、図 1 に示した従来の誘電体共振器 10 と同様に、円柱状の共振器誘電体 43 の上下に薄膜多層電極 41 及び 42 を挟んで成る。また、薄膜多層電極 41 (42) が、円板状の導電体 411 (421) の上にそれよりも外径が小さく中心に孔が設けられたドーナツ状のスペーサ層 412 (422) を載置し、更にスペーサ層 412 の上にそれと同じ形状の導電体層 413 (423) を載置して成る点も誘電体共振器 10 と同様である。本実施例では、スペーサ層 412 (422) は、図 11 に示したドーナツの中心を通る縦断面において、ドーナツの内径の端面 44B 及び内径の端面 44C よりも中心 44A の方が薄くなるように形成されている。このようにスペーサ層 412 (422) が形成されていることにより、上述の同軸共振器と同様に、表皮効果によるエネルギーの損失を抑制することができる。

[0035] (3) 導波管の実施例

図 12 を用いて、本発明の他の実施例である円形導波管 50 を説明する。図 12 は円形導波管 50 の軸に垂直な断面を示している。この円形導波管 50 は TE_{11} モードの導波管であり、導電体から成る円形管 51 内の空間 52 に電磁波を軸方向に伝播させるものである。円形管 51 の内表面にその一部を覆うスペーサ層 53 を設け、スペーサ層 53 の表面に導電体層 54 を設ける。スペーサ層 53 は端部が中央部よりも厚くなるように形成されている。スペーサ層 53 及び導電体層 54 は 2 組、互いに向かい合うように配置される。このようにスペーサ層 53 が形成されていることにより、表皮効果によるエネルギーの損失を抑制することができる。

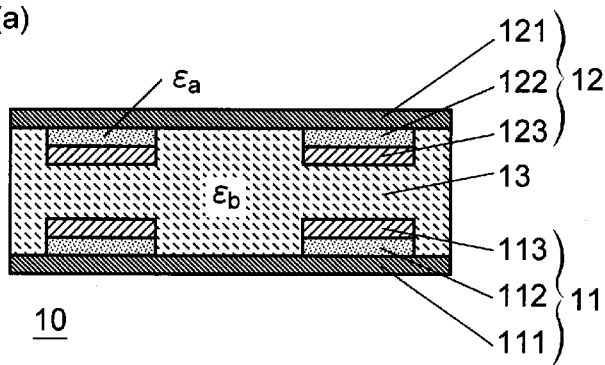
請求の範囲

- [1] 導波管の伝播空間側表面に設けた空洞又は誘電体から成るスペーサ層と該スペーサ層の表面に設けた導電体から成る層を有し、該スペーサ層の厚さが該導電体における表面電流の方向に関して中央部よりも両端部の方が大きくなるように形成されていることを特徴とする導波管。
- [2] 前記伝播空間が空洞であることを特徴とする請求項 1 に記載の導波管。
- [3] 前記導電体層及び前記スペーサ層が交互に複数積層していることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の導波管。
- [4] 前記伝播空間が同軸に配置された外側管と内側管の間の間の空間であり、前記導電体層及び前記スペーサ層が内側管の外表面及び外側管の内表面の双方に設けられていることを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載の導波管。
- [5] 共振器の共振空間側表面に設けた空洞又は誘電体から成るスペーサ層と該スペーサ層の表面に設けた導電体から成る層を有し、該スペーサ層の厚さが該導電体における表面電流の方向に関して中央部よりも両端部の方が大きくなるように形成されていることを特徴とする共振器。
- [6] 前記共振空間が空洞であることを特徴とする請求項 5 に記載の共振器。
- [7] 前記導電体層及び前記スペーサ層が交互に複数積層していることを特徴とする請求項 5 又は 6 に記載の導波管。
- [8] 前記共振空間が同軸に配置された外側管と内側管の間の間の空間であり、前記導電体層及び前記スペーサ層が内側管の外表面及び外側管の内表面の双方に設けられていることを特徴とする請求項 5 ～ 7 のいずれかに記載の共振器

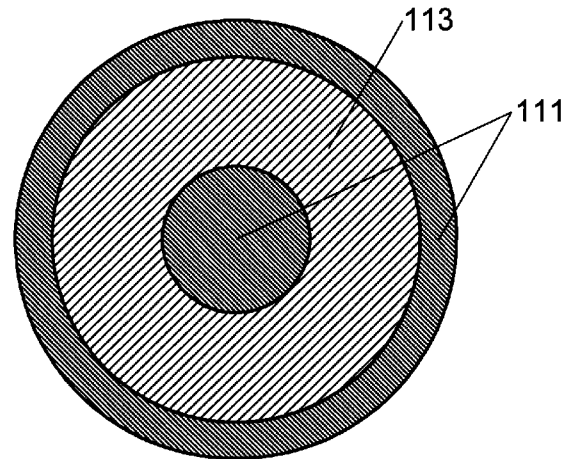
[図1]

(従来技術)

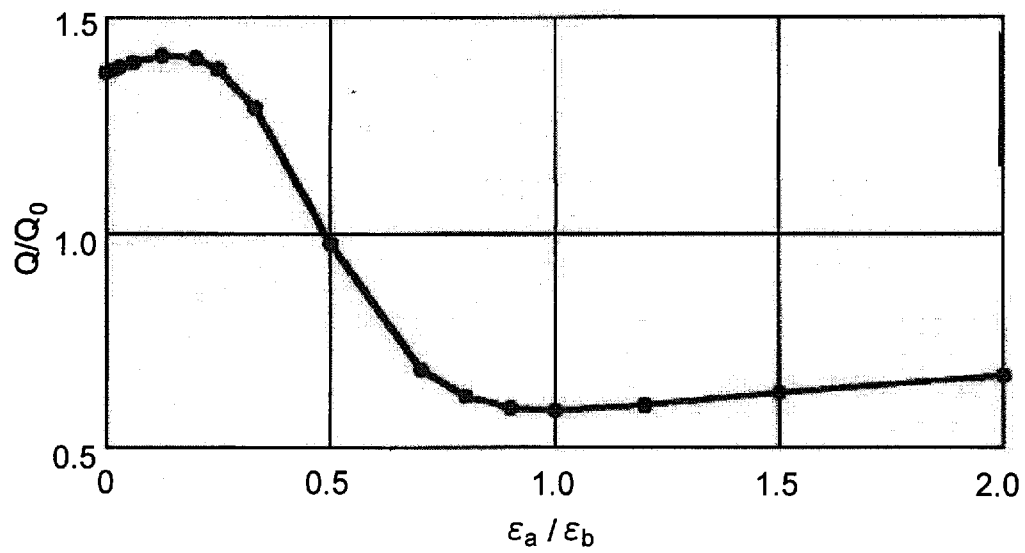
(a)



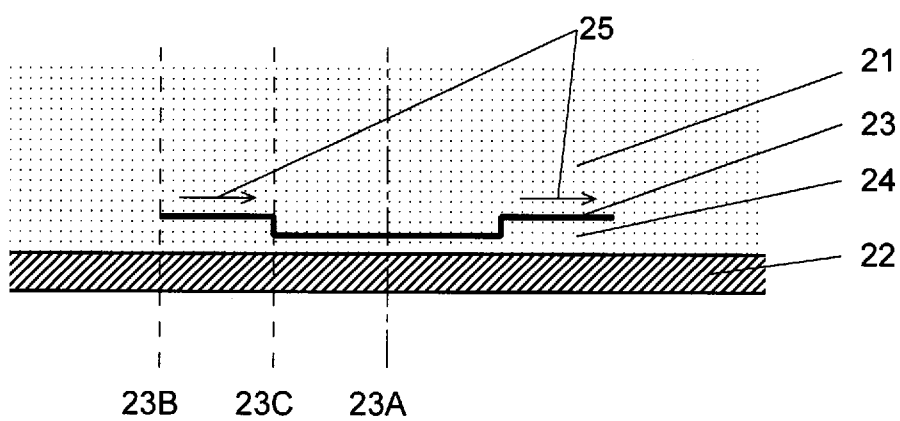
(b)



[図2]

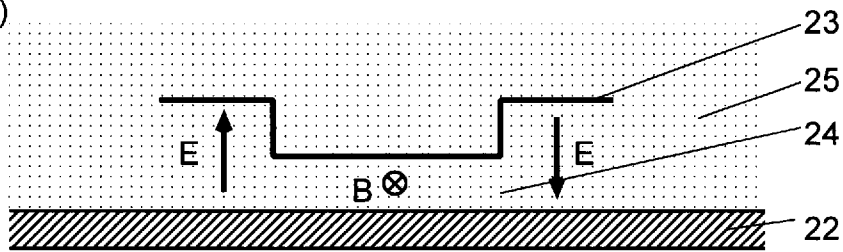


[図3]

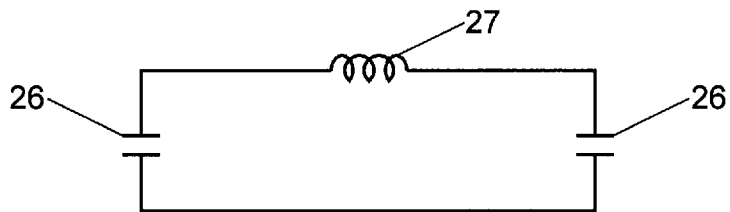


[図4]

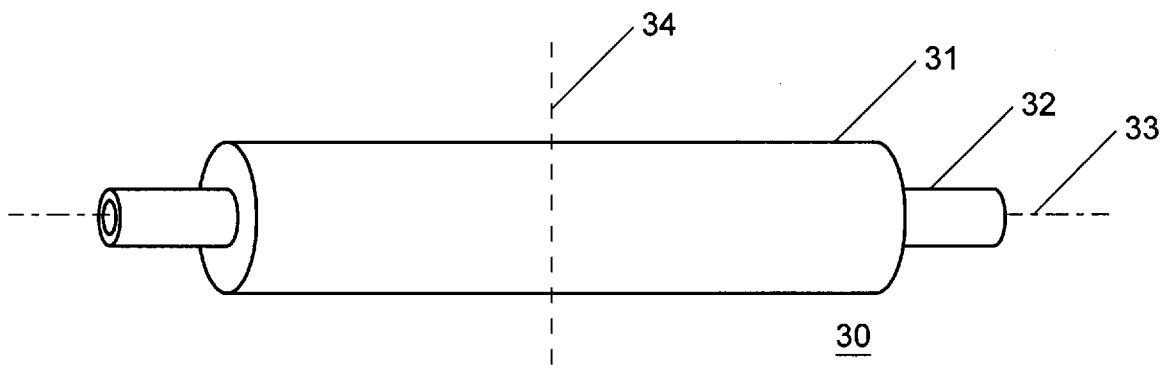
(a)



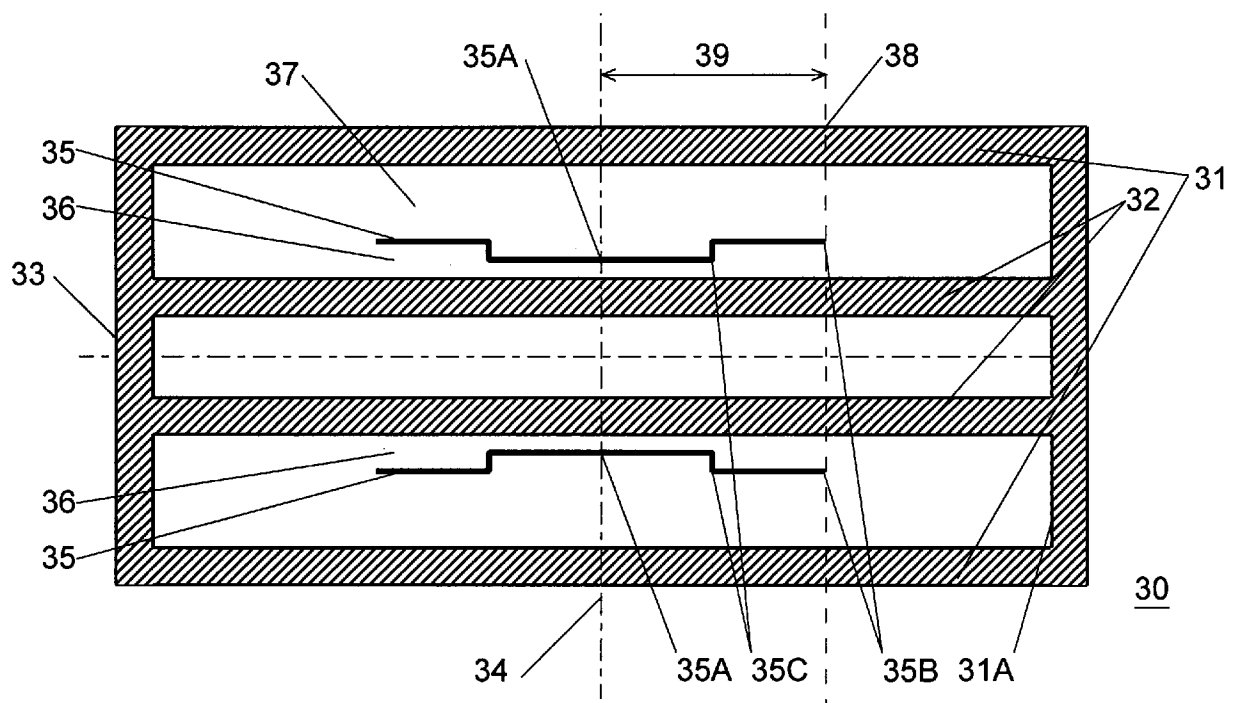
(b)



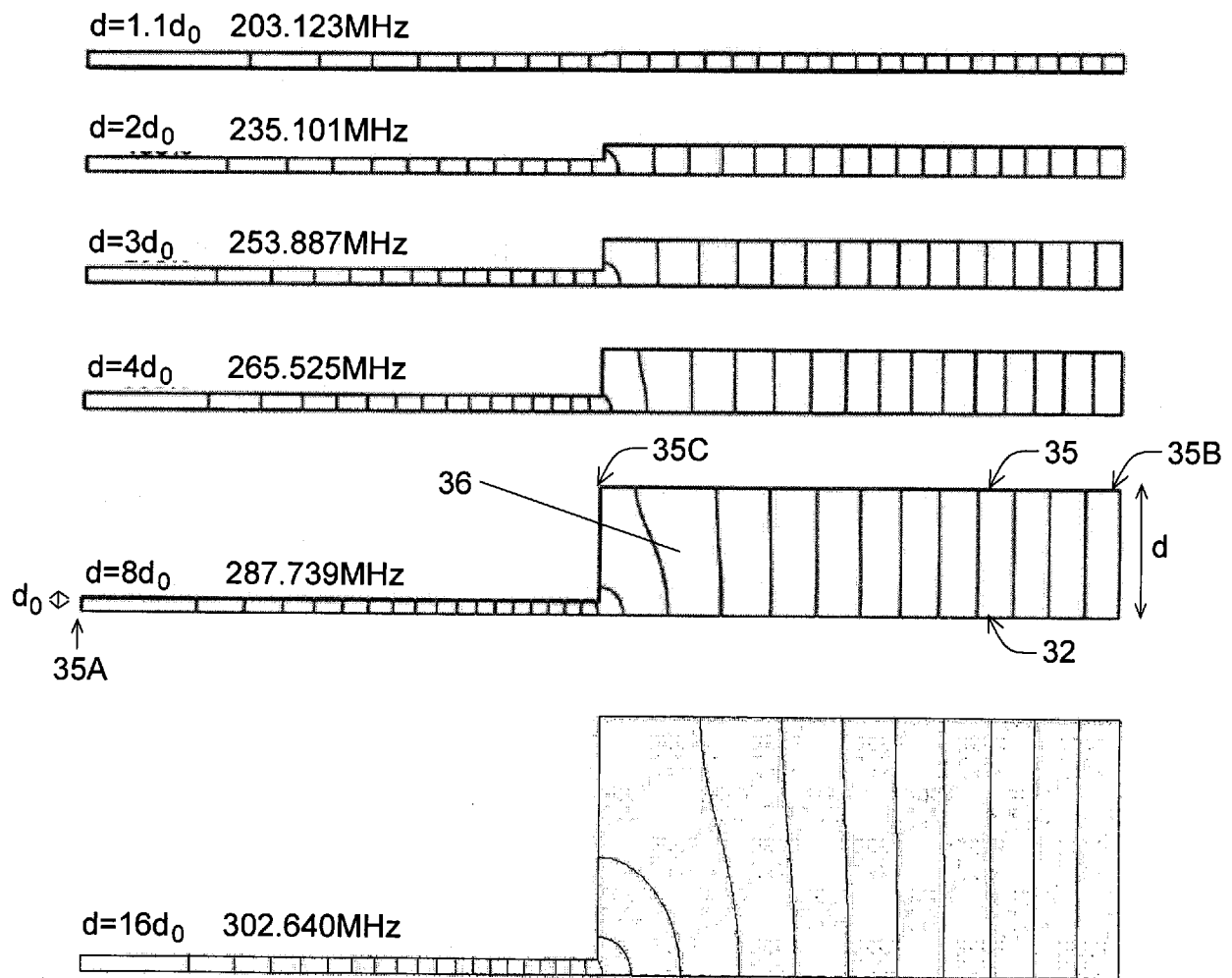
[図5]



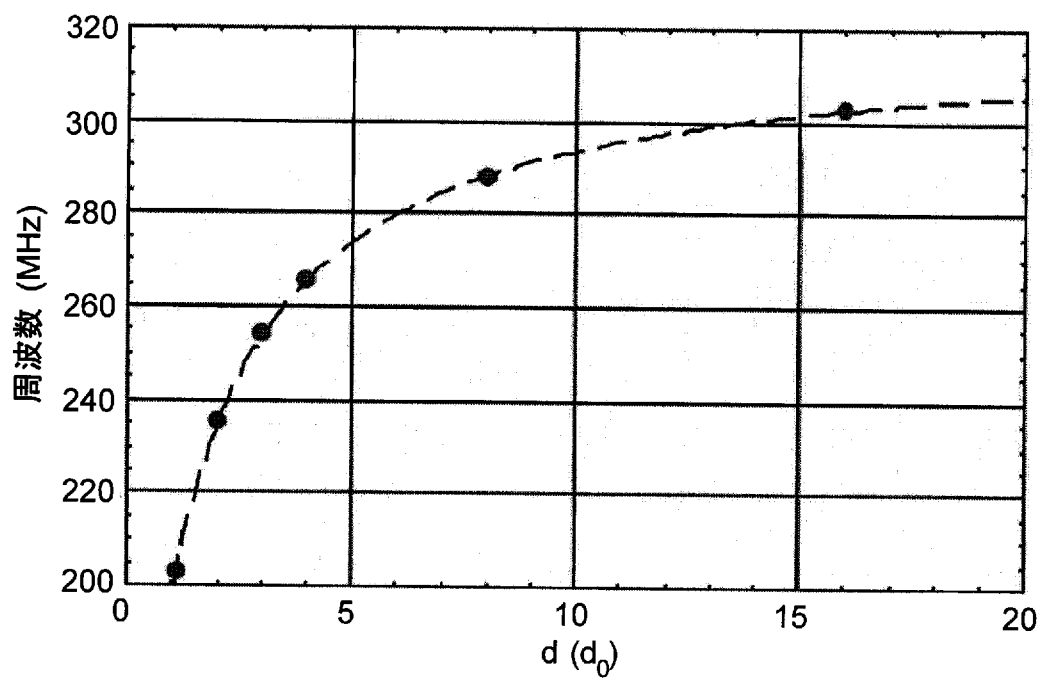
[図6]



[図7]

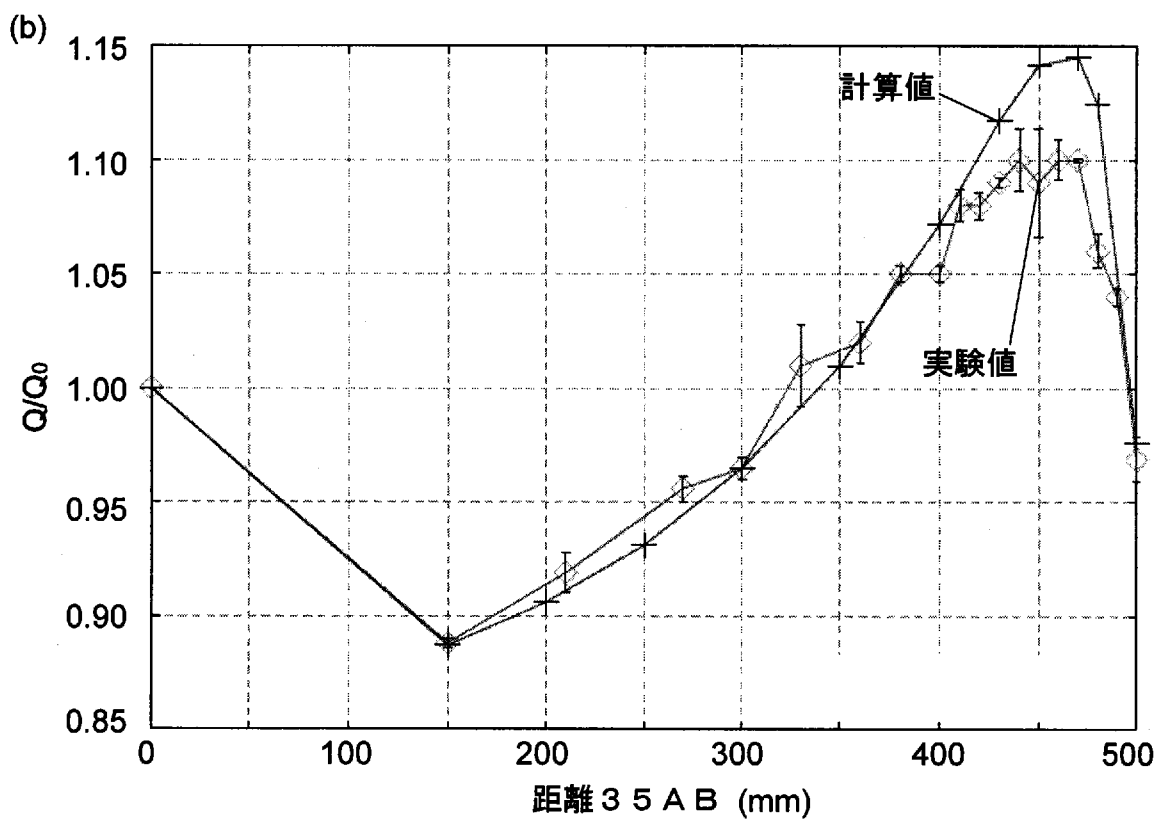
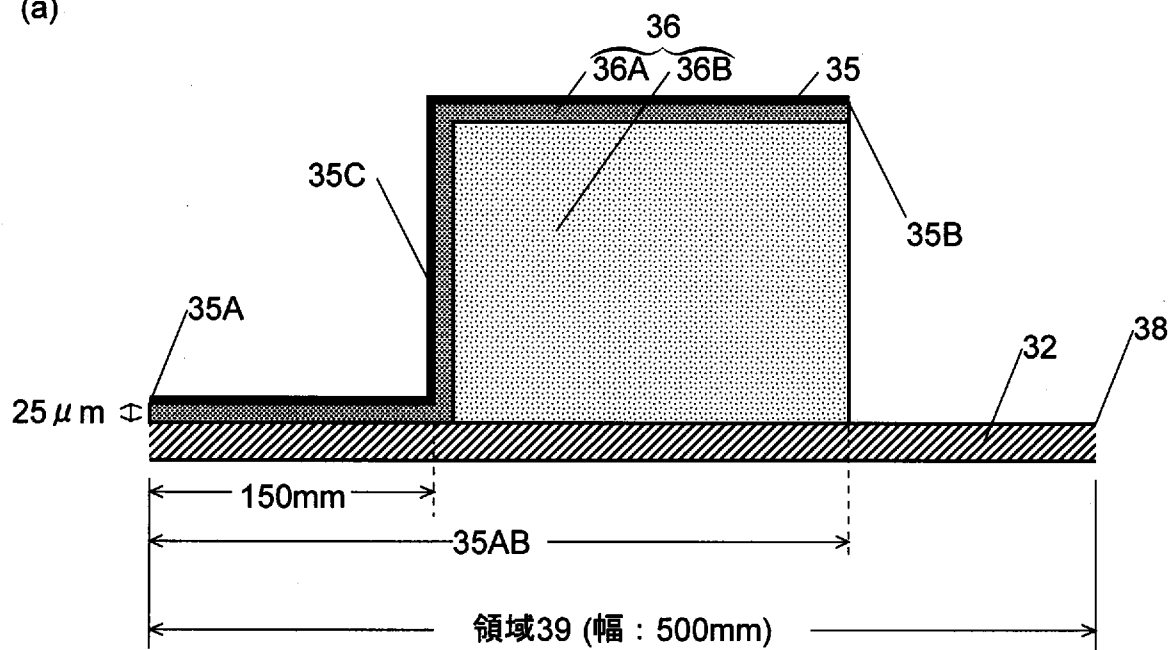


[図8]

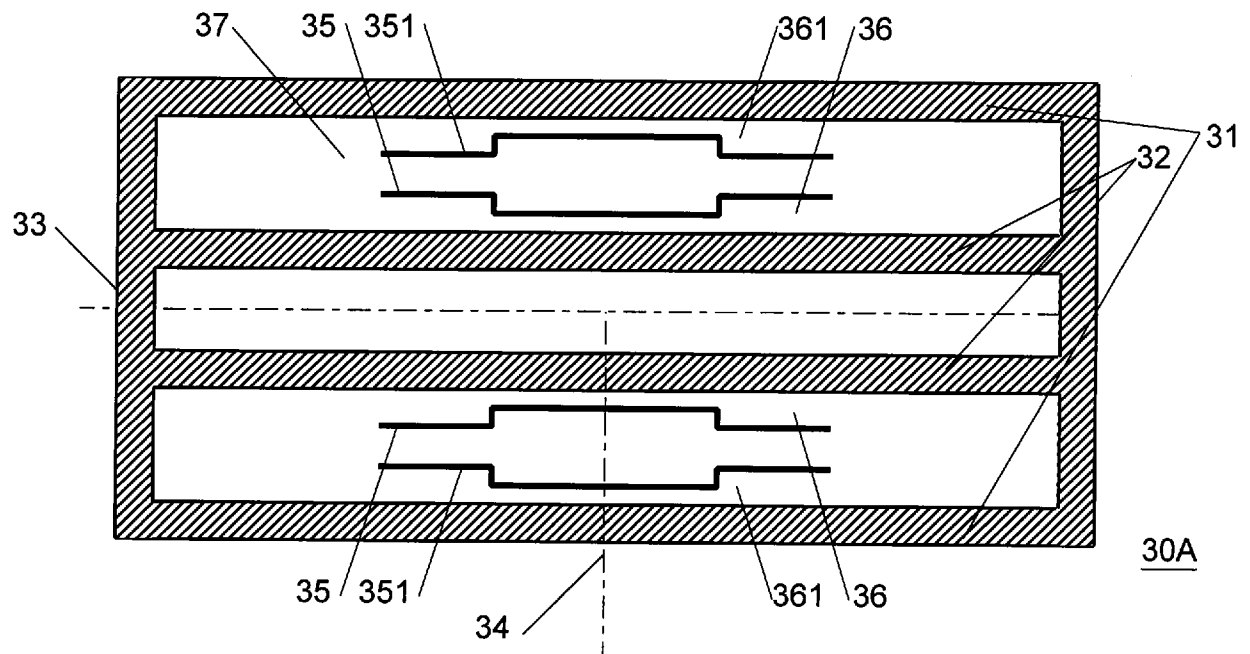


[図9]

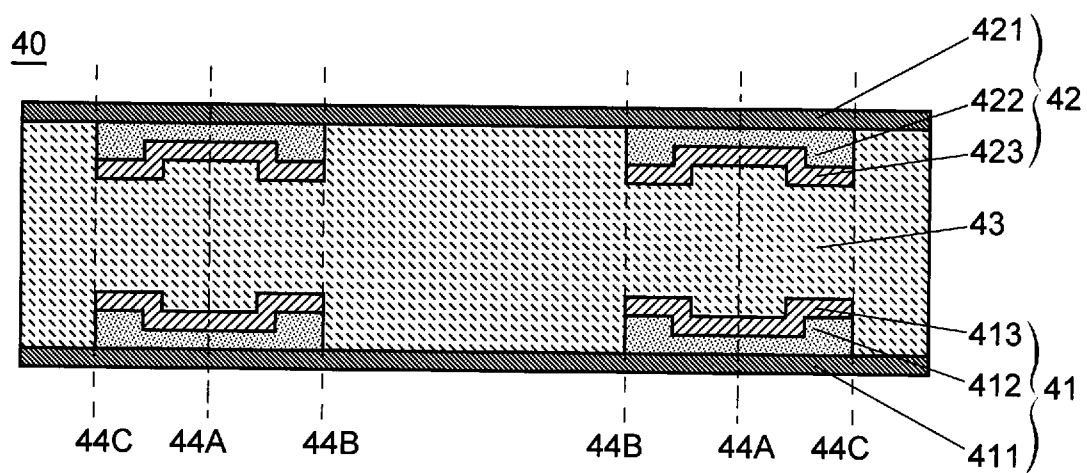
(a)



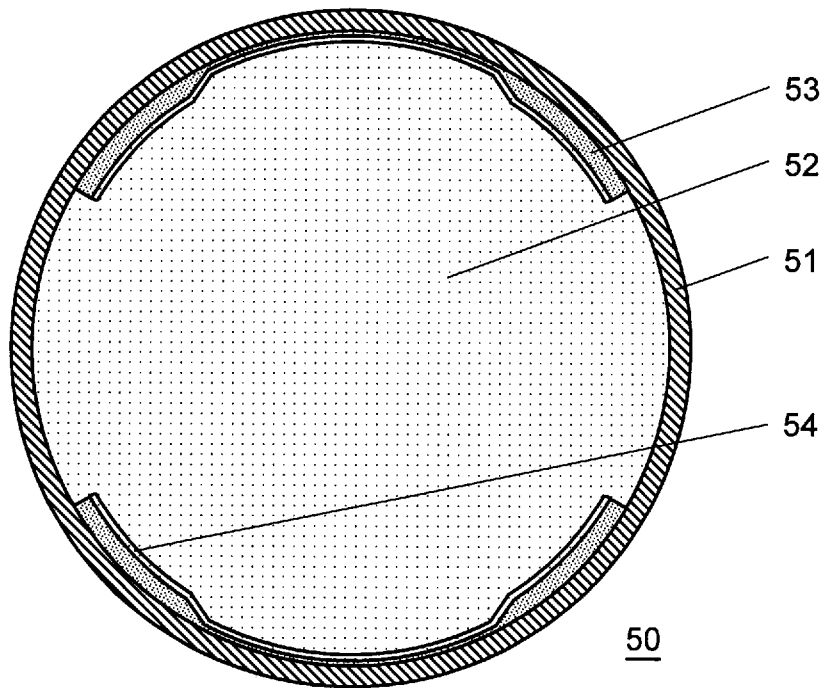
[図10]



[図11]



[図12]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2007/000668

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01P3/12(2006.01) i, H01P7/04(2006.01) i, H01P7/10(2006.01) 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, H01P7/04, H01P7/10

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	1996-2007
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2007	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2007

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

JSTPlus (JDream2)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2004-120516 A (Murata Mfg. Co., Ltd.), 15 April, 2004 (15.04.04), Full text; all drawings (Family: none)	1, 2, 4, 5, 6, 8
A	JP 48-76085 A (International Business Machines Corp.), 13 October, 1973 (13.10.73), Full text; all drawings & US 3769618 A & DE 2263486 A & FR 2165979 A	1, 2, 4
A	JP 10-229302 A (Murata Mfg. Co., Ltd.), 25 August, 1998 (25.08.98), Full text; all drawings & US 6016091 A & EP 848446 A & CN 1190269 A & DE 69722570 T	5, 6, 8

☐ 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
10 July, 2007 (10.07.07)

Date of mailing of the international search report
24 July, 2007 (24.07.07)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2007/000668

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☒ Claims Nos.: 3, 7
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
The constitution of claims 3 and 7 of "a conductor layer and a spacer layer are alternately laminated in a plurality of layers" is not concretely described in the description, and therefore, the constitution lacks the disclosure within the meaning of PCT Article 5 and (continued to extra sheet)
3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest
the

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, payment of a protest fee..
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2007/000668

Continuation of Box No.II-2 of continuation of first sheet (2)

also lacks the support by the disclosure of the description within the meaning of PCT Article 6.

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, H01P7/04(2006.01)i, H01P7/10(2006.01)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, H01P7/04, H01P7/10

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	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2007年
日本国実用新案登録公報	1996-2007年
日本国登録実用新案公報	1994-2007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)

JSTPlus(JDream2)

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 請求の範囲の番号
A	JP 2004-120516 A (株式会社村田製作所) 2004.04.15, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1, 2, 4, 5, 6, 8
A	JP 48-76085 A (インターナショナル・ビジネス・マシーンズ・コーポレーション) 1973.10.13, 全文, 全図 & US 3769618 A & DE 2263486 A & FR 2165979 A	1, 2, 4
A	JP 10-229302 A (株式会社村田製作所) 1998.08.25, 全文, 全図 & US 6016091 A & EP 848446 A & CN 1190269 A & DE 69722570 T	5, 6, 8

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

10.07.2007

国際調査報告の発送日

24.07.2007

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 100-8915

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)

岸田 伸太郎

5 T

9183

電話番号 03-3581-1101 内線 3568

第Ⅱ欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第1ページの2の続き）

法第8条第3項（PCT17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求の範囲 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。つまり、
2. ☒ 請求の範囲 3, 7 は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
請求項3, 7記載の「導体層およびスペーサ層が交互に複数層積層する」という構成は、明細書には具体的なものが一切記載されていないから、PCT第5条の意味での開示を欠き、また、PCT第6条の意味での明細書の開示による裏付けを欠いている。
3. ☐ 請求の範囲 _____ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第Ⅲ欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところの国際調査機関は認めた。

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. ☐ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- ☐ 追加調査手数料の納付を伴う異議申立てがなかった。