(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3731314号
(P3731314)
(45)発行日　平成18年1月5日(2006.1.5)　(24)登録日　平成17年10月21日(2005.10.21)

(51)Int.Cl.　F I
G01N 22/00 (2006.01)　G01N 22/00 B
G01N 22/00 L

請求項の数 7　(全 19 頁)

(21)出願番号　特願平9-260984
(22)出願日　平成9年9月8日(1997.9.8)
(65)公開番号　特開平10-325811
(43)公開日　平成10年12月8日(1998.12.8)
審査請求日　平成14年12月27日(2002.12.27)
(31)優先権主張番号　特願平9-95135
(32)優先日　平成9年3月28日(1997.3.28)
(33)優先権主張国　日本国(JP)

(73)特許権者　000122298
王子製紙株式会社
東京都中央区銀座４丁目７番５号
(74)代理人　100085464
弁理士　野口　繁雄
(72)発明者　永田　紳一
兵庫県尼崎市常光寺４丁目３番１号　王子製紙株式会社　尼崎研究センター内
(72)発明者　宮本　誠一
兵庫県尼崎市常光寺４丁目３番１号　王子製紙株式会社　尼崎研究センター内
(72)発明者　岡田　文明
神奈川県鎌倉市梶原３－１２－２

審査官　田中　洋介

最終頁に続く

(54)【発明の名称】配向測定装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

試料に接近又は接触する平面を備え、試料の一面側のみに配置された１個の方形誘電体共振器と、

試料測定面を除いて前記誘電体共振器の周囲を被う導電性材料からなるシールド材と、

前記平面に垂直な方向に配置された棒状のロッドアンテナを有し、試料が存在するときの前記誘電体共振器の共振周波数近傍の周波数で、かつ前記平面に平行な試料内平面において一方向成分をもつ電界ベクトルをその誘電体共振器に発生させるマイクロ波用励振装置と、

前記平面に垂直な方向に配置された棒状のロッドアンテナを有し、前記誘電体共振器による透過エネルギー又は反射エネルギーを検出する検出装置と、

前記試料又は前記誘電体共振器を前記平面に平行な面内で回転させる回転機構と、

前記回転機構による回転にともなう前記検出装置の検出出力の変化から試料の誘電的異方性を求めるデータ処理装置と、を備えたことを特徴とする配向測定装置。

【請求項２】

試料に接近又は接触する平面を備え、互いに接近して試料の一面側のみに配置された複数の方形誘電体共振器と、

試料測定面を除いて前記誘電体共振器の周囲を被う導電性材料からなるシールド材と、

前記平面に垂直な方向に配置された棒状のロッドアンテナを有し、試料が存在するときの前記誘電体共振器の共振周波数近傍の周波数で、かつ前記平面に平行な試料内平面にお

いて一方向成分をもつ電界ベクトルで、互いに異なる方向をもった電界ベクトルを各誘電体共振器に発生させるマイクロ波用励振装置と、
前記平面に垂直な方向に配置された棒状のロッドアンテナを有し、それらの誘電体共振器による透過エネルギー又は反射エネルギーを検出する誘電体共振器ごとの検出装置と、
前記複数の誘電体共振器からの方向の異なる電界ベクトルでの前記検出装置による検出出力の変化から試料の誘電的異方性を求めるデータ処理装置と、を備えたことを特徴とする配向測定装置。
【請求項３】
試料に接近又は接触する平面を備え、試料の一面側のみに配置された１個の方形誘電体共振器と、
試料測定面を除いて前記誘電体共振器の周囲を被う導電性材料からなるシールド材と、
前記平面に垂直な方向に配置された棒状のロッドアンテナを有し試料が存在するときの前記誘電体共振器の共振周波数近傍の周波数で、かつ前記平面に平行な試料内平面において一方向成分をもつ電界ベクトルをその誘電体共振器に発生させるマイクロ波用励振装置、及び前記平面に垂直な方向に配置された棒状のロッドアンテナを有し前記誘電体共振器による透過エネルギー又は反射エネルギーを検出する検出装置の組で、前記誘電体共振器に対する互いに異なった位置に配置された複数組と、
マイクロ波用励振装置と検出装置の前記複数の組のうちの１組を選択して順次作動させる切換え駆動装置と、
前記切換え駆動装置による切換えにともなう前記検出装置の検出出力の変化から試料の誘電的異方性を求めるデータ処理装置と、を備えたことを特徴とする配向測定装置。
【請求項４】
前記検出出力の変化として共振周波数の変化を用いる請求項１から３のいずれかに記載の配向測定装置。
【請求項５】
前記検出出力の変化として特定周波数における検出エネルギーの変化を用いる請求項１から３のいずれかに記載の配向測定装置。
【請求項６】
前記励振装置と前記検出装置は誘電体共振器を挟んで対向して配置された端子対を備え、前記検出装置により透過エネルギーを検出する請求項１から５のいずれかに記載の配向測定装置。
【請求項７】
前記励振装置と前記検出装置は誘電体共振器に接近して配置された共通の端子を備え、前記検出装置により反射エネルギーを検出する請求項１から５のいずれかに記載の配向測定装置。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
本発明は、フィルムを含む高分子シートや紙などのシート状のものや、プラスチック、樹脂、ゴムなどの成型品のような立体的物品も含めて、それらの配向性をマイクロ波により測定する装置に関するものである。
【０００２】
【従来の技術】
紙の繊維配向性は繊維を構成する分子の連鎖方向に相当し、カール、ねじれ、ＮＩＰ（Non-Impact Printer）用紙の傾斜などと密接に関係がある。特に、ここ数年は繊維配向における基準も厳しくなってきており、数種類の測定方法が用いられている。そのような測定方法としては、水拡散法、力学的破断強度法、超音波法、マイクロ波法などがあり、また現在ではワイヤパートでの操作と配向性との対応もほぼ解明されつつある。
【０００３】
一方、高分子フィルムの場合には、フィルムを構成するものは繊維ではないが、分子鎖の

配列の異方性が種々の物性、例えば、光学的、電気的、機械的強度などの異方性として把握できる。したがって、紙、高分子フィルムなどを含めて、分子鎖の配列の異方性（分子配向）として総括的に把握することができる。

【０００４】

固体高分子においては、分子鎖が流動化した状態から固化する過程においてその形状ゆえに配向性をもつのが一般的である。その配向性により力学的、熱的、光学的または電磁気学的な物性において異方性が発現する。その結果、例えば弾性率の異方性、熱収縮率の異方性等が生じ、様々な品質上の問題が発生している。

【０００５】

そのような異方性を測定する方法としては、Ｘ線回折法、赤外偏光法、蛍光偏光法、複屈折法、超音波法、マイクロ波法などが用いられている。

これらの方法のうち、Ｘ線回折法や蛍光偏光法は測定に時間と労力がかかり、また赤外偏光法は厚い試料では測定が難しい。複屈折法は屈折率の異方性に基づく屈折現象を利用して光学的に異方性を測定する方法であるが、測定には可視光または近赤外光に対する透明性が要求されるため、不透明試料は測定できない。超音波法は接触式のため移動体試料には向かない。

【０００６】

マイクロ波の共振を用いた方法は、誘電率の異方性を利用したものであり、誘電率は屈折率とも一定の関係がある。マイクロ波を用いた方法は、紙や高分子フィルムを含めて光学的透明性の有無に関係なく、分子配向測定に利用されている。

【０００７】

図１はマイクロ波空洞共振器を用いた従来の配向計の原理図を説明したものである。一端部にマイクロ波導入部２、他端部にマイクロ波検知部４を備え、その両端部間が一定の電界振動方向をもつ導波管にてなるマイクロ波共振器６となっている。共振器６には定在波の腹部の位置で共振器６の軸線を垂直方向に横断する方向にスリット８が設けられている。そのスリット８に試料１０を配置し、マイクロ波導入部２からマイクロ波を導入し、マイクロ波検知部４によりマイクロ波強度を検出する。試料１０を共振器６の軸線の周りに回転させ、各回転角度ごとの透過マイクロ波強度を検出して配向パターンを得る。またスリット８に試料１０を配置したときの共振周波数と試料を配置していないときの共振周波数とのずれ量から各回転角度位置ごとの誘電率を得て誘電率パターンを得ることもできる。

【０００８】

マイクロ波を用いて誘電率を測定する方法として、図２に示されるように、試料１０を挟んで対向する一対の誘電体共振器１２ａ，１２ｂを備え、一方の誘電体共振器１２ａの側方に誘電体共振器１２ａを挟んで対向して配置された一対の端子１４ａ，１４ｂにより誘電体共振器１２ａ，１２ｂに試料１０の面に平行な一方向をもつ電界ベクトルを発生させてその共振特性から誘電率を測定するようにしたものが提案されている（実開平３－７０３６８号公報参照）。ここでは、端子１４ａ，１４ｂはループ状である。そして、端子１４ａ，１４ｂを複数対備え、その作動を切り換えることによって試料の誘電的異方性を測定することもできるようになっている。

【０００９】

【発明が解決しようとする課題】

図１又は図２に示された測定装置では、空洞共振器又は誘電体共振器が試料１０を挟んでその両側に対向して配置されているため、測定される試料１０の形状はシート状のものに限定される。

そこで、本発明の第１の目的は、シート状の試料に限らず、立体的な成型品のような試料においてもその誘電的異方性を測定できるようにすることである。

【００１０】

誘電的異方性を測定する際に要求される試料内平面における電界ベクトルは、より均一である方が望ましい。

図２に示された測定装置では、端子１４ａ，１４ｂがループ状であるが、本発明の第２の目的は、ループ状の端子よりもさらに電界ベクトルの均一性を達成できる端子形状を見つけて、誘電的異方性測定の感度を高めることである。

【００１１】

【課題を解決するための手段】

本発明の１つの局面は、試料に接近又は接触する平面を有する誘電体共振器と、試料が存在するときの誘電体共振器の共振周波数近傍の周波数で、かつ前記平面に平行な試料内平面において一方向成分をもつ電界ベクトルをその誘電体共振器に発生させるマイクロ波用励振装置と、その誘電体共振器による透過エネルギー又は反射エネルギーを検出する検出装置と、試料又は誘電体共振器を前記平面に平行な面内で回転させる回転機構と、その回転機構による回転にともなう検出装置の検出出力の変化から試料の誘電的異方性を求めるデータ処理装置とを備えている。

この局面は、試料の特定の部分の誘電的異方性を求めるのに適する。

【００１２】

本発明の他の局面は、試料に接近又は接触する平面を備え、互いに接近して配置された複数の誘電体共振器と、試料が存在するときの誘電体共振器の共振周波数近傍の周波数で、かつ前記平面に平行な試料内平面において一方向成分をもつ電界ベクトルで、互いに異なる方向をもった電界ベクトルを各誘電体共振器に発生させるマイクロ波用励振装置と、それらの誘電体共振器による透過エネルギー又は反射エネルギーを検出する誘電体共振器ごとの検出装置と、複数の誘電体共振器からの方向の異なる電界ベクトルでの検出装置による検出出力の変化から試料の誘電的異方性を求めるデータ処理装置とを備えている。

この局面によれば、試料も誘電体共振器も回転する必要がなく、複数の誘電体共振器からの出力によって、試料の誘電的異方性を求めることができるので、オンラインで流れる試料を連続して測定するのに適する。

【００１３】

本発明のさらに他の局面は、試料に接近又は接触する平面を有する誘電体共振器と、試料が存在するときの誘電体共振器の共振周波数近傍の周波数で、かつ前記平面に平行な試料内平面において一方向成分をもつ電界ベクトルをその誘電体共振器に発生させるマイクロ波用励振装置、及びその誘電体共振器による透過エネルギー又は反射エネルギーを検出する検出装置の組で、誘電体共振器に対する互いに異なった位置に配置された複数組と、マイクロ波用励振装置と検出装置の複数の組のうちの１組を選択して順次作動させる切換え駆動装置と、その切換え駆動装置による切換えにともなう検出装置の検出出力の変化から試料の誘電的異方性を求めるデータ処理装置とを備えている。

【００１４】

この局面によれば、試料も誘電体共振器も回転する必要がなく、切換え駆動装置によりマイクロ波用励振装置と検出装置の組の作動を切り換えることによにって、試料の誘電的異方性を求めることができるので、この場合もオンラインで流れる試料を連続して測定するのに適する。

検出装置による検出出力の変化は、共振周波数の変化として測定することができ、共振周波数の変化は、周波数のシフト量自体として測定することができる。検出装置による検出出力の変化はまた、特定の周波数における検出エネルギーの変化として検出することもできる。

【００１５】

マイクロ波用励振装置と検出装置の端子はループ状又はロッド状の端子とすることができるが、本発明は誘電体共振器を方形とするので、端子はループ状のものよりも棒状のロッド状のものの方が試料内平面における電界ベクトルの均一性が優れている。その際、そのロッド状端子は、誘電体共振器の試料に接近又は接触する平面に垂直な方向に配置する。

誘電体共振器の周囲は試料測定面を除いて導電性材料からなるシールド材で被われている。これにより、共振カーブのＱ値を高めることができる。

【００１６】
【発明の実施の形態】
検出装置により透過エネルギーを検出する場合は、励振装置と検出装置は誘電体共振器を挟んで対向して配置された一対のループ状又はロッド状の端子のそれぞれに接続される。また、検出装置により反射エネルギーを検出する場合は、励振装置と検出装置は誘電体共振器に接近して配置された共通の１つのループ状又はロッド状の端子に接続される。
誘電体共振器は円柱状共振器又は方形共振器である。
【００１８】
図３（Ａ）に一実施形態を概略的に示す。
本発明は誘電体共振器として方形の誘電体共振器を使用するものである。以下に円柱状の誘電体共振器とループアンテナを使用して説明している箇所もあるが、本発明はそれらの円柱状誘電体共振器を方形誘電体共振器に置き換え、ループアンテナをロッドアンテナに置き換えたものである。誘電体共振器２０に対し、適当なマイクロ波用ループアンテナ（又はロッドアンテナ）２２ａ，２２ｂを誘電体共振器２０に対して適当な位置に適当な方向で配置することにより、誘電体共振器２０を共振させ、かつ誘電体共振器２０から外部にしみだした電界ベクトルが存在するような共振モードを作ることができる。その共振モードとしては、誘電体共振器２０が方形の場合にはＴＭモードやＴＥモード、円柱形の場合にはＨＥＭモードなどがある。電界ベクトル２４の強度は誘電体共振器２０から離れるにつれてほぼ指数関数的に減少していくが、誘電体共振器２０から僅かな距離を離して、又は誘電体共振器２０に接触させて試料２５を置くことにより、電磁的結合により試料の誘電率に応じて共振周波数がシフトする。
【００１９】
図３（Ａ）は誘電体共振器２０として円柱状誘電体共振器を用い、$HEM_{11}\delta$モードにした場合の構成を概略的に示したものであるが、発振器２６から出たマイクロ波はループアンテナ２２ａにより磁界を発生し、電磁気結合により誘電体共振器２０が共振する。この場合の共振周波数は誘電体共振器２０の寸法と誘電率によって決まる。誘電体共振器２０の円柱の半径をａ、長さをＬ、誘電率をεとすると、共振周波数ｆ（ＧＨｚ）は近似的に
$f = 34(a/L + 3.45)/a/\varepsilon^{1/2}$
として求められる。
【００２０】
図３（Ｂ）は図３（Ａ）を等価回路として表わしたものである。試料を置かないときの共振周波数に対し、試料２５を置いたときは試料２５の誘電率に応じて容量Ｃｒが変化することにより、共振周波数がシフトする。また、試料２５の誘電率に異方性があれば、試料２５と電界ベクトル２４の方向によっても共振周波数がシフトする。
【００２１】
図４は$HEM_{11\delta}$モードにおける電界分布を示したものであり、（Ａ）は誘電体共振器２０の末端付近の水平面での電界分布を示したものであり、（Ｂ）はφ＝０（φは水平面における基準方向からの角度）の経線面での電界分布を表わしたものである。
【００２２】
図３に戻って説明すると、発振器２６から出たマイクロ波はループアンテナ２２ａにより誘電体共振器２０と磁気結合し、誘電体共振器２０は共振状態となることができる。誘電体共振器２０の電界ベクトルは試料２５の面にほぼ平行な形で現われ、試料２５のもつ双極子モーメントとの相互作用が起こる。ここで、試料２５又は誘電体共振器２０を試料２５と誘電体共振器２０との平行面内で回転させながら、検出器２８に現われるマイクロ波強度をその回転角度に対応して検出することにより、その強度の角度依存性から配向状態を求めることができる。コントローラ３０は発振器２６から発生するマイクロ波の周波数を制御し、検出器２８によるマイクロ波強度を取り込む。３２はその検出されたマイクロ波強度の角度依存性から配向状態を求めるデータ処理装置としてのコンピュータである。
【００２３】
さらに、配向測定の原理を説明する。誘電体共振器２０において、透過マイクロ波強度と

周波数との間には図５（Ａ）に示されるような関係がある。この共振カーブをＱカーブと呼ぶ。Ｑカーブは、試料２５が置かれることによって、以下の関係により変化する。

【００２４】

【数１】

$$\frac{\omega-\omega_a}{\omega_a}\cong\frac{1}{4\overline{\mathbf{W}}}\int_{\Delta V}\left[\left(\mathbf{P}+\frac{\mathbf{J}}{j\omega_a}\right)\cdot\mathbf{E}_a^*+\mu_0\mathbf{M}\cdot\mathbf{H}_a^*\right]dv$$

$$\overline{\mathbf{W}}=\frac{1}{2}\int_V\varepsilon_0\left|\mathbf{E}_a\right|^2dv$$

$\omega=2\pi f$

ω:複素角周波数（サンプル）

ω_a:複素角周波数（ブランク）

P:電気分極

J:導電電流密度

$\mathbf{E}_a$:電界

M:磁界

H*a*:磁化

*:複素数であることを示す

【００２５】

その変化を示したのが図５（Ｂ）である。試料２５が誘電体共振器２０と対向する平面内に異方性をもつ場合、試料２５又は誘電体共振器２０をその平面に平行な面内で回転させると、例えば図６（Ａ）のように、誘電体共振器２０に対する試料２５の相対的な回転角度位置（Ｓ）ごとにＱカーブのピーク周波数（共振周波数）が変化する。この回転の中で、例えば最も高周波側にシフトしたＱカーブにおいて、そのピーク周波数での透過マイクロ波検出強度をＩとし、高周波側での検出強度がＩ／２となる周波数をf_1とする。周波数f_1での各回転角度の透過マイクロ波検出強度は、図６（Ｂ）の断面として示されるものである。それを回転角度Ｓを横軸にして書き直すと、図７（Ａ）に示されるようになる。さらにそれを極座標系に書き直すと、図７（Ｂ）のように楕円となり、この結果から配向角度（φ）及び配向度（ａ／ｂ）を求めることができる。ａはその楕円の長軸長さ、ｂは単軸長さである。

【００２６】

【実施例】

図８は第１の実施例を表わしたものである。上部が開口した真鍮製の円筒状シールドケース３５内に低誘電率の支持台３８として発砲ポリエチレン成型品が入れられ、その支持台３８上に円柱状の誘電体共振器２０が底面を水平方向にして取りつけられている。誘電体共振器２０はその上面がシールドケース３５の開口縁とほぼ等しい高さに設定されており、シールドケース３５の開口部に試料が置かれる。試料をその開口部で水平面内で回転させることによって、又は誘電体共振器２０を水平面内で回転させることにより、試料の誘電率の配向を測定することができる。

【００２７】
誘電体共振器２０を挟んでその両側に一対のループアンテナ２２ａ，２２ｂが配置され、それらのループが垂直方向に固定されている。ループアンテナ２２ａ，２２ｂはセミリジッドケーブル３６ａ，３６ｂを介してそれぞれのコネクタ３４ａ，３４ｂに接続され、コネクタ３４ａ，３４ｂから発振器と検出器にそれぞれ接続される。
【００２８】
この測定装置で、試料を置かないで共振特性を測定した例を図９に示す。横軸はマイクロ波周波数、縦軸は透過エネルギーを表わしている。（Ａ）はマイクロ波周波数を１０００ＭＨｚから６０００ＭＨｚまで走査したときの透過エネルギースペクトルを表わし、（Ａ）中に矢印で示した部分を拡大したのが（Ｂ）であり、共振している様子を表わしている。
【００２９】
図１０（Ａ）は同実施例において、試料を置かなかったとき（ブランク測定時）のマイクロ波周波数５０７０.２ＭＨｚにおける共振ピークを表わしたものである。それに対し、図１０（Ｂ）は試料として紙をシールドケース３５の開口部に置いた場合の共振特性を示したものである。試料を置くことによってピーク位置が低周波数側にシフトしていることが分かる。矢印で示される位置に発信周波数を固定して測定すれば、試料を置くことによって出力が低下する。そして、試料又は誘電体共振器２０を誘電体共振器２０の平面に平行な面内で回転させることにより、試料に異方性があれば図５から図７で示したように配向を測定することができる。
【００３０】
図１１（Ａ）は誘電体共振器２０による反射エネルギーを測定するようにした実施例を表わしたものであり、（Ｂ）に示されるように誘電体共振器２０の下面側にロッドアンテナ４０が配置されている。ロッドアンテナ４０は発振器からのマイクロ波を誘電体共振器２０に供給するとともに、誘電体共振器２０による反射エネルギーを検出する。
【００３１】
図１２は図１１の実施例における反射エネルギーの測定結果を示したものであり、試料を置かなかった場合のブランク測定の例である。（Ａ）はマイクロ波周波数を１０００ＭＨｚから６０００ＭＨｚまで走査したときの反射エネルギースペクトルを表わし、（Ａ）中に矢印で示した部分を拡大したのが（Ｂ）であり、共振している様子を表わしている。反射スペクトルの場合は共振周波数の位置でエネルギーの吸収が起こり、（Ｂ）に示されるような吸収ピークが得られる。
【００３２】
図１３（Ａ）は図１１の実施例において、ブランク測定での４５７５.８７５ＭＨｚに極小点をもつピークを示している。それに対し、試料として１枚の紙をシールドケース３５の開口部に置いた場合には、（Ｂ）に示されるようにピークの極小位置が低周波数側にシフトしている。この場合、仮に４５７５.８７５ＭＨｚの周波数で測定を行なうと、試料を置くことによって出力が低下することが分かる。そして、この場合も試料又は誘電体共振器２０を誘電体共振器２０の平面に平行な面内で回転させることにより、試料に誘電率の異方性があれば、図５から図７で示したように配向を測定することができる。
【００３３】
図１４は誘電体共振器２０を回転させるようにした具体的な例を示したものである。誘電体共振器２０及びシールドケース３５がロータリージョイント４２に取りつけられ、モータ４６により回転させられるようになっている。コネクタ３４ａ，３４ｂはロータリージョイント４２を介してジョイント４４により発振器と検波器へそれぞれ接続されている。シールドケース３５及び誘電体共振器２０の上面に接近して試料４８が配置される。
【００３４】
この場合、誘電体共振器２０とシールドケース３５を回転させることにより、試料４８の面内での各方向の透過エネルギーが測定され、その異方性から試料４８の誘電的配向が求められる。

試料４８は順次置かれるものであってもよく、または連続して移動するものであってもよい。試料４８を連続して移動させればオンライン測定が可能となる。

【００３５】

図１５は異方性を求めるための他の実施例を概略的に示したものであり、誘電体共振器２０も試料４８も回転させるのではなく、誘電体共振器から発生する電界ベクトルの方向が異なるように設置された複数個の誘電体共振器２０ａ，２０ｂ，２０ｃを一平面内に配置し、それらの誘電体共振器上を試料４８が移動するようにしたものである。図１５では３個の誘電体共振器２０ａ，２０ｂ，２０ｃにより互いに１２０°ずつ異なる方向でのマイクロ波透過エネルギーが検出され、試料の誘電的配向性が求められる。

【００３６】

図１５の実施例では、誘電体共振器２０も試料４８も回転させないので、試料の誘電的配向性を迅速に求めることができる。誘電体共振器２０ａ，２０ｂ，２０ｃは図１５のように試料４８の進行方向（矢印の方向）に直交する方向に配置すれば互いに異なる部分を測定することになるが、互いに接近して配置することにより測定場所が異なることによる問題を抑えることができる。

また、誘電体共振器２０ａ，２０ｂ，２０ｃを試料４８の進行方向に沿って一列に配列し、それぞれの誘電体共振器２０ａ，２０ｂ，２０ｃの検出のタイミングを試料４８の移動速度とを同期させ、同一場所を測定するようにすることもできる。

【００３７】

図１１の実施例のように反射エネルギーを検出する場合も、図１４のように誘電体共振器を回転させたり、図１５のように複数個の誘電体共振器を電界ベクトルの方向を異ならせて配置することができる。

【００３８】

誘電体共振器として試料測定面が正方形又は長方形である方形共振器を用いる場合は、マイクロ波用励振装置と検出装置の端子としてループアンテナよりも直線の棒状のロッドアンテナの方が、測定する試料内平面における電界ベクトルの方向の均一性が優れていることがわかった。このことを図１６から図２０により説明する。

【００３９】

図１６に方形共振器にロッドアンテナを適用した場合の電界分布と共振周波数を示す。（Ａ）は試料測定面が長方形の方形共振器５４を挟んで、一方の側に励振装置のロッドアンテナ５６ａを配置し、その反対側に検出装置のロッドアンテナ５６ｂを配置する。方形共振器５４の底面は導電性材料のシールド材５８に接触して配置する。ａとｂは方形共振器５４の試料測定面の短辺と長辺の長さ、ｌは高さを表す。各寸法ａ，ｂ，ｌと方形共振器５４における各共振モードでの電界ベクトル図、及び共振周波数の計算値と実測値を、図１６（Ｂ）の表に示す。共振周波数の単位はＧＨｚである。実測値のあるモードでは、共振周波数の計算値と実測値がほぼ一致しており、図示の共振モードが妥当であることを示している。

【００４０】

次に、このような方形共振器を用いた場合にループアンテナとロッドアンテナの電界ベクトルの分布を比較して示す。図１７（Ａ）はループアンテナ６０ａ，６０ｂを用いた場合、同図（Ｂ）はロッドアンテナ５６ａ，５６ｂを用いた場合である。サンプル４８が配置される面内で１点鎖線で示された方向を０度とする。

【００４１】

図１８は空洞共振器と誘電体共振器でループアンテナ又はロッドアンテナを用いた場合の電界分布を比較した結果である。方形共振器の場合は、図１７に示されたように一点鎖線の方向を０度とし、電波吸収体を含浸させた細長い紙（５０ｍｍ×１．５ｍｍ）を方形共振器の試料測定面上に３０度ごとに角度を変えながら載せ、共振ピークレベルを測定した結果である。空洞共振器の場合は、試料が配置される隙間部分に、電波吸収体を含浸させたその細長い紙を３０度ごとに角度を変えながら配置した。そのときは、マイクロ波用励振装置と検出装置の端子はロッドアンテナであるが、アンテナは垂直方向に配置されると

すると、水平方向を０度とした。
【００４２】
空洞共振器の場合は、（Ａ）に示されるように、電波吸収体を含浸させたその細長い紙を０度の方向と１８０度の方向に配置した場合にのみ共振ピークが得られている。このことから、空洞共振器では電界ベクトル方向の均一性が優れていることがわかる。
（Ｂ）は円形誘電体共振器とループアンテナを組み合わせた場合であり、一方向成分以外の電界ベクトルも存在することを示している。
【００４３】
（Ｃ）は方形誘電体共振器とループアンテナを組み合わせた場合であり、この場合は電界ベクトルが各方向に向いており、均一性が劣っていることを示している。
（Ｄ）は方形誘電体共振器とロッドアンテナを組み合わせた場合であり、一方向成分以外の電界ベクトルも存在するが、ループアンテナを用いた（Ｂ）の場合よりも均一性のよい電界ベクトルをもっていることを示している。
【００４４】
図１９と図２０はこのような誘電体共振器を用いて試料を測定した結果を示したものである。図１９（Ａ）のように、方形誘電体共振器５４にループアンテナ６０ａ，６０ｂを組み合わせた測定装置で、ガラス繊維を試料４８として、その方向を図１９（Ｂ）と（Ｃ）のように９０度異ならせて共振特性を測定したものである。その結果は、図１９（Ｄ）に示されるように、周波数シフトが見られるものの、そのシフト量は約０.６ＭＨｚと小さい。
【００４５】
それに対し、図２０では、（Ａ）のように方形誘電体共振器５４とロッドアンテナ５６ａ，５６ｂを組み合わせたものであり、同様にガラス繊維を試料４８として、方向を９０度異ならせて測定した。その結果は図２０（Ｂ）に示されるように、共振周波数シフトが大きく、１.７ＭＨｚに及んでおり、より高感度な測定ができることを示している。
【００４６】
図２１はシールド部材を備えた実施例を示したものであり、（Ａ）に示すように、真鍮製の円筒容器からなるシールドケース６４内に円形の誘電体共振器６２が収容されており、誘電体共振器６２の底面はシールドケース６４と接触し、誘電体共振器６２の上面とシールドケース６４の開口部が同じ高さに形成されている。誘電体共振器６２の側面とシールドケース６４の内壁面との間には励振装置のロッドアンテナ５６ａと検出装置のロッドアンテナ５６ｂが誘電体共振器６２を挟んで対向する位置に配置されている。試料４８は誘電体共振器６２の上面に接近するように配置される。また、試料４８の誘電体共振器６２と反対側の面には真鍮製のシールド部材６６が配置されている。
【００４７】
シールド部材６６を配置しない場合はこの誘電体共振器の共振周波数でのＱが９００であったの対し、シールドケース６４の開口端から３０ｍｍの距離Ｌを離した位置にシールド部材６６を配置した場合にはＱが１７００と向上した。
図２１（Ｂ）はこの実施例の誘電体共振器６２の電界ベクトルを示したものであり、モードは$HEM_{11\delta+1}$である。電界は試料測定面で一方向成分を含んでいる。
【００４８】
図２２はこの実施例の誘電体共振器（シールド部材６６を備えたもの）を用いて２軸性(bi axialy oriented)のＰＥＴ（ポリエチレンテレフタレート）の厚さが１９２μｍのシート状試料を測定した共鳴スペクトルを示したものである。
その共鳴スペクトル中の矢印で示したピークについて、試料を面内で回転させたときの共振周波数の変化を図２３に示す。図２３は、試料を置かなかったときのブランク測定時の共振周波数を基準にして、それからの周波数変化値を回転角に対して表わしたものである。半径方向の座標は、中心を６.５ＭＨｚ、外周を７.０ＭＨｚとしている。この結果から、ＰＥＴシートが面内に誘電率異方性を備えていることを明瞭に読み取ることができる。
【００４９】

図２４は誘電体共振器も試料も回転させることなく試料の誘電率異方性を測定する他の実施例を示したものである。円形誘電体共振器６２の周囲に３対のロッドアンテナが配置されている。５６ａ－１，５６ａ－２，５６ａ－３は励振装置のロッドアンテナ、５６ｂ－１，５６ｂ－２，５６ｂ－３は検出装置のロッドアンテナであり、ロッドアンテナ５６ａ－１と５６ｂ－１が対をなして共振器６２を挟むように配置され、５６ａ－２と５６ｂ－２が対をなして共振器６２を挟むように配置され、５６ａ－３と５６ｂ－３が対をなして共振器６２を挟むように配置されている。ロッドアンテナ５６ａ－１により発生する電界ベクトルの方向とロッドアンテナ５６ａ－２により発生する電界ベクトルの方向が６０度をなし、ロッドアンテナ５６ａ－２により発生する電界ベクトルの方向とロッドアンテナ５６ａ－３により発生する電界ベクトルの方向が６０度をなすように、各ロッドアンテナが配置されている。７０は励振装置の発振器であり、発振器７０とロッドアンテナ５６ａ－１～５６ａ－３との接続は分配器６５により順次切り換えられる。７２は検出器であり、検出器７２とロッドアンテナ５６ｂ－１～５６ｂ－３との接続は分配器６７により順次切り換えられる。分配器６５と６７は、切換え駆動装置６８により各対のロッドアンテナを発振器７０と検出器７２にそれぞれ接続させるように同期して制御される。

【００５０】

図２４の実施例では、共振器６２の試料測定面上に試料があるとき、作動するロッドアンテナ対を切換え駆動装置６８により切り換えることにより、６０度ずつ異なった３方向の共振スペクトルを測定することができ、試料も共振器６２も回転させることなく、試料面内での誘電率異方性を測定することができる。

図２４の実施例では、共振器６２の試料測定面が円形であるが、発振器と検出器の端子としてロッドアンテナを用いる場合は、試料測定面は円形であるよりも多角形の方が電界ベクトルの均一性がよくなる。そのため、図２４の実施例では共振器６２の試料測定面の形状を正六角形とすることができる。

【００５１】

図２５は、Ａ／Ｄ変換器によりデジタル信号に変換されて取り込まれたマイクロ波検出出力データを処理するデータ処理装置としてのコンピュータを概略的に示したものである。８０はＣＰＵ、８１は制御部、８２はデータ記憶メモリ、８３はＣＲＴ、液晶板などの表示装置、８４はプリンタ、８５はキーボードその他の入力装置である。

【００５２】

制御部８１において、制御プログラム格納部８１１は装置全体の動作を制御するプログラムの他、マイクロ波電力の供給のプログラムその他も含んでいる。試料制御プログラム格納部８１２は、例えば図１４の実施例では試料又は誘電体共振器を回転させる動作を制御したり、図２４の実施例では作動するロッドアンテナ対を切り換える動作を制御するプログラムを格納している。サンプリングプログラム格納部８１３は検出データのサンプリングプログラムを格納しており、サンプリングプログラムは検出データサンプリングのタイミング及びＡ／Ｄ変換器１３８によるＡ／Ｄ変換のタイミングを制御する。データ処理プログラム格納部８１４に格納されたデータ処理プログラムは、サンプリングされ、このデータ処理装置に導入された測定データ（透過又は反射マイクロ波強度検出データとこれに対応する測定マイクロ波周波数、使用番号、試料の回転角度などのデータを含む）の記憶、演算処理その他の処理を制御し、その測定データからの配向パターンの形成、配向方向、配向度の演算導出を行なう。

【００５３】

出力プログラム格納部８１５に格納された出力プログラムは、配向パターン、配向方向、配向度などを随時選択して表示装置８３又はプリンタ８４に出力する動作を制御する。

【００５４】

データ記憶メモリ８２は、このデータ処理装置に導入された測定データを一時格納するための入力バッファメモリ領域８２１、これらのデータから配向方向、配向度、配向パターンその他を算出した処理データを格納する処理データ領域８２２、データ処理のための基礎データの格納領域８２３、表示又は印字するデータを随時格納したり更新する出力バッ

ファメモリ領域８２４などを備えている。
【００５５】
試料又は誘電体共振器の回転角度を検出するためにロータリーエンコーダ５３が設けられている。５２は周波数カウンターであり、例えばマイクロ波発振器に設けられる。ロータリーエンコーダ５３による試料の回転角度信号及び周波数カウンター５２による測定周波数信号は、Ａ／Ｄ変換器による試料透過又は反射マイクロ波強度検出データと対応してこのデータ処理装置に導入される。
【００５６】
【発明の効果】
本発明は、試料に接近もしくは接触する平面を有する誘電体共振器を備え、試料が存在するときの誘電体共振器の共振周波数近傍の周波数で、かつその平面に平行な試料内平面において一方向成分をもつ電界ベクトルをその誘電体共振器に発生させながら、試料もしくは誘電体共振器をその平面内で回転させるか、電界ベクトルの方向を変化させたり、又は試料に接近もしくは接触する平面を有し互いに接近して配置された複数の誘電体共振器を備えて、試料が存在するときの誘電体共振器の共振周波数近傍の周波数で、かつその平面に平行な試料内平面において一方向成分をもつ電界ベクトルで、互いに異なる方向をもった電界ベクトルを各誘電体共振器に発生させるようにする。そして、試料もしくは誘電体共振器の回転又は電界ベクトルの変化にともなう共振エネルギーの検出値の変化、又は電界ベクトルの方向の異なる複数の誘電体共振器からの共振エネルギーの検出値から、試料の誘電的異方性を求めるようにしたので、試料の形状がシート状のものである場合に限らず、立体的な成型品のような試料においてもその誘電的異方性を測定できるようになる。

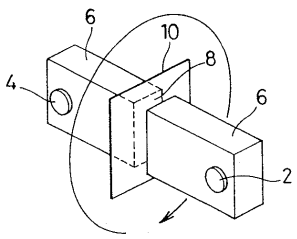
誘電体共振器を回転させるか、電界ベクトルの方向を変化させるか、又は電界ベクトルの方向の異なる複数の誘電体共振器を配置することにより、移動する試料を連続して測定できるようになり、生産現場におけるオンライン測定に適用することができるようになる。

そして、誘電体共振器として試料測定面が正方形又は長方形である方形共振器を用い、マイクロ波用励振装置と検出装置の端子として直線の棒状のロッドアンテナを用いるので、測定する試料内平面における電界ベクトルの方向の均一性が優れている。

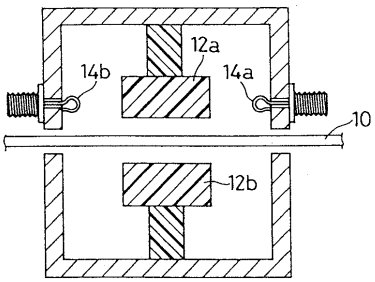
また、試料が配置される部分を除いて誘電体共振器を導電性のシールド部材で被うようにしたので、共振スペクトルのＱが上がり、Ｓ／Ｎ比のよい測定ができるようになる。
【図面の簡単な説明】
【図１】マイクロ波空洞共振器を用いた従来の配向測定装置を示す概略斜視図である。
【図２】誘電体共振器を用いた従来の配向測定装置を示す断面図である。
【図３】（Ａ）は本発明の原理を説明する一実施形態の概略斜視図、（Ｂ）はその等価回路図である。
【図４】誘電体共振器での$HEM_{11}\delta$モードにおける電界分布を示したものであり、（Ａ）は誘電体共振器の末端付近の水平面での電界分布、（Ｂ）はφ＝０の経線面での電界分布である。
【図５】（Ａ）は誘電体共振器における透過マイクロ波強度と周波数との関係を示すＱカーブの図であり、（Ｂ）は誘電率変化に伴なう共振周波数シフトを示す図である。
【図６】（Ａ）は試料又は誘電体共振器を回転させたときのＱカーブの変化を示す図であり、（Ｂ）は特定の周波数での断面を示す図である。
【図７】（Ａ）は図６（Ｂ）の断面を回転角度Ｓを横軸にして書き直した図であり、（Ｂ）はさらにそれを極座標系に書き直した図である。
【図８】第１の実施例を表わす斜視図である。
【図９】（Ａ）は同実施例の測定装置で試料を置かなかったときの透過エネルギースペクトルを示す図、（Ｂ）は（Ａ）中に矢印で示した部分を拡大した図である。
【図１０】同実施例における５０７０.２ＭＨｚ付近の共振ピークを示す図であり、（Ａ）は試料を置かなかったブランク測定時、（Ｂ）は試料として紙を置いた場合である。

【図１１】（Ａ）は誘電体共振器による反射エネルギーを測定する実施例を示す斜視図であり、（Ｂ）はそこでの誘電体共振器とロッドアンテナを示す正面図である。
【図１２】（Ａ）は図１１の実施例におけるブランク測定時の反射エネルギースペクトルを示す図、（Ｂ）はその矢印で示したピークを示す図である。
【図１３】図１１の実施例における４５７５.８７５ＭＨｚ付近のピークを示す図であり、（Ａ）はブランク測定時、（Ｂ）は試料として紙を置いたとき場合である。
【図１４】誘電体共振器を回転させるようにした実施例を示す正面断面図である。
【図１５】発生する電界ベクトルの方向が異なるように設置された複数個の誘電体共振器をもつ実施例を示す概略斜視図である。
【図１６】（Ａ）は方形共振器とロッドアンテナを組み合わせた実施例を示す概略斜視図、（Ｂ）はその実施例における共振モードと共振周波数を示す図表である。
【図１７】（Ａ）は方形共振器とループアンテナを組み合わせた実施例を示す概略斜視図、（Ｂ）は方形共振器とロッドアンテナを組み合わせた実施例を示す概略斜視図である。
【図１８】（Ａ）～（Ｄ）はそれぞれ空洞共振器と誘電体共振器でループアンテナ又はロッドアンテナを用いた場合の電界分布を示す図である。
【図１９】（Ａ）は方形共振器にループアンテナを組み合わせた測定装置を示す概略斜視図、（Ｂ），（Ｃ）は試料の方向を９０度異ならせて測定する状態を示す平面図、（Ｄ）は試料の方向による共振スペクトルの変化を示す図である。
【図２０】（Ａ）は方形共振器にロッドアンテナを組み合わせた測定装置を示す概略斜視図、（Ｂ）は試料の方向による共振スペクトルの変化を示す図である。
【図２１】（Ａ）はシールド部材を備えた実施例を示す概略斜視図、（Ｂ）はこの実施例の誘電体共振器の電界ベクトルを示す概略斜視図である。
【図２２】図２１の実施例によりＰＥＴ試料を測定した共鳴スペクトルを示す図である。
【図２３】図２１の実施例で試料を面内で回転させたときの共振周波数の変化を示す図である。
【図２４】誘電体共振器も試料も回転させることなく試料の誘電率異方性を測定する他の実施例を示す概略構成図である。
【図２５】データ処理装置としてのコンピュータを概略的に示すブロック図である。
【符号の説明】
２０，２０ａ，２０ｂ，２０ｃ，５４，６２　誘電体共振器
２２ａ，２２ｂ，４０，５６ａ，５６ｂ，６０ａ，６０ｂ，５６ａ－１～５６ａ－３，５６ｂ－１～５６ｂ－３　アンテナ
２４　電界ベクトル
２５，４８　試料
２６，７０　発振器
２８，７２　検出器
３０　コントローラ
３２　コンピュータ
４２　ロータリージョイント
４８　試料
６４，６６　シールド部材
６５，６７　分配器
６８　切換え駆動装置

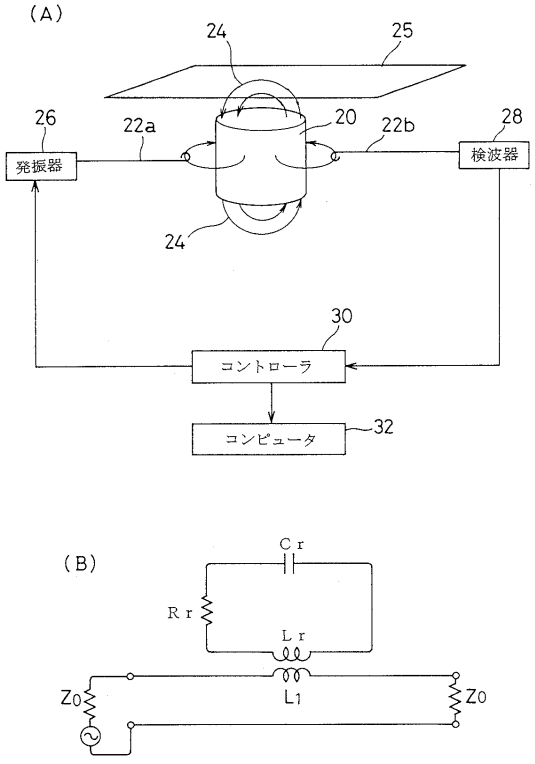
【図１】


6
10
8
4
6
2

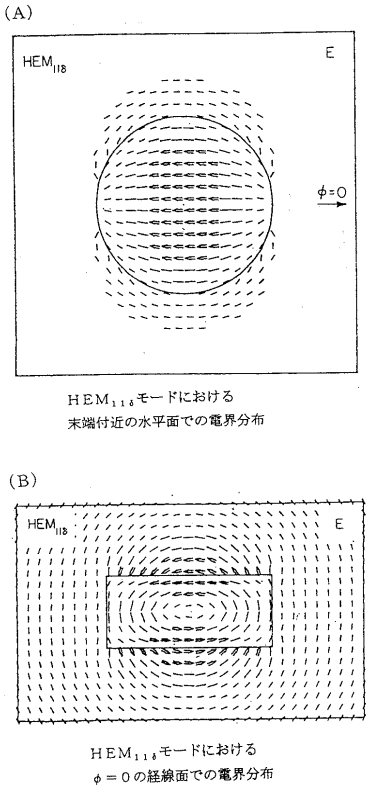
【図２】


12a
14b
14a
10
12b

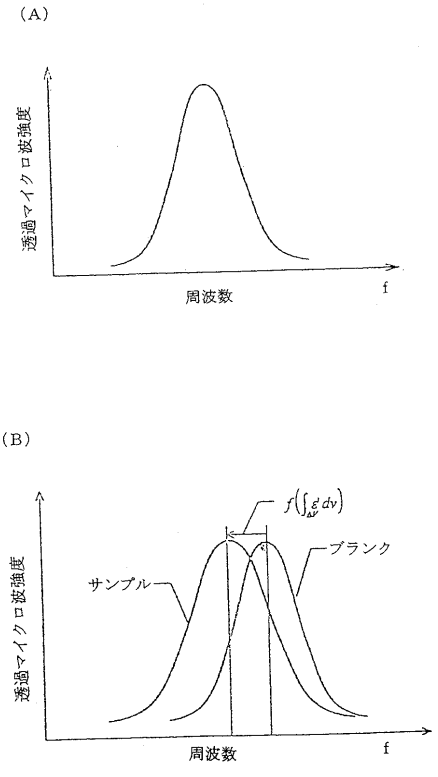
【図３】


(A)
24
25
26
22a
20
22b
28
発振器
検波器
24
30
コントローラ
コンピュータ
32
(B)
Cr
Rr
Lr
L1
Z0
Z0

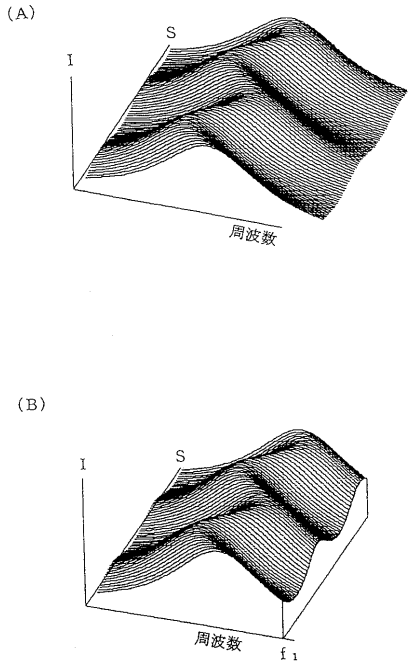
【図４】


(A)
HEM11δ
E
ϕ=0
HEM11δモードにおける
末端付近の水平面での電界分布
(B)
HEM11δ
E
HEM11δモードにおける
ϕ＝0の経線面での電界分布

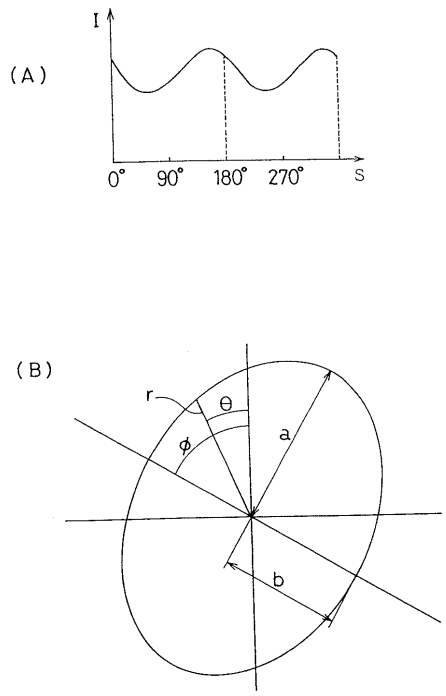
【図５】


(A)
透過マイクロ波強度
周波数
f
(B)
f(∫δ'dv)
ブランク
サンプル
透過マイクロ波強度
周波数
f

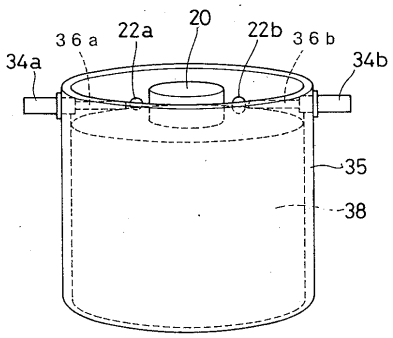
【図６】


(A)
I
S
周波数
(B)
I
S
周波数
f 1

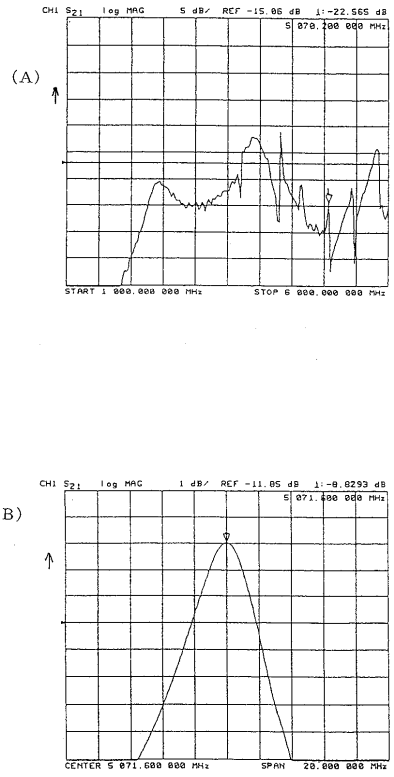
【図７】


(A)
I
0°
90°
180°
270°
S
(B)
r
θ
ϕ
a
b

【図８】

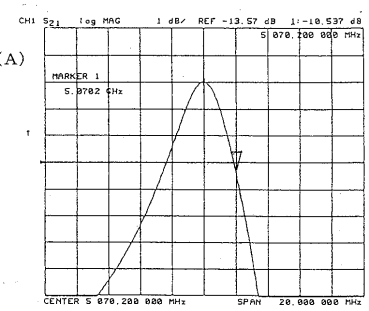

34a
36a
22a
20
22b
36b
34b
35
38

【図９】

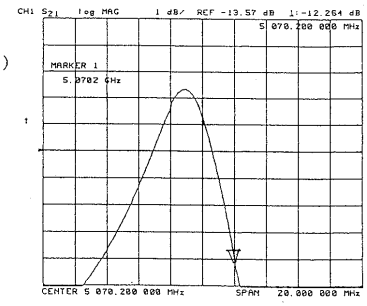

(A)
CH1 S21 log MAG 5 dB/ REF -15.06 dB 1:-22.565 dB
S 070.200 000 MHz
START 1 000.000 000 MHz
STOP 6 000.000 000 MHz
(B)
CH1 S21 log MAG 1 dB/ REF -11.85 dB 1:-8.8293 dB
S 071.400 000 MHz
CENTER S 071.600 000 MHz
SPAN 20.000 000 MHz

【図１０】

(A)

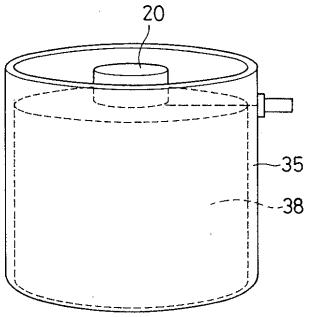


(B)

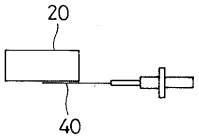


【図１１】

(A)

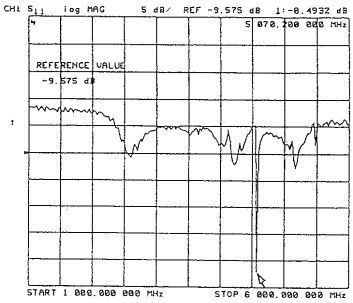


(B)

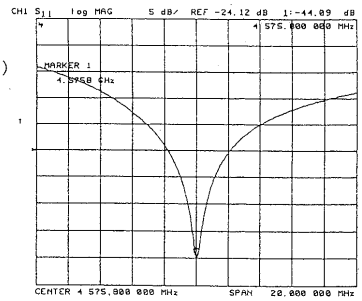


【図１２】

(A)

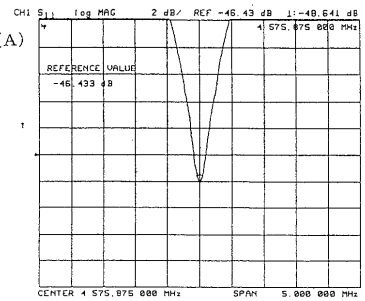


(B)

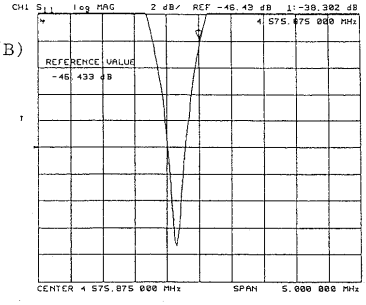


【図１３】

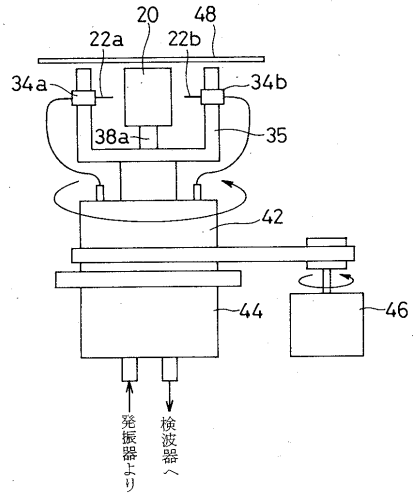
(A)



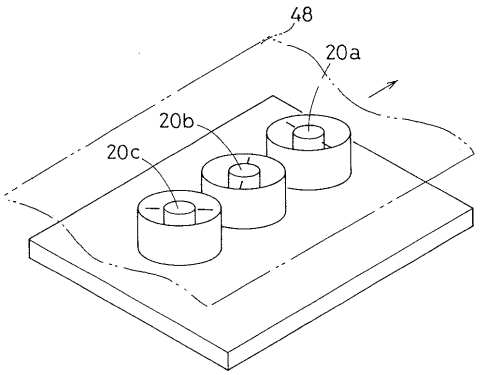
(B)



【図１４】

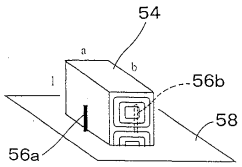


【図１５】



【図１６】

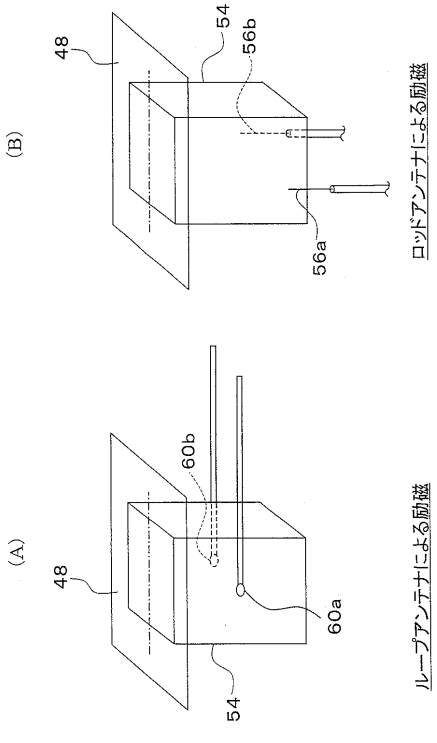
(A)



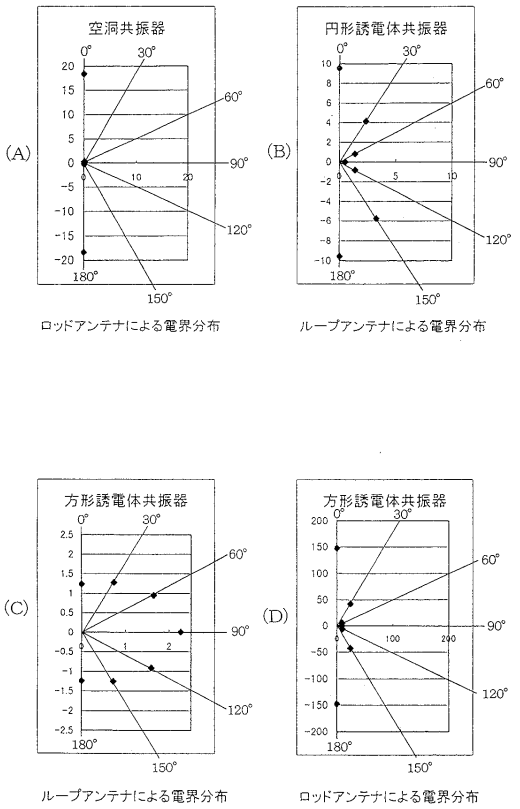
(B)

モード	a	b	l	15 mm 19 19 B		15 mm 30 16.5 E		15 mm 16.5 11 D	
				計算値	実測値	計算値	実測値	計算値	実測値
101				1.791 GHz	2.2 GHz	1.834	2.1	2.022	2.5
102				2.555	2.833	2.783	3.061	3.724	4.248
201				3.397		3.425		3.557	
103				3.625		4.063		>6.0	
202				3.865		4.028		4.756	

【図１７】



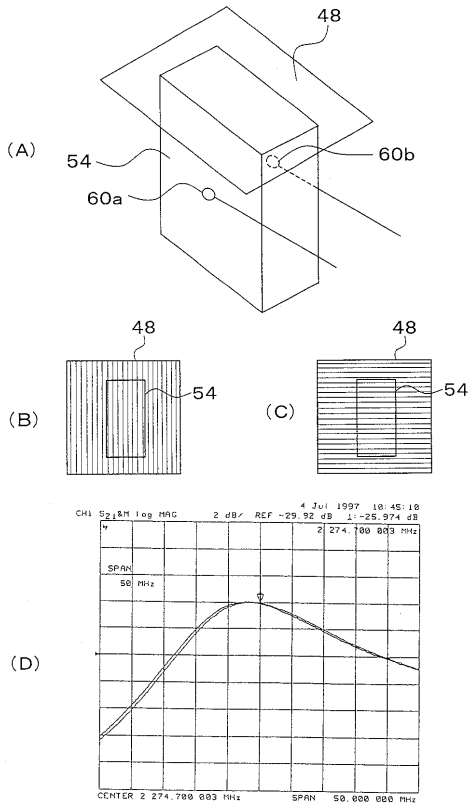
【図１８】



ロッドアンテナによる電界分布　　ループアンテナによる電界分布

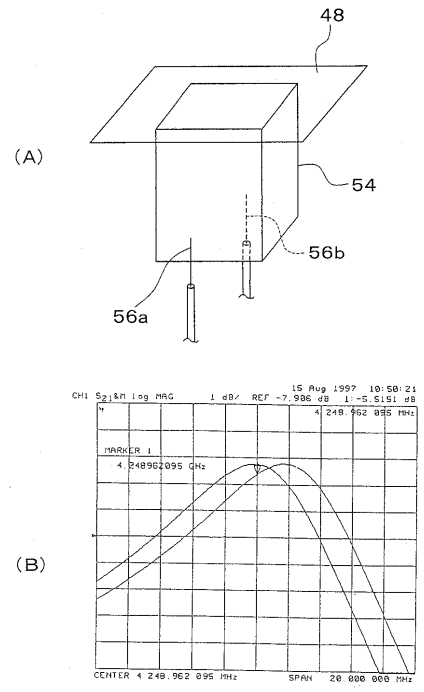
ループアンテナによる電界分布　　ロッドアンテナによる電界分布

【図１９】



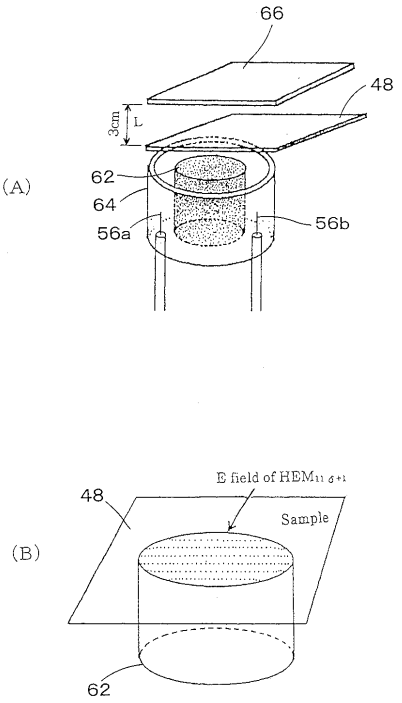
周波数シフト→0．6MHz

【図２０】

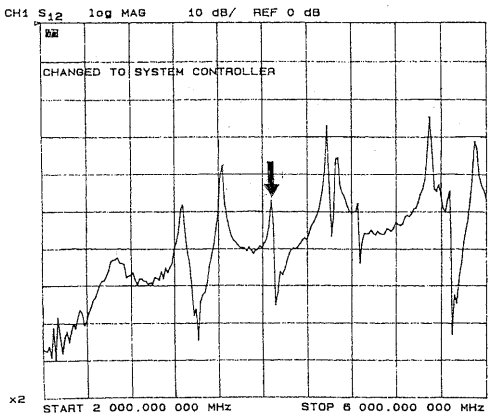


周波数シフト→1．7MHz

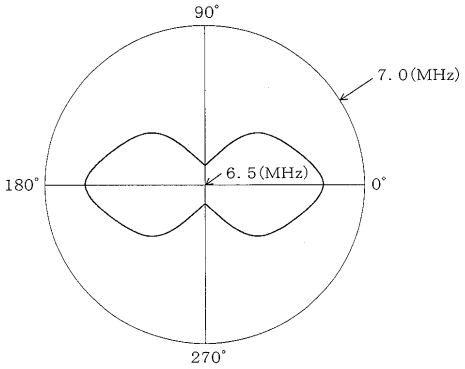
【図２１】



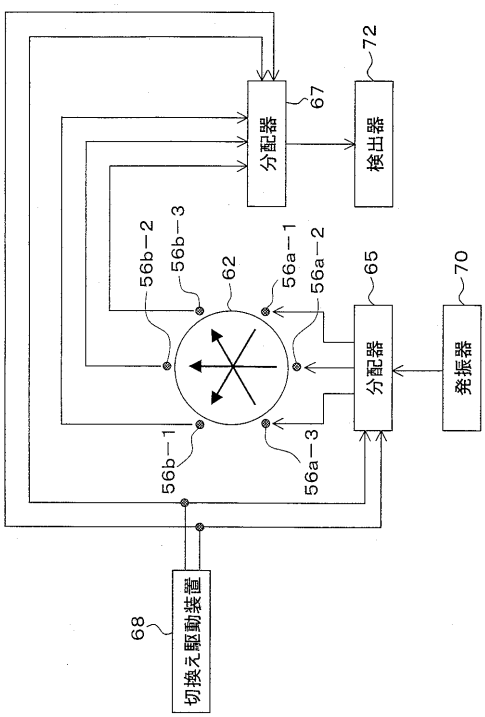
【図２２】



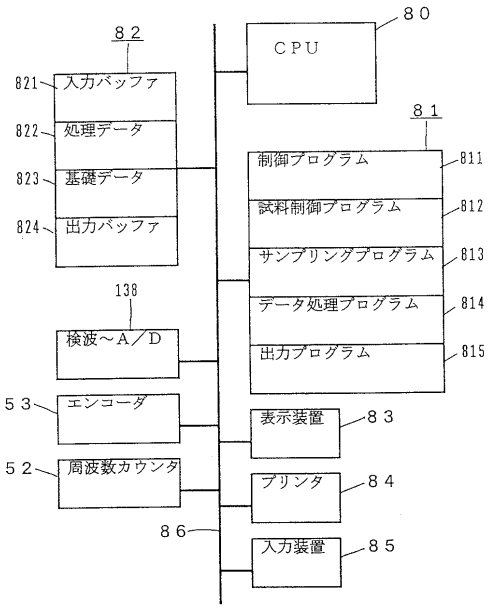
【図２３】



【図２４】



【図２５】



フロントページの続き

(56)参考文献 特公平０３－０３９６３２（ＪＰ，Ｂ２）
特開平０７－１２０５１５（ＪＰ，Ａ）
実開平０３－０７０３６８（ＪＰ，Ｕ）
欧州特許出願公開第００５４７９６８（ＥＰ，Ａ１）
国際公開第９６／０１１４１０（WO，Ａ１）
特開平０７－２７０３４２（ＪＰ，Ａ）
特公平０４－００９４６７（ＪＰ，Ｂ２）
特開平０７－２２５２００（ＪＰ，Ａ）
特公平０５－０４９０６２（ＪＰ，Ｂ２）
実公平０７－０１４８７０（ＪＰ，Ｙ２）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
G01N 22/00-22/04
G01R 27/00-27/32
JICSTファイル(JOIS)