

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4698244号
(P4698244)

(45) 発行日 平成23年6月8日(2011.6.8)

(24) 登録日 平成23年3月11日(2011.3.11)

(51) Int. Cl.		F I	
GO 1 N	22/00	(2006.01)	GO 1 N 22/00 Y
GO 1 R	27/26	(2006.01)	GO 1 N 22/00 K
HO 1 P	7/08	(2006.01)	GO 1 R 27/26 H
			HO 1 P 7/08

請求項の数 4 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2005-26954 (P2005-26954)	(73) 特許権者	000006633
(22) 出願日	平成17年2月2日(2005.2.2)		京セラ株式会社
(65) 公開番号	特開2006-214833 (P2006-214833A)		京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地
(43) 公開日	平成18年8月17日(2006.8.17)	(72) 発明者	中山 明
審査請求日	平成19年11月19日(2007.11.19)		鹿児島県国分市山下町1番4号 京セラ株式会社総合研究所内
		(72) 発明者	吉川 博道
			鹿児島県国分市山下町1番4号 京セラ株式会社総合研究所内
		審査官	田中 洋介

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電磁氣的物性値の測定方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

誘電体基板の一方の面に共振導体が形成され、前記誘電体基板の他方の面に、前記共振導体と同じ電磁氣的物性値を有するグラウンド導体が形成された共振器を、直径0.6mm以下のループアンテナで励振検波し、前記共振器の30GHz以上の共振周波数fと無負荷Q値Quを測定し、前記共振周波数fと前記無負荷Q値Quの測定値に基づき、前記誘電体基板及び/又は前記共振導体の電磁氣的物性値を算出することを特徴とする電磁氣的物性値の測定方法。

【請求項2】

誘電体基板の一方の面に共振導体と、該共振導体と同じ電磁氣的物性値を有するグラウンド導体が形成された共振器を、直径0.6mm以下のループアンテナで励振検波し、前記共振器の30GHz以上の共振周波数fと無負荷Q値Quを測定し、前記共振周波数f及び前記無負荷Q値Quの測定値に基づき、前記誘電体基板及び/又は前記共振導体の電磁氣的物性値を算出することを特徴とする電磁氣的物性値の測定方法。

【請求項3】

誘電体基板の内部に共振導体が形成され、前記誘電体基板の両面に、前記共振導体と同じ電磁氣的物性値を有するグラウンド導体が形成された共振器を、直径0.6mm以下のループアンテナで励振検波し、前記共振器の30GHz以上の共振周波数fと無負荷Q値Quを測定し、前記共振周波数fと前記無負荷Q値Quの測定値に基づき、前記誘電体基板及び/又は前記共振導体の電磁氣的物性値を算出することを特徴とする電磁氣的物性値の

10

20

測定方法。

【請求項 4】

前記共振周波数 f 及び前記無負荷 Q 値 Q_u に基づき、前記共振導体の導電率、前記誘電体基板の比誘電率及び誘電正接のうち少なくとも一種の電磁氣的物性値を算出することを特徴とする請求項 1 乃至 3 のうちいずれかに記載の電磁氣的物性値の測定方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は電磁氣的物性値の測定方法に関するもので、特に 30GHz 以上のミリ波領域で電子部品として使用するメタライズ同時焼成誘電体基板におけるメタライズの導電率と誘電体基板の誘電定数等の測定方法に関するものである。

10

【背景技術】

【0002】

近年においては、移動体通信技術の発展、普及に伴い、マイクロ波回路構成用の誘電体基板の誘電定数測定法が強く求められている。誘電体基板のマイクロ波における誘電定数測定法は種々提案されているが、その中でも空洞共振器法（JIS R 1641、2002年制定）は高精度測定法として認知されている。空洞共振器法では基板の面方向の誘電定数が測定される。

【0003】

一方、セラミックスが電子部品として使用される場合、同時焼成技術により、メタライズとセラミックスが同時に焼成され、電子部品を構成することが多い。この場合、セラミックスの誘電定数は、セラミックスだけで焼成した場合との焼成条件の違いや、メタライズとの相互拡散により変化する可能性があるため、誘電定数測定は同時焼成体による試料で測定する必要がある。

20

【0004】

しかしながら、前記空洞共振器法で測定できる試料は誘電体単体の基板であり、メタライズと同時焼成されたセラミックス基板の測定はできない。メタライズと同時焼成されたセラミックス基板の誘電特性を測定する方法として、入出力用マイクロストリップラインからギャップ結合で励振検波されるリング共振器を利用した測定法が提案されている（例えば、非特許文献 1 参照）。

30

【非特許文献 1】Aly E. Fathy, et al., "An innovative semianalytical technique for ceramic evaluation at microwave frequencies," IEEE Trans. MTT., vol. 50, pp. 2247-2252, Oct. 2002.

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、非特許文献 1 では、共振器は入出力用マイクロストリップラインからギャップ結合で励振検波が行われており、このような方法では、励振検波効率が固定されるため、共振点のインサクションロス（例えば -20 から -50 dB）に調整することが困難であるという問題があった。

40

【0006】

さらに、近年においては、より高周波での電磁氣的物性値の測定が要求されるようになっているが、上記非特許文献 1 では 2GHz 以下での測定（共振）となっており、特に、30GHz 以上のミリ波帯では、従来の励振方法では、インサクションロスを好適な値に調整できないため、測定が困難であった。これにより、非特許文献 1 のような測定法では、30GHz 以上のミリ波帯の誘電特性を測定することが困難であった。

【0007】

本発明は、メタライズと同時焼成されたセラミックスにおける、メタライズやセラミックスの電磁氣的物性値を 30GHz 以上のミリ波帯で精度よく測定できる電磁氣的物性値の測定方法を提供することを目的とする。

50

【課題を解決するための手段】

【0013】

本発明者等は、ライン幅が0.5mm以上のリング共振器等の高次モードをループ径の小さなループアンテナで励振し、共振周波数と無負荷Qを測定することで、メタライズと同時焼成されたセラミックス基板における、セラミックスの比誘電率、誘電正接、メタライズの導電率等の電磁氣的物性値を30GHz以上のミリ波帯で精度よく測定できることを見出し、本発明に至った。

【0014】

本発明の電磁氣的物性値の測定方法は、誘電体基板の一方の面に共振導体が形成され、前記誘電体基板の他方の面に、前記共振導体と同じ電磁氣的物性値を有するグラウンド導体が形成された共振器を、直径0.6mm以下のループアンテナで励振検波し、前記共振器の30GHz以上の共振周波数fと無負荷Q値Quを測定し、前記共振周波数fと前記無負荷Q値Quの測定値に基づき、前記誘電体基板及び/又は前記共振導体の電磁氣的物性値を算出することを特徴とする。このような測定法に用いられる共振器としては、ストリップラインリング共振器、ストリップライン共振器があり、これらの共振器においてライン幅が0.5mm以上であることが望ましい。

【0015】

また、本発明の電磁氣的物性値の測定方法は、誘電体基板の一方の面に共振導体と、該共振導体と同じ電磁氣的物性値を有するグラウンド導体が形成された共振器を、直径0.6mm以下のループアンテナで励振検波し、前記共振器の30GHz以上の共振周波数fと無負荷Q値Quを測定し、前記共振周波数f及び前記無負荷Q値Quの測定値に基づき、前記誘電体基板及び/又は前記共振導体の電磁氣的物性値を算出することを特徴とする。このような測定法に用いられる共振器としては、コプレナーラインリング共振器、コプレナーライン共振器があり、コプレナーラインリング共振器、コプレナーライン共振器においてライン幅が0.5mm以上であることが望ましい。

【0016】

さらに、本発明の電磁氣的物性値の測定方法は、誘電体基板の内部に共振導体が形成され、前記誘電体基板の両面に、前記共振導体と同じ電磁氣的物性値を有するグラウンド導体が形成された共振器を、直径0.6mm以下のループアンテナで励振検波し、前記共振器の30GHz以上の共振周波数fと無負荷Q値Quを測定し、前記共振周波数fと前記無負荷Q値Quの測定値に基づき、前記誘電体基板及び/又は前記共振導体の電磁氣的物性値を算出することを特徴とする。このような測定法に用いられる共振器としては、マイクロストリップラインリング共振器、マイクロストリップライン共振器があり、マイクロストリップラインリング共振器、マイクロストリップライン共振器においてライン幅が0.5mm以上であることが望ましい。

【0017】

また、本発明の電磁氣的物性値の測定方法は、共振周波数f及び無負荷Q値Quに基づき、共振導体の導電率、誘電体基板の比誘電率及び誘電正接のうち少なくとも一種の電磁氣的物性値を算出することを特徴とする。

【0018】

本発明の電磁氣的物性値の測定方法は、リング共振器やストリップライン共振器等において、ライン幅が0.5mm以上であれば、スクリーン印刷工法で形成された共振導体であっても端面の凹凸の効果を受けずに電磁氣的物性値を測定できることを利用している。即ち、発明者らは、スクリーン印刷工法で形成されたリング共振器やストリップライン共振器では共振導体の端面の凹凸が激しく、ライン幅が0.5mm以下では、端面の凹凸効果により誘電体の比誘電率、誘電正接が大きく測定されることを発見した。図9はガラスセラミックスと銅メタライズの同時焼成により作成された、直径10mm、ライン幅0.1から2.0mm、誘電体厚さ0.3mmのリング共振器の高次モードの共振周波数fを測定し、比誘電率を計算した結果であり、比誘電率のライン幅依存性を示している。ライン幅が小さくなると電流分布がラインの端により集中するため、スクリーン印刷工法によ

10

20

30

40

50

るライン端面の凹凸の大きい部分に電流が集中することで電流経路が長くなり、結果として比誘電率が大きく測定されるものと推測している。

【0019】

また、本発明の電磁氣的物性値の測定方法では、誘電体基板がセラミックス又はガラスセラミックスからなり、共振導体とグラウンド導体がスクリーン印刷工法等で印刷され、同時焼成されて一体化されていることを特徴とする。これにより、メタライズと同時焼成するセラミックスにおいて、より現実に即した状態で電磁氣的物性値を測定できる。さらに、支持基板及び共振器が同時焼成されて一体化されていることにより、誘電体層が薄く、単層では共振器が形成できない場合にも、支持基板上に共振器を同時焼成で一体形成することにより、測定に用いる試料を、容易に現実に即した状態（実際に用いられる厚さ）で作製できる。

10

【0020】

さらに、本発明の電磁氣的物性値測定方法によれば、共振周波数 f 及び無負荷 Q 値 Q_u の温度依存性を測定し、電磁氣的物性値の温度依存性を得ることもできる。また、本発明の電磁氣的物性値の測定方法は、ミリ波帯において有効であり、特に共振周波数が 30 GHz 以上である場合に好適である。

【0021】

次に本発明の電磁氣的物性値測定方法の計算方法について述べる。本発明の電磁氣的物性値測定方法では、リング共振器等の共振周波数 f 及び無負荷 Q 値 Q_u を測定し、これらのデータを用いて、FEM等の数値解析により、リング導体の導電率、誘電体基板の比誘電率及び誘電正接のうち少なくとも一種の電磁氣的物性値を算出できる。

20

【0022】

誘電体基板の比誘電率の算出のためには、想定される範囲で比誘電率と共振周波数の関係をFEM等の数値解析で求めておき、この関係を適当な関数で近似し、この近似関数と共振周波数 f の測定値から比誘電率を算出できる。また、リング導体の導電率、誘電体基板の誘電正接の算出のためには、共振器の形状因子 G や誘電体基板の電界エネルギー集中度 P_e をFEMで計算し、この G 、 P_e と Q_u の測定値からリング導体の導電率、誘電体基板の誘電正接を算出できる。

【発明の効果】

【0023】

本発明の電磁氣的物性値の測定方法によれば、共振器を 30 GHz 以上の周波数で容易に励振でき、従来困難であったメタライズとの同時焼成体の 30 GHz 以上における誘電特性測定を実現できる。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0024】

本発明の電磁氣的物性値の測定方法を、図1を用いて説明する。まず、測定試料として、測定に用いる図1に示すマイクロストリップラインリング共振器Aを作製する。

【0025】

リング共振器Aは、共振導体であるリング導体1と、誘電体基板2と、グラウンド導体3とを具備して構成されており、これらのマイクロストリップラインリング共振器Aは支持基板4上に形成されている。リング導体1とグラウンド導体3は、同一材料から構成されており、同じ電磁氣的物性値を有している。

40

【0026】

即ち、誘電体基板2の上面にリング導体1が形成されており、誘電体基板2と支持基板4との間にはグラウンド導体3が形成されている。リング導体1の直径 D はリング導体の幅の中央間距離を示している。

【0027】

マイクロストリップラインリング共振器Aの放射損が無視できない場合には、図2に示すように、マイクロストリップラインリング共振器Aを囲む遮蔽導体5を設置することが望ましい。この遮蔽導体5は、マイクロストリップラインリング共振器A全体を囲むよう

50

に構成され、中空円筒導体の端面に導体板を付加した構造などが好適である。

【0028】

測定試料の誘電体基板がセラミックス、ガラスセラミックスからなる場合には、マイクロストリップラインリング共振器Aは同時焼成して形成されたり、誘電体基板2にリング導体1、グラウンド導体3を焼き付けて形成される。即ち、基板成形体に導体パターンを形成し、同時焼成したり、焼成された誘電体基板に、導体パターンを形成し、高温で焼き付けてマイクロストリップラインリング共振器が形成される。同時焼成の場合には、支持基板4もマイクロストリップラインリング共振器Aと同時焼成することができ、マイクロストリップラインリング共振器の作製が特に容易となる。

【0029】

また、測定試料の誘電体基板が有機樹脂からなる場合には、マイクロストリップラインリング共振器Aは、誘電体基板2と、リング導体1、グラウンド導体3が接合、または圧着されて形成される。いずれの場合にも、共振電磁界が放射しないように、リング導体1、グラウンド導体3の厚みは少なくとも5 μm 以上、特に10 μm 以上が望ましい。

【0030】

図1ではグラウンド3は誘電体基板2の下面全面に形成されているが、リング導体1の下方に形成されていれば、誘電体基板2の下面の一部に形成されていても良い。より具体的には、グラウンド3は、リング導体1のリング幅の3倍以上のリング幅を有するリング状グラウンド導体としても良い。

【0031】

以下に、導電率及び誘電定数の測定工程について説明する。まず、リング共振器を、同軸ケーブル10の先端に形成された直径0.6mm以下のループアンテナ11により励振し、対向する位置に設けられた検波用の直径0.6mm以下のループアンテナ11により検波し、マイクロストリップラインリング共振器の共振周波数 f 、無負荷 Q 値 Q_u を求める。ループアンテナ11の直径は、図3(b)に示すように、ループアンテナの最大長さによって規定される。

【0032】

このループアンテナ11は、図3に示すように、同軸ケーブル10の先端に形成されており、ループアンテナ11の一方端は、同軸ケーブル10の中心導体に接続されており、他方端は、同軸ケーブル10の外部導体にハンダ12等により接続されている。尚、(a)は側面図、(b)は、(a)を上方から見た図、(c)は(a)を斜めから見た図である。

【0033】

このようなループアンテナ11の直径を変化させて、リング共振器を励振して得られた波形図を、図4、5に示す。図4は、直径1mmのループアンテナにより、ガラスセラミックスと銅メタライズの同時焼成により作成された、直径 $D = 10\text{mm}$ 、ライン幅 $W = 0.5\text{mm}$ 、誘電体厚さ $d = 0.3\text{mm}$ のマイクロストリップラインリング共振器を励振して得られた波形図である。30GHz以上ではノイズレベルが上昇していることが分かる。このようなノイズレベルの上昇は特に無負荷 Q 値 Q_u の測定精度の低下の原因になる。一方、図5は直径0.6mmのループアンテナにより、図1と同じマイクロストリップラインリング共振器を励振して得られた波形図である。30GHz以上においてもノイズレベルの上昇は認められず、良好な共振波形が得られていることが判る。

【0034】

図4では周波数の上昇とともに電磁場の波長は小さくなるので、アンテナもこれに伴い小さくしないと、共振電磁場以外の不要な信号を検波するため、ノイズレベルが上昇しているものと考えられる。図5では直径0.6mmのループアンテナを用いることにより、共振電磁場以外の不要な信号を検波せず、良好なノイズレベルを実現している。図4、5の結果より直径が0.6mm以下のループアンテナによれば30GHz以上において、共振電磁場以外の不要な信号を検波せず、良好なノイズレベルを実現できることがわかる。

【0035】

次に解析工程について説明する。まず、共振周波数 f の測定値から、有限要素法 (FEM) やモードマッチング法などの数値解析により、誘電体基板 2 の比誘電率 ϵ' を求める。ここでは有限要素法を用いる場合について述べる。図 1 で示されるリング共振器の共振周波数 f は、誘電体基板 2 の比誘電率 ϵ' 、厚さ d 、リング径 D 、リング幅 w 、リング導体の厚み t の関数となっている。 d 、 D 、 w 、 t を測定値、あるいは設計値に固定し、誘電体基板 2 の比誘電率 ϵ' を予想される範囲で数点設定し、対応する共振周波数 f を有限要素法で計算する。これらの計算結果から、共振周波数 f と比誘電率 ϵ' の関係を適当な関数で近似し、この近似式と共振周波数 f の測定値から、誘電体基板の比誘電率 ϵ' を計算する。

【0036】

10

次に、 Q_u の測定値から、リング共振器の導体の導電率 σ 、あるいは誘電体基板の誘電正接 $\tan \delta$ を下記式 1 により求める。ただし、導電率 σ を求める時には $\tan \delta$ が既知である必要があり、 $\tan \delta$ を求める時には σ が既知である必要がある。

【数 1】

$$\frac{1}{Q_u} = P_e \tan \delta + \frac{\sqrt{\pi f \mu / \sigma}}{G} \quad \text{式 1}$$

20

【0037】

式 1 において、 μ は導体の透磁率である。 P_e は電界エネルギーの集中率、 G は形状因子であり、非特許文献 2 「J. Krupka, K. Derzakowski, A. Abramowicz, M.E. Tobar and R.G. Geyer, "Use of whispering-gallery modes for complex permittivity determinations of ultra-low-loss dielectric materials," IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol. 47, pp.752-759, June 1999」に記載されている。

【0038】

より具体的には P_e はマイクロストリップラインリング共振器の誘電体基板 2 内の電界エネルギーの集中率である。電界エネルギーの集中率は、共振器に蓄えられる電界エネルギーに対する、個々の部分に蓄えられる電界エネルギーの分率として定義される。 P_e は次式 2 で与えられる。

30

【数 2】

$$P_e = \frac{\epsilon' \iiint_{V_2} |E|^2 dv}{\epsilon' \iiint_{V_2} |E|^2 dv + \iiint_{V_{air}} |E|^2 dv} \quad \text{式 2}$$

ただし、 $\iiint_{V_2} |E|^2 dv$ は誘電体基板 2 内における電界の積分であり、 $\iiint_{V_{air}} |E|^2 dv$ はリング共振器の外側の電界の積分である。

40

【0039】

式 1 の G はリング共振器の形状因子を示すもので、次式 3 で与えられる。

【数 3】

$$G = \omega \frac{\iiint_{V_t} |H|^2 dv}{\iint_S |H_t|^2 ds} \quad \text{式 3}$$

ただし、 $\iiint_{V_t} |H|^2 dv$ はリング共振器内外の共振空間全体での磁界の積分、 $\iint_S |H_t|^2 ds$ は導体表面での磁界の接線成分の積分である。 μ_0 は真空の透磁率、 $\omega = 2\pi f$ は共振角周波数である。

10

【0040】

式 2、3 は、有限要素法 (FEM) やモードマッチング法などの数値解析法により求める。

【0041】

求められた P_e 、 G を式 1 に代入し、導電率、誘電正接 \tan の関係式を求める。この後、 \tan を求める場合には、別の方法、例えば「吉川、中山，“VおよびW帯における空洞共振器の端に装荷された平板試料の複素誘電率測定法の検討”，信学ソ大，C-2-63，Sept. 2004.」で測定、或いは類推した \tan の値を式 1 に代入して、 \tan を求める。

【0042】

\tan を求める場合には、別の方法、例えば、「A. Nakayama, Y. Terashi, H. Uchiura and, A. Fukuura, “Conductivity measurement at the interface between the sintered conductor and dielectric substrate at microwave frequencies,” IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol. MTT-50, No.7, pp. 1665-1674, July 2002.」で測定、或いは類推した \tan の値を式 1 に代入して、 \tan を求める。

20

【0043】

尚、上記形態では、共振器としてリング共振器を用いた場合について説明したが、図 6 に示すように、リング導体の代わりに線路 21 を形成し、マイクロストリップライン共振器を形成し、この共振器を用いて測定することもできる。ここで、符号 22 は誘電体基板、23 はグラウンド導体、24 は支持基板を示す。

【0044】

また、図 7 に示すように、誘電体基板 32 の一方の面に共振導体 31 と、該共振導体 31 と同じ電磁氣的物性値を有するグラウンド導体 33 を形成したコプレーンライン共振器を形成し、この共振器を用いて測定することもできる。ここで、符号 34 は支持基板を示す。

30

【0045】

さらに、図 8 に示すように、誘電体基板 42 の内部に共振導体 41 が形成され、誘電体基板 42 の両面に共振導体 41 と同じ電磁氣的物性値を有するグラウンド導体 43 が形成されたストリップライン共振器を形成し、この共振器を用いて測定することもできる。ここで、符号 44 は支持基板を示す。

【実施例】

40

【0046】

本発明の電磁氣的物性値測定方法を用いて、銅メタライズと同時焼成されたガラスセラミックスの 30 GHz 以上における比誘電率 ϵ' 、誘電正接 \tan を図 1 に示す共振器を用いて求めた結果を表 1 に示す。ここで、ループアンテナの直径を 0.6 mm とした。測定試料であるマイクロストリップラインリング共振器の誘電体の厚み d は 0.3 mm、0.1 mm とし、リング導体の幅 w は 1.0 mm、0.5 mm とした。高次共振モードの測定により、30、50、80 GHz 付近の周波数での ϵ' と \tan の測定を実現している。尚、導電率 σ の値は上記文献より、30 ~ 40 GHz では 3.0×10^{-7} (S/m)、50 GHz 以上では 2.2×10^{-7} (S/m) とした。

【表 1】

誘電体厚み d [mm]	リング幅 w [mm]	共振周波数 f [GHz]	無負荷 Q 値 Q _u	比誘電率 ε'	誘電正接 tan δ (×10 ⁻⁴)
0.3	1.0	32.555 ±0.004	342 ±6	4.97 ±0.01	18.1 ±0.6
		54.401 ±0.008	365 ±10	4.96 ±0.01	12.9 ±0.9
	0.5	83.078 ±0.010	306 ±6	4.98 ±0.01	20.7 ±0.7
		0.1	1.0	31.588 ±0.003	157 ±1
53.515 ±0.016	183 ±5			4.97 ±0.01	12.6 ±1.9
0.5	77.498 ±0.008		194 ±4	5.00 ±0.02	18.0 ±1.4

【0047】

表 1 よりガラスセラミックスの誘電定数は 30 ~ 80 GHz の領域で $\epsilon' = 4.96 \sim 5.00$ 、 $\tan \delta = 10 \sim 20 \times 10^{-4}$ であることが分かる。一方、本発明者等は、直径 1 mm のループアンテナを用いて、図 1 に示す共振器を励振したところ、共振周波数 30 GHz 以上ではノイズレベルが上昇し、30 GHz 以上での $\tan \delta$ は測定できなかつた。

【図面の簡単な説明】

【0048】

【図 1】本発明の電磁氣的測定法に用いられるマイクロストリップラインリング共振器を示すもので、(a) は平面図、(b) は概略断面図である。

【図 2】本発明の測定方法に使用するリング共振器に遮蔽導体を付加した構造を説明するための図である。

【図 3】ループアンテナを示す図である。

【図 4】直径 1 mm のループアンテナにより、ガラスセラミックスと銅メタライズの同時焼成により作成された、直径 10 mm、ライン幅 0.5 mm、誘電体厚さ 0.3 mm のリング共振器を励振して得られた波形図である。

【図 5】直径 0.6 mm のループアンテナにより、ガラスセラミックスと銅メタライズの同時焼成により作成された、直径 10 mm、ライン幅 0.5 mm、誘電体厚さ 0.3 mm のリング共振器を励振して得られた波形図である。

【図 6】マイクロストリップライン共振器を示すもので、(a) は平面図、(b) は概略断面図である。

【図 7】コプレナー共振器を示すもので、(a) は平面図、(b) は概略断面図である。

【図 8】ストリップライン共振器を示すもので、(a) は共振導体を示すもので、(b) は概略断面図である。

【図 9】ガラスセラミックスと銅メタライズの同時焼成により作成された、直径 10 mm、ライン幅 0.1 から 2.0 mm、誘電体厚さ 0.3 mm のリング共振器の高次モードの共振周波数 f を測定し、比誘電率を計算した結果であり、比誘電率のライン幅依存性を示す図である。

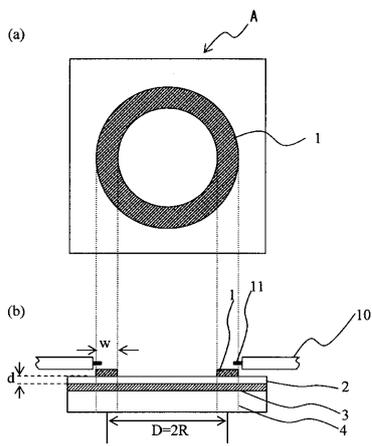
【符号の説明】

【0049】

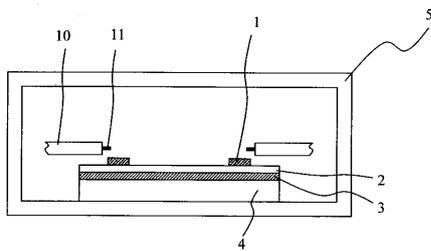
1・・・リング導体

- 2、2 2、3 2、4 2・・・誘電体基板
- 3、2 3、3 3、4 3・・・グラウンド導体
- 4、2 4、3 4、4 4・・・支持基板
- 5・・・遮蔽導体
- A・・・リング共振器

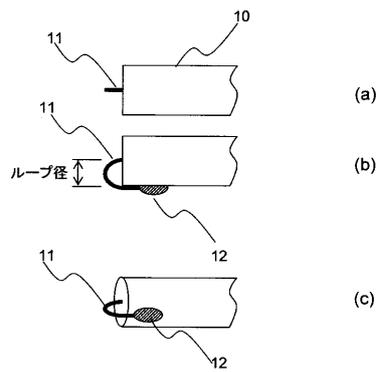
【図 1】



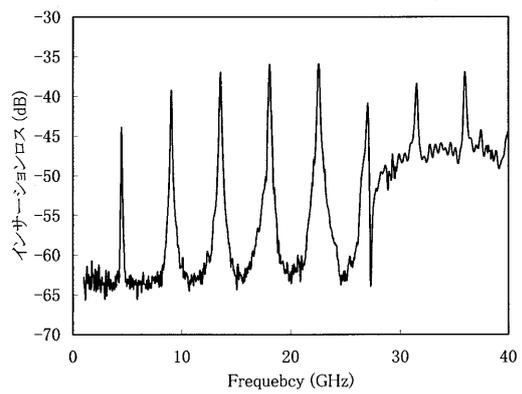
【図 2】



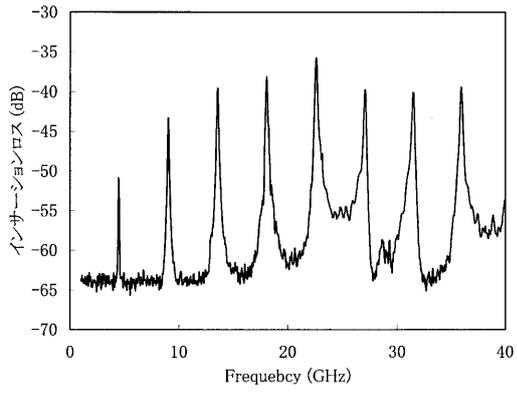
【図 3】



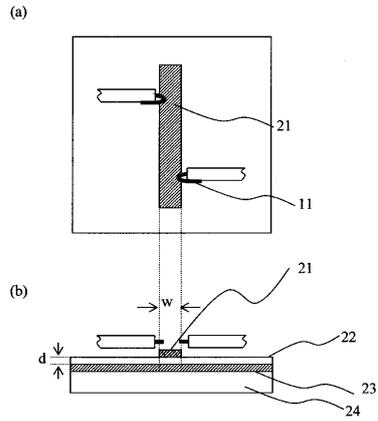
【図 4】



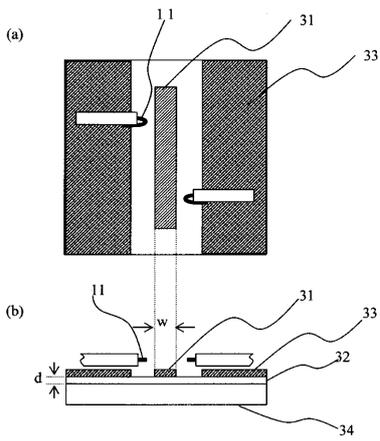
【図5】



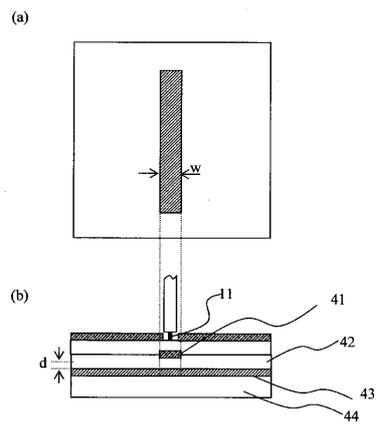
【図6】



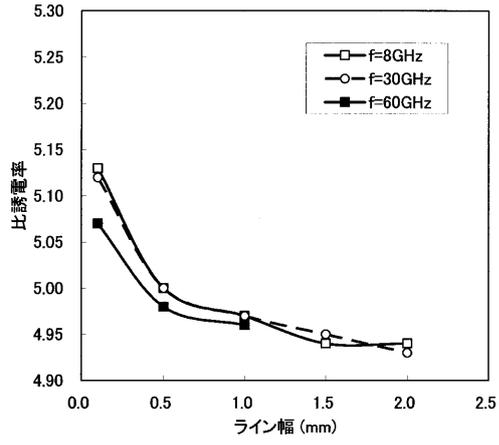
【図7】



【図8】



【 図 9 】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2004-117220(JP,A)
特開平03-286601(JP,A)
特開昭63-078070(JP,A)
特開2000-046756(JP,A)
特開2005-308716(JP,A)
特開2001-183311(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01N 22/00 - 22/04
G01R 27/00 - 27/32
H01P 7/00 - 7/10
JSTPlus/JST7580(JDreamII)