

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4572900号
(P4572900)

(45) 発行日 平成22年11月4日 (2010. 11. 4)

(24) 登録日 平成22年8月27日 (2010. 8. 27)

(51) Int. Cl.

F I

H O 1 P 7/08 (2006. 01)

H O 1 P 7/08

請求項の数 12 (全 26 頁)

(21) 出願番号 特願2006-552875 (P2006-552875)
 (86) (22) 出願日 平成17年12月22日 (2005. 12. 22)
 (86) 国際出願番号 PCT/JP2005/023578
 (87) 国際公開番号 W02006/075498
 (87) 国際公開日 平成18年7月20日 (2006. 7. 20)
 審査請求日 平成19年5月17日 (2007. 5. 17)
 (31) 優先権主張番号 特願2005-4200 (P2005-4200)
 (32) 優先日 平成17年1月11日 (2005. 1. 11)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(73) 特許権者 000006231
 株式会社村田製作所
 京都府長岡京市東神足1丁目10番1号
 (74) 代理人 100079441
 弁理士 広瀬 和彦
 (72) 発明者 岡野 健
 京都府長岡京市東神足1丁目10番1号
 株式会社村田製作所内

審査官 麻生 哲朗

(56) 参考文献 特表2000-502231 (JP, A)
)
 特開平10-284913 (JP, A)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 誘電体共振器装置、発振器装置および送受信装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

誘電体基板の表面、裏面に電極が設けられ表面側の電極が略円形電極となった T M 0 1 0 モード共振器と、該 T M 0 1 0 モード共振器の誘電体基板の裏面が対向した状態で面装される外部基板と、該外部基板に設けられ前記 T M 0 1 0 モード共振器に接続される信号線路とを備えた誘電体共振器装置において、

前記 T M 0 1 0 モード共振器の誘電体基板の裏面には、前記信号線路に接続されて当該 T M 0 1 0 モード共振器と磁界結合するための磁界結合部を設け、

前記磁界結合部は、前記誘電体基板の裏面に位置して前記略円形電極と対向した位置を
 通って前記誘電体基板の端部側に向けて延び、前記外部基板の信号線路に対してその両端
 が電氣的に接続される結合線路によって構成し、

前記誘電体基板の裏面に設けられた前記裏面電極は、該結合線路の幅方向両側に位置して該結合線路との間に隙間を形成する構成としたことを特徴とする誘電体共振器装置。

【請求項 2】

前記結合線路は、前記略円形電極の中心軸を通る構成としてなる請求項 1 に記載の誘電体共振器装置。

【請求項 3】

前記結合線路は、その幅寸法に応じて前記 T M 0 1 0 モード共振器との結合量を設定する構成としてなる請求項 1 に記載の誘電体共振器装置。

【請求項 4】

10

20

前記結合線路と裏面電極との間の隙間は、その間隔寸法に応じて前記ＴＭ０１０モード共振器との結合量を設定する構成としてなる請求項1に記載の誘電体共振器装置。

【請求項 5】

前記外部基板には、前記ＴＭ０１０モード共振器の結合線路と対向する位置を除いて信号線路とグランド電極とを設け、

前記信号線路はバンプを用いて前記ＴＭ０１０モード共振器の結合線路の端部に接続し、前記グランド電極はバンプを用いて前記ＴＭ０１０モード共振器の裏面電極に接続する構成としてなる請求項1に記載の誘電体共振器装置。

【請求項 6】

誘電体基板の表面、裏面に電極が設けられ表面側の電極が略円形電極となったＴＭ０１０モード共振器と、該ＴＭ０１０モード共振器の誘電体基板の裏面が対向した状態で面実装される外部基板と、該外部基板に設けられ前記ＴＭ０１０モード共振器に接続される信号線路とを備えた誘電体共振器装置において、

前記ＴＭ０１０モード共振器の誘電体基板の裏面には、前記信号線路に接続されて当該ＴＭ０１０モード共振器と磁界結合するための磁界結合部を設け、

前記誘電体基板の裏面に設けられた前記裏面電極は、前記略円形電極と対向して配置し、

前記磁界結合部は、該裏面電極に設けた開口に短絡点が挟まれた結合電極によって構成し、該結合電極は前記外部基板の信号線路に対して１箇所電気的に接続される構成としたことを特徴とする誘電体共振器装置。

【請求項 7】

前記裏面電極にはコ字状の開口を設け、前記結合電極は、先端側が該コ字状の開口に取囲まれて前記外部基板の信号線路に接続され、基端側が前記裏面電極に接続されて短絡点となる構成としてなる請求項6に記載の誘電体共振器装置。

【請求項 8】

前記結合電極は、前記ＴＭ０１０モード共振器の磁界が強い位置と短絡点との距離に応じて前記ＴＭ０１０モード共振器との結合量を設定する構成としてなる請求項6に記載の誘電体共振器装置。

【請求項 9】

前記開口は、前記結合電極の短絡点を挟んで両側に配置された部位の間隔寸法に応じて前記ＴＭ０１０モード共振器との結合量を設定する構成としてなる請求項6に記載の誘電体共振器装置。

【請求項 10】

前記ＴＭ０１０モード共振器の誘電体基板の裏面には他の磁界結合部を設け、

該他の磁界結合部は、前記裏面電極に設けた開口に短絡点が挟まれた結合電極によって構成してなる請求項1に記載の誘電体共振器装置。

【請求項 11】

請求項 1 ないし 10 のいずれかに記載の誘電体共振器装置を用いた発振器装置。

【請求項 12】

請求項 1 ないし 10 のいずれかに記載の誘電体共振器装置を用いた送受信装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、例えばマイクロ波、ミリ波等の高周波の電磁波を発振する誘電体共振器装置並びに該誘電体共振器装置を用いた発振器装置および送受信装置に関する。

【背景技術】

【0002】

一般に、誘電体共振器装置として、誘電体基板の表面に円形電極が形成された共振器と、該共振器の端部近傍に位置して誘電体基板に設けられた給電線とを備えたものが知られている（例えば、特許文献 1 参照）。

10

20

30

40

50

【0003】

また、誘電体共振器装置を用いた発振器装置として、誘電体基板上に所定の発振周波数の信号を発振する発振回路部と前記発振周波数を設定するTMO10モード共振器等からなる誘電体共振器部とを設ける構成としたものが知られている（例えば、特許文献2参照）。このような発振器装置では、発振回路部と誘電体共振器部とを別々の誘電体基板を用いて構成すると共に、これらの誘電体基板の誘電率と厚みをそれぞれの回路部に適した値に設定していた。これにより、例えば発振回路部の基板は誘電率の低いものを用いることによって相対的な寸法精度を高めることができ、誘電体共振器部の基板は誘電率が高く厚みの大きなものを用いることによってQ（Quality factor）値を高めることができると共に、これらを組合せることによって発振器装置全体の量産性を高めていた。

10

【0004】

また、略直方体状の誘電体ブロックからなる導波管型の誘電体共振器も知られている（例えば、特許文献3参照）。このような誘電体共振器では、誘電体ブロックの実装面に対してグランド電極に接続された短絡点を有する入出力電極を設け、該入出力電極を用いて誘電体共振器を励振する構成としていた。

【0005】

【特許文献1】特開平7-336106号公報

【特許文献2】特開平11-234009号公報

【特許文献3】国際公開WO2002/078119号パンフレット

【0006】

20

ところで、上述した特許文献1に記載された従来技術では、給電線と共振器とを強く結合させるために、給電線とグランドとの間隔を共振器とグランドとの間隔よりも大きくする構成としていた。このとき、給電線の周囲でグランドとの間隔を広げるために例えば誘電体基板の厚さ方向に対して大きな空間が必要となるから、誘電体共振器装置の厚さ寸法が大きくなる傾向があった。また、給電線を共振器の外側に配置するから、誘電体共振器装置の面積も大きくなる傾向があり、装置全体が大型化するという問題があった。

【0007】

また、特許文献2に記載された従来技術では、誘電体共振器部の誘電体基板に発振周波数を制御するための周波数制御回路や終端抵抗等を設ける構成としていた。このとき、誘電体共振器部に用いる誘電体基板は高い誘電率を有するために高価になり易いのに対し、この誘電体基板の面積が大きくなるから、発振器装置全体の製造コストが高くなるという問題があった。

30

【0008】

さらに、特許文献3に記載された従来技術では、導波管型の誘電体共振器を用いるから、誘電体ブロックの長さ寸法、幅寸法に応じて共振器の電気特性が決まる構成となっている。このとき、誘電体ブロックの加工方法として、射出成形後に焼成する方法、誘電体の焼成後にダイシングによって切出す方法等が考えられてるが、このような加工方法では製造誤差が大きく、所望の寸法精度が得られない。このため、誘電体ブロックの形成後に再度研磨等を施して長さ寸法、幅寸法の精度を高める必要があり、製造コストが高くなる傾向がある。また、このような高精度な外形加工が必要な誘電体ブロックに対して、さらに入出力電極を形成するから、誘電体ブロックと入出力電極との相対位置が僅かに位置ずれしたときでも、誘電体共振器と入出力電極との間の結合量が変化してしまう。この結果、個々の誘電体共振器毎に入出力電極との結合量にばらつきが生じ易く、共振器の電気特性のばらつきが大きいという問題がある。

40

【発明の開示】

【0009】

本発明は上述した従来技術の問題に鑑みなされたもので、本発明の目的は、電気特性を安定化させることができ、小型で製造コストの低減が可能な誘電体共振器装置、発振器装置および送受信装置を提供することにある。

【0010】

50

上述した課題を解決するために請求項 1 の発明は、誘電体基板の表面，裏面に電極が設けられ表面側の電極が略円形電極となった T M 0 1 0 モード共振器と、該 T M 0 1 0 モード共振器の誘電体基板の裏面が対向した状態で面実装される外部基板と、該外部基板に設けられ前記 T M 0 1 0 モード共振器に接続される信号線路とを備えた誘電体共振器装置において、前記 T M 0 1 0 モード共振器の誘電体基板の裏面には、前記信号線路に接続されて当該 T M 0 1 0 モード共振器と磁界結合するための磁界結合部を設け、前記磁界結合部は、前記誘電体基板の裏面に位置して前記略円形電極と対向した位置を通して前記誘電体基板の端部側に向けて延び、前記外部基板の信号線路に対してその両端が電氣的に接続される結合線路によって構成し、前記誘電体基板の裏面に設けられた前記裏面電極は、該結合線路の幅方向両側に位置して該結合線路との間に隙間を形成する構成としたことを特徴

10

【 0 0 1 1 】

本発明によれば、T M 0 1 0 モード共振器の誘電体基板の裏面には、信号線路に接続された磁界結合部を設けたから、磁界結合部に生じる磁界を T M 0 1 0 モード共振器内の磁界と一致させて磁界結合部を T M 0 1 0 モード共振器に磁界結合させることができる。これにより、磁界結合部を用いて T M 0 1 0 モード共振器と信号線路との間を接続することができ、信号線路を伝搬する高周波信号によって T M 0 1 0 モード共振器を励振することができる。

【 0 0 1 2 】

また、磁界結合部は T M 0 1 0 モード共振器の誘電体基板の裏面に設けた電極によって構成することができるから、磁界結合部をなす電極は、T M 0 1 0 モード共振器を構成する裏面電極と同時に（一緒）に形成することができる。このため、T M 0 1 0 モード共振器と磁界結合部との間の結合量のばらつきを少なくすることができ、T M 0 1 0 モード共振器毎の電気特性をほぼ一定に維持することができる。さらに、磁界結合部は略円形電極と対向した位置に配置することができるから、略円形電極よりも外側で結合する電界結合に比べて、T M 0 1 0 モード共振器を小型化することができる。

20

【 0 0 1 3 】

また、T M 0 1 0 モード共振器では共振器を構成する略円形電極と裏面電極および誘電体基板の厚み寸法によって共振器の電気特性が決まる構成となっている。従って、磁界結合部を共振器を構成する裏面電極と同時に形成することができるため、安定した結合特性を容易に得ることができる。この結果、高精度の加工が難しい導波管型の誘電体共振器の場合に比べて、製造コストを低減することができる。さらに、磁界結合部は T M 0 1 0 モード共振器に対して安定した結合特性を得ることができるから、周波数制御回路等は T M 0 1 0 モード共振器の誘電体基板に設ける必要がなく、外部基板側に設けることができる。このため、誘電体基板から周波数制御回路等を省くことができ、T M 0 1 0 モード共振器を小型化することができる。

30

【 0 0 1 4 】

また、請求項 1 の発明では、前記磁界結合部は、前記誘電体基板の裏面に位置して前記略円形電極と対向した位置を通して前記誘電体基板の端部側に向けて延び、前記外部基板の信号線路に対してその両端が電氣的に接続される結合線路によって構成し、前記誘電体

40

【 0 0 1 5 】

略円形電極と対向した位置を通る結合線路を用いて磁界結合部を構成し、結合線路の両端を外部基板の信号線路にそれぞれ接続した場合には、外部基板の信号線路側の回路に対して T M 0 1 0 モード共振器を並列に接続したことになる。このとき、結合線路に共振周波数の高周波信号を伝搬させることによって、結合線路の周囲には誘電体基板の内部に位置して T M 0 1 0 モード共振器の磁界と同じ向きの磁界を発生させることができる。これにより、結合線路と T M 0 1 0 モード共振器とを磁界結合させることができるから、結合線路の両端のうち一方から伝わる高周波信号は、T M 0 1 0 モード共振器によって反射さ

50

れ、反作用形の共振器を構成することができる。

【 0 0 1 6 】

請求項 2 の発明では、前記結合線路は、前記略円形電極の中心軸を通る構成としている。

【 0 0 1 7 】

本発明によれば、結合線路は略円形電極の中心軸を通る構成としたから、他の位置に結合線路を設けた場合に比べて、結合線路による損失を低減することができる。即ち、T M 0 1 0 モード共振器が共振状態となったときには、略円形電極の中心軸に向って放射状に共振電流が流れる。このとき、結合線路を略円形電極の中心軸と異なる位置を通る構成とした場合には、結合線路の両脇に設けた隙間によって共振電流を遮断するから、T M 0 1 0 モード共振器の損失が大きくなる。これに対し、本発明では、結合線路は略円形電極の中心軸を通るから、共振電流を結合線路の両脇に設けた隙間によって遮ることがなく、結合線路による損失を低減することができる。

10

【 0 0 1 8 】

請求項 3 の発明では、前記結合線路は、その幅寸法に応じて前記 T M 0 1 0 モード共振器との結合量を設定する構成としている。

【 0 0 1 9 】

本発明によれば、結合線路の幅寸法に応じて T M 0 1 0 モード共振器との結合量を設定する構成としたから、結合線路の幅寸法を大きくすることによって結合線路周囲の磁界を広げて結合量を増加させることができ、結合線路の幅寸法を小さくすることによって結合線路周囲の磁界を狭めて結合量を減少させることができる。この結果、結合線路の幅寸法に応じて T M 0 1 0 モード共振器との結合量を所望量に調整することができ、設計自由度を高めることができる。

20

【 0 0 2 0 】

請求項 4 の発明では、前記結合線路と裏面電極との間の隙間は、その間隔寸法に応じて前記 T M 0 1 0 モード共振器との結合量を設定する構成としている。

【 0 0 2 1 】

本発明によれば、結合線路と裏面電極との間の隙間の間隔寸法に応じて T M 0 1 0 モード共振器との結合量を設定する構成としたから、隙間の間隔寸法を大きくすることによって結合線路周囲の磁界を広げて結合量を増加させることができ、隙間の間隔寸法を小さくすることによって結合線路周囲の磁界を狭めて結合量を減少させることができる。この結果、隙間の間隔寸法に応じて T M 0 1 0 モード共振器との結合量を所望量に調整することができ、設計自由度を高めることができる。

30

【 0 0 2 2 】

請求項 5 の発明では、前記外部基板には、前記 T M 0 1 0 モード共振器の結合線路と対向する位置を除いて信号線路とグランド電極とを設け、前記信号線路はバンプを用いて前記 T M 0 1 0 モード共振器の結合線路の端部に接続し、前記グランド電極はバンプを用いて前記 T M 0 1 0 モード共振器の裏面電極に接続する構成としている。

【 0 0 2 3 】

本発明によれば、外部基板には T M 0 1 0 モード共振器の結合線路と対向する位置を除いて信号線路とグランド電極とを設けたから、外部基板に T M 0 1 0 モード共振器を実装したときには、結合線路の周囲に外部基板のグランド電極等が配置されることがなくなる。このため、バンプを用いて外部基板の信号線路、グランド電極に対して T M 0 1 0 モード共振器の結合線路、裏面電極をそれぞれ接続した場合に、バンプの高さ寸法にばらつきが生じて、結合線路の周囲に生じる磁界に対して外部基板のグランド電極等が影響することがなくなる。この結果、バンプの高さ寸法にばらつきが生じた場合でも、T M 0 1 0 モード共振器と結合線路との間の結合量を一定に保持することができ、結合量を安定化させることができる。

40

【 0 0 2 4 】

また、請求項 6 の発明は、誘電体基板の表面、裏面に電極が設けられ表面側の電極が略

50

円形電極となったＴＭ０１０モード共振器と、該ＴＭ０１０モード共振器の誘電体基板の裏面が対向した状態で面実装される外部基板と、該外部基板に設けられ前記ＴＭ０１０モード共振器に接続される信号線路とを備えた誘電体共振器装置において、前記ＴＭ０１０モード共振器の誘電体基板の裏面には、前記信号線路に接続されて当該ＴＭ０１０モード共振器と磁界結合するための磁界結合部を設け、前記誘電体基板の裏面に設けられた前記裏面電極は、前記略円形電極と対向して配置し、前記磁界結合部は、該裏面電極に設けた開口に短絡点が挟まれた結合電極によって構成し、該結合電極は前記外部基板の信号線路に対して１箇所で電氣的に接続される構成としたことを特徴としている。

【００２５】

このように構成した場合、外部基板の信号線路側の回路に対してＴＭ０１０モード共振器を直列に接続したことになる。これにより、１個の結合電極をもつＴＭ０１０モード共振器では反射形共振器として動作し、２個の結合電極をもつＴＭ０１０モード共振器では通過形共振器として動作する。通過形のＴＭ０１０モード共振器では、外部基板の信号線路から一方の結合電極に伝わる高周波信号は、ＴＭ０１０モード共振器の共振周波数において共振器を通過し、他の周波数において共振器で反射することができる。

【００２６】

請求項７の発明では、前記裏面電極にはコ字状の開口を設け、前記結合電極は、先端側が該コ字状の開口に取囲まれて前記外部基板の信号線路に接続され、基端側が前記裏面電極に接続されて短絡点となる構成としている。

【００２７】

このように構成することによって、開放端となる結合電極の先端側には高周波信号を入力することができ、短絡点となる結合電極の基端側はその周囲に強い磁界を発生させてＴＭ０１０モード共振器と磁界結合することができる。

【００２８】

請求項８の発明では、前記結合電極は、前記ＴＭ０１０モード共振器の磁界が強い位置と短絡点との距離に応じて前記ＴＭ０１０モード共振器との結合量を設定する構成としている。

【００２９】

本発明によれば、ＴＭ０１０モード共振器の磁界が強い位置と短絡点との距離に応じてＴＭ０１０モード共振器との結合量を設定する構成としたから、短絡点の位置を共振器内部の磁界が強い位置に近付けることによって結合量を増加させることができ、短絡点の位置を共振器内部の磁界が強い位置から遠ざけることによって結合量を減少させることができる。この結果、短絡点の位置に応じてＴＭ０１０モード共振器との結合量を所望量に調整することができ、設計自由度を高めることができる。

【００３０】

請求項９の発明では、前記開口は、前記結合電極の短絡点を挟んで両側に配置された部位の間隔寸法に応じて前記ＴＭ０１０モード共振器との結合量を設定する構成としている。

【００３１】

本発明によれば、開口の間隔寸法に応じてＴＭ０１０モード共振器との結合量を設定する構成としたから、開口の間隔寸法を大きくすることによって短絡点周囲の磁界を広げて結合量を増加させることができ、開口の間隔寸法を小さくすることによって短絡点周囲の磁界を狭めて結合量を減少させることができる。この結果、開口の間隔寸法に応じてＴＭ０１０モード共振器との結合量を所望量に調整することができ、設計自由度を高めることができる。

【００３２】

請求項１０の発明では、前記ＴＭ０１０モード共振器の誘電体基板の裏面には他の磁界結合部を設け、該他の磁界結合部は、前記裏面電極に設けた開口に短絡点が挟まれた結合電極によって構成している。

【００３３】

本発明によれば、T M 0 1 0 モード共振器の誘電体基板の裏面には他の磁界結合部を設け、該他の磁界結合部は、前記裏面電極に設けた開口に短絡点が挟まれた結合電極によって構成したから、例えば結合線路（一の磁界結合部）によって反作用形共振器を構成した状態で、短絡点を有する結合電極（他の磁界結合部）に周波数制御回路部を接続することによって、周波数制御回路部を用いて反射形共振器の反射帯域を制御することができる。このため、結合線路に発振回路を接続すると共に、短絡点を有する結合電極に周波数制御回路部を接続することによって、反作用形の電圧制御発振器を構成することができる。

【 0 0 3 4 】

また、請求項 1 1 の発明のように、本発明の誘電体共振器装置を用いて発振器装置を構成してもよく、請求項 1 2 の発明のように、本発明の誘電体共振器装置を用いて送受信装置を構成してもよい。

10

【 0 0 3 5 】

このとき、誘電体共振器装置は小型で、結合の安定した特性が得られるから、これを用いた発振器装置、送受信装置全体も小型化できると共に、その特性を安定化することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 3 6 】

【図 1】図 1 は本発明の第 1 の実施の形態による誘電体共振器装置を示す斜視図である。

【図 2】図 2 は図 1 中の T M 0 1 0 モード共振器と外部基板とを分解した状態で示す分解斜視図である。

20

【図 3】図 3 は図 1 中の T M 0 1 0 モード共振器を単体で示す斜視図である。

【図 4】図 4 は図 3 中の矢示 IV - IV 方向からみた T M 0 1 0 モード共振器を示す断面図である。

【図 5】図 5 は図 3 中の T M 0 1 0 モード共振器を示す平面図である。

【図 6】図 6 は図 3 中の T M 0 1 0 モード共振器を示す底面図である。

【図 7】図 7 は図 1 中の矢示 VII - VII 方向からみた誘電体共振器装置を示す断面図である。

【図 8】図 8 は図 1 中の誘電体共振器装置を示す等価回路図である。

【図 9】図 9 は第 1 の実施の形態による誘電体共振器装置の反射量と周波数との関係を示す特性線図である。

30

【図 1 0】図 1 0 は第 1 の実施の形態による誘電体共振器装置の反射量と規格化周波数との関係を示す特性線図である。

【図 1 1】図 1 1 は第 1 の変形例による T M 0 1 0 モード共振器を示す平面図である。

【図 1 2】図 1 2 は第 2 の変形例による T M 0 1 0 モード共振器を示す底面図である。

【図 1 3】図 1 3 は第 2 の実施の形態による誘電体共振器装置を T M 0 1 0 モード共振器と外部基板とを分解した状態で示す分解斜視図である。

【図 1 4】図 1 4 は図 1 3 中の T M 0 1 0 モード共振器を示す平面図である。

【図 1 5】図 1 5 は図 1 3 中の T M 0 1 0 モード共振器を示す底面図である。

【図 1 6】図 1 6 は第 2 の実施の形態による誘電体共振器装置の通過量と周波数との関係を示す特性線図である。

40

【図 1 7】図 1 7 は第 2 の実施の形態による誘電体共振器装置の通過量と規格化周波数との関係を示す特性線図である。

【図 1 8】図 1 8 は第 3 の変形例による T M 0 1 0 モード共振器を示す底面図である。

【図 1 9】図 1 9 は第 4 の変形例による T M 0 1 0 モード共振器を示す底面図である。

【図 2 0】図 2 0 は第 5 の変形例による T M 0 1 0 モード共振器を示す底面図である。

【図 2 1】図 2 1 は第 6 の変形例による T M 0 1 0 モード共振器を示す底面図である。

【図 2 2】図 2 2 は第 7 の変形例による T M 0 1 0 モード共振器を示す底面図である。

【図 2 3】図 2 3 は第 3 の実施の形態による発振器装置を示す回路図である。

【図 2 4】図 2 4 は図 2 3 中の T M 0 1 0 モード共振器と発振回路基板とを分解した状態で示す分解斜視図である。

50

【図 25】図 25 は図 23 中の T M 0 1 0 モード共振器を示す平面図である。

【図 26】図 26 は図 23 中の T M 0 1 0 モード共振器を示す底面図である。

【図 27】図 27 は第 8 の変形例による T M 0 1 0 モード共振器を示す底面図である。

【図 28】図 28 は第 4 の実施の形態によるレーダ装置を示すブロック図である。

【符号の説明】

【 0 0 3 7 】

1, 21, 43 T M 0 1 0 モード共振器

2, 22, 44 誘電体基板

3, 3', 23, 45 略円形電極

5, 47 結合線路

7, 25, 25', 49 裏面電極

9, 50 隙間

10 外部基板

11 信号線路

13, 39 グランド電極

15, 53 バンプ

27, 27', 27'', 51 結合電極

28, 28', 28'', 52 開口

31 発振回路基板 (外部基板)

32 発振回路部

34, 41 マイクロストリップ線路 (信号線路)

40 周波数制御回路部

61 レーダ装置 (送受信装置)

62 発振器装置

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 3 8 】

以下、本発明の好ましい実施の形態による誘電体共振器装置、発振器装置および送受信装置を、添付図面を参照して詳細に説明する。

【 0 0 3 9 】

ここで、図 1 ないし図 8 は第 1 の実施の形態による誘電体共振器装置を示し、図において、T M 0 1 0 モード共振器 1 は、後述する誘電体基板 2、略円形電極 3 および裏面電極 7 によって構成されている。

【 0 0 4 0 】

誘電体基板 2 は、誘電体材料を用いて平板状 (小片状) に形成されている。そして、誘電体基板 2 は、例えば 2.6 程度の比誘電率 $\epsilon_r 1$ (例えば $\epsilon_r 1 = 2.6$) をもったセラミックス材料等を用いて形成されている。また、誘電体基板 2 は、例えば図 2、図 5 中の X 方向 (縦方向) と Y 方向 (横方向) に対していずれも長さ寸法 $L 1$ を有すると共に、Z 方向 (厚さ方向) に厚さ寸法 $T 1$ を有した略正方形の平板によって形成されている。

【 0 0 4 1 】

略円形電極 3 は、誘電体基板 2 の表面 2 A に設けられている。そして、略円形電極 3 は、誘電体基板 2 の中央部に位置して金属材料等の導電性薄膜を用いて形成されると共に、その直径寸法 D が誘電体基板 2 内の共振周波数に応じた値に設定されている。

【 0 0 4 2 】

また、略円形電極 3 には、放射状をなす例えば 4 本の切欠き 4 が設けられている。このとき、これら 4 本の切欠き 4 は周方向に対して等間隔に配置されると共に、該各切欠き 4 は、細長い溝状をなして略円形電極 3 の半径方向に沿って延びており、他の共振モード (例えば T M 2 1 0 モード、T M 3 1 0 モード等) の共振周波数の設定に使用される。

【 0 0 4 3 】

結合線路 5 は、磁界結合部を構成している。そして、結合線路 5 は、図 6 に示すように誘電体基板 2 の裏面 2 B に位置して略円形電極 3 と対向した位置を通して誘電体基板 2 の

10

20

30

40

50

端部側（端面２Ｃ側）に向けて延びている。また、結合線路５は、略円形電極３の中心軸〇を通して略円形電極３の直径に沿って直線状に延びると共に、一定の幅寸法 $W1$ を有している。一方、結合線路５の両端には、後述する信号線路１１との接続を容易にするために、幅寸法 $W1$ よりも大きな幅寸法 $W2$ をもった広幅の接続部６が形成されている。そして、接続部６は幅寸法 $W2$ を同じ長さ寸法 $L2$ をもって例えば略正形状に形成され、後述する外部基板１０の信号線路１１に接続されている。

【００４４】

２個の裏面電極７は、誘電体基板２の裏面２Ｂに位置して結合線路５の幅方向両側にそれぞれ設けられている。そして、これら２個の裏面電極７は、誘電体基板２の端面２Ｃ近傍を除いて誘電体基板２の裏面２Ｂ全体を覆い、誘電体基板２を挟んで略円形電極３と対向している。そして、各裏面電極７と誘電体基板２の端面２Ｃとの間には、間隔寸法 $\delta 0$ をもった縁取り部８が形成され、該縁取り部８では誘電体基板２が露出している。

10

【００４５】

隙間９は、裏面電極７と結合線路５との間に形成されている。そして、該隙間９は間隔寸法 $\delta 1$ をもって結合線路５に沿って直線状に延びると共に、裏面電極７と結合線路５との間を絶縁している。また、裏面電極７と接続部６の間では、隙間９の間隔寸法は $\delta 2$ に設定されている。

【００４６】

外部基板１０には、 $TM010$ モード共振器１が実装されている。ここで、該外部基板１０は、例えば後述の誘電体基板２に比べて低い誘電率（例えば比誘電率 $\epsilon r0 = 10$ 程度）をもったセラミックス材料、樹脂材料等を用いて形成され、図１および図２に示すように、一定の厚さ寸法 $T0$ をもった平板状に形成されている。そして、外部基板１０の表面には、誘電体基板２の裏面２Ｂが対向した状態で $TM010$ モード共振器１が面実装されている。また、外部基板１０の表面には、 $TM010$ モード共振器１の結合線路５と対向する位置を除いて後述の信号線路１１とグランド電極１３とが設けられている。

20

【００４７】

２本の信号線路１１は、外部基板１０の表面に設けられている。これらの信号線路１１は、 $TM010$ モード共振器１の結合線路５と対向する位置とは異なる位置に配置され、結合線路５の延長線上に沿って直線状に延びている。また、信号線路１１のうち結合線路５の接続部６と対向する端部には接続部１２が設けられている。そして、信号線路１１の接続部１２は、結合線路５の接続部６と重なり合って互いに後述のバンプ１５を用いて接続されている。

30

【００４８】

２個のグランド電極１３は、信号線路１１と絶縁された状態で外部基板１０の表面に設けられている。これら２個のグランド電極１３は、 $TM010$ モード共振器１の結合線路５と対向した位置を挟んで幅方向に離間して設けられ、２個の裏面電極７とそれぞれ対向している。また、グランド電極１３は、ビアホール１４を通じて外部基板１０の裏面に形成されたグランド電極（図示せず）に接続されている。そして、グランド電極１３は、 $TM010$ モード共振器１の裏面電極７に対して後述のバンプ１５を用いて接続されている。

40

【００４９】

バンプ１５は、外部基板１０と $TM010$ モード１との間を接続している。該バンプ１５は、直径寸法 ϕ と高さ寸法 h とをもって略円柱状に形成され、信号線路１１の接続部１２と結合線路５の接続部６との間を接続すると共に、グランド電極１３と裏面電極７との間を接続している。これにより、バンプ１５は、外部基板１０の表面上に浮いた状態で $TM010$ モード共振器１を支持している。

【００５０】

本実施の形態による誘電体共振器装置は上述の如き構成を有するもので、次にその作動について説明する。

【００５１】

50

まず、 TM_{010} モード共振器1が共振した場合には、図3ないし図5に示すように、誘電体基板2の内部には略円形電極3と裏面電極7との間に厚さ方向に向う電界Eが形成されると共に、略円形電極3の同心円に沿ってXY平面内で回転する円形の磁界Hが形成される。このとき、磁界Hは、略円形電極3の中心軸O付近と外周端縁付近で弱く、中心軸Oと外周端縁との中間位置（半径方向の中間位置）で強くなる。

【0052】

これに対し、外部基板10の信号線路11に高周波信号を入力すると、該高周波信号は、図5に示すように信号線路11を通じて TM_{010} モード共振器1の結合線路5を伝搬すると共に、結合線路5の周囲に対して結合線路5を中心にYZ面内で回転する磁界H0を発生する。

10

【0053】

このとき、高周波信号の周波数が TM_{010} モード共振器1の共振周波数になるときは、高周波信号による磁界H0の回転方向が半波長毎に逆方向となるから、 TM_{010} モード共振器1の磁界Hの強い位置と高周波信号による磁界H0の強い位置とが一致すると共に、これらの磁界Hと磁界H0のY方向のベクトル成分が一致する。この結果、結合線路5は信号線路11に対して磁界結合するから、結合線路5を用いて TM_{010} モード共振器1を励振することができる。

【0054】

以上の結果より、本実施の形態による誘電体共振器装置は図8に示す等価回路で表すことができるから、結合線路5がストリップ線路として動作し、 TM_{010} モード共振器1と磁界結合する。このため、結合線路5の一端側を終端することによって、反作用形共振器を形成することができる。そこで、本実施の形態による誘電体共振器装置を用いた反作用形共振器について、電磁界シミュレーションを用いてその反射特性を解析した。その結果を図9に示す。

20

【0055】

なお、図9の結果は、結合線路5の両端うち一方を終端した状態で、他方から TM_{010} モード共振器1を見たときの反射量の周波数特性を計算したものである。また、この電磁界シミュレーションでは、誘電体基板2の長さ寸法L1を1.94mm、厚さ寸法T1を0.30mm、比誘電率 ϵ_{r1} を2.6とし、略円形電極3の直径寸法Dを1.56mmとすると共に、切欠き4の溝幅寸法 δp を0.04mm、長さ寸法Lpを0.35mmとした。また、結合線路5の幅寸法W1を0.08mm、接続部6の幅寸法W2と長さ寸法L2とをいずれも0.15mmとした。さらに、隙間9のうち結合線路5と裏面電極7との間の間隔寸法 $\delta 1$ を0.030mm、隙間9のうち接続部6と裏面電極7との間の間隔寸法 $\delta 2$ を0.025mmとすると共に、縁取り部8の間隔寸法 $\delta 0$ を0.05mmとした。一方、外部基板10の厚さ寸法T0は0.20mm、比誘電率 ϵ_{r0} を1.0、特性インピーダンスZ0を50 Ω とし、パンプ15の直径寸法 ϕ を0.09mm、高さ寸法hを0.04mmとした。

30

【0056】

図9の結果より、共振周波数となる38GHz周辺帯域で TM_{010} モード共振器1の反射量が大きく、他の周波数帯域では反射量が小さいことが分かる。これにより、本実施の形態による誘電体共振器装置を用いて TM_{010} モード共振器1の共振周波数の周辺帯域で反射量が大きくなる反作用形共振器を構成できることが確認できた。

40

【0057】

かくして、本実施の形態によれば、 TM_{010} モード共振器1の誘電体基板2の裏面2Bには、信号線路11に接続された結合線路5を設けたから、結合線路5に生じる磁界H0を TM_{010} モード共振器1内の磁界Hと一致させて結合線路5を TM_{010} モード共振器1に磁界結合させることができる。これにより、結合線路5を用いて TM_{010} モード共振器1と信号線路11との間を接続することができ、信号線路11を伝搬する高周波信号によって TM_{010} モード共振器1を励振することができる。

【0058】

50

また、誘電体基板 2 の裏面 2 B には磁界結合部としての結合線路 5 を設けたから、バン プ 1 5 等を用いて外部基板 1 0 に対して T M 0 1 0 モード共振器 1 を容易に面実装することができる。さらに、T M 0 1 0 モード共振器 1 の誘電体基板 2 の裏面 2 B には磁界結合部としての結合線路 5 を設けたから、例えば磁界結合部を外部基板 1 0 側に設けた場合に比べて、T M 0 1 0 モード共振器 1 と結合線路 5 との間の結合量のばらつきを少なくすることができ、T M 0 1 0 モード共振器 1 毎の電気特性をほぼ一定に維持することができる。そして、結合線路 5 は略円形電極 3 と対向した位置に配置することができるから、略円形電極 3 よりも外側に給電線を設けた場合に比べて、T M 0 1 0 モード共振器 1 を小型化することができる。

【 0 0 5 9 】

10

また、磁界結合部は誘電体基板 2 の裏面 2 B に設けた結合線路 5 によって構成したから、結合線路 5 は、T M 0 1 0 モード共振器 1 を構成する裏面電極 7 と同時（一緒）に形成することができる。このため、T M 0 1 0 モード共振器 1 と結合線路 5 との間の結合量のばらつきを少なくすることができ、T M 0 1 0 モード共振器 1 毎の電気特性をほぼ一定に維持することができる。さらに、結合線路 5 は略円形電極 3 と対向した位置に配置することができるから、略円形電極 3 よりも外側で結合する電界結合に比べて、T M 0 1 0 モード共振器 1 を小型化することができる。

【 0 0 6 0 】

また、T M 0 1 0 モード共振器 1 では共振器 1 を構成する略円形電極 3 と裏面電極 7 および誘電体基板 2 の厚み寸法 T1 によって共振器 1 の電気特性が決まる構成となっている。従って、結合線路 5 を共振器 1 を構成する裏面電極 7 と同時に形成することができるため、安定した結合特性を容易に得ることができる。この結果、高精度の加工が難しい導波管型の誘電体共振器の場合に比べて、製造コストを低減することができる。さらに、結合線路 5 は T M 0 1 0 モード共振器 1 に対して安定した結合特性を得ることができるから、周波数制御回路等は T M 0 1 0 モード共振器 1 の誘電体基板 2 に設ける必要がなく、外部基板 1 0 側に設けることができる。このため、誘電体基板 2 から周波数制御回路等を省くことができ、T M 0 1 0 モード共振器 1 を小型化することができる。

20

【 0 0 6 1 】

特に、本実施の形態では、略円形電極 3 と対向した位置を通る結合線路 5 を用いて磁界結合部を構成し、結合線路 5 の両端を外部基板 1 0 の信号線路 1 1 にそれぞれ接続する構成とした。このため、外部基板 1 0 の信号線路 1 1 側の回路に対して、T M 0 1 0 モード共振器 1 を並列に接続したことになる。このとき、例えば結合線路 5 に共振周波数の高周波信号を伝搬させることによって、結合線路 5 の周囲には誘電体基板 2 の内部に位置して T M 0 1 0 モード共振器 1 の磁界 H と同じ向きの磁界 H0 を発生させることができる。これにより、結合線路 5 と T M 0 1 0 モード共振器 1 とを磁界結合させることができるから、結合線路 5 の両端のうち一方から伝わる高周波信号は、T M 0 1 0 モード共振器 1 によって反射することができる。この結果、反作用形の共振器を形成することができ、例えば発振器装置等の設計自由度を高めることができる。

30

【 0 0 6 2 】

また、結合線路 5 は略円形電極 3 の中心軸 O を通る構成としたから、他の位置に結合線路 5 を設けた場合に比べて、結合線路 5 による損失を低減することができる。即ち、T M 0 1 0 モード共振器 1 が共振状態となったときには、図 6 に示すように、略円形電極 3 の中心軸 O に向って放射状に共振電流 I が流れる。このとき、結合線路 5 を略円形電極 3 の中心軸 O と異なる位置を通る構成とした場合には、結合線路 5 の両脇に設けた隙間 9 によって共振電流 I を遮断するから、T M 0 1 0 モード共振器 1 の損失が大きくなる。これに対し、本実施の形態では、結合線路 5 は略円形電極 3 の中心軸 O を通るから、共振電流 I を隙間 9 によって遮断することがなく、結合線路 5 による損失を低減することができる。

40

【 0 0 6 3 】

また、外部基板 1 0 には T M 0 1 0 モード共振器 1 の結合線路 5 と対向する位置を除いて信号線路 1 1 とグランド電極 1 3 とを設けたから、外部基板 1 0 に T M 0 1 0 モード共

50

振器 1 を実装したときには、結合線路 5 の周囲に外部基板 10 のグランド電極 13 等が配置されることがなくなる。このため、パンプ 15 を用いて外部基板 10 の信号線路 11、グランド電極 13 に対して T M 0 1 0 モード共振器 1 の結合線路 5、裏面電極 7 をそれぞれ接続した場合に、パンプ 15 の高さ寸法 h にばらつきが生じて、結合線路 5 の周囲に生じる磁界 H0 に対して外部基板 10 のグランド電極 13 等が影響することがなくなる。この結果、パンプ 15 の高さ寸法 h にばらつきが生じた場合でも、T M 0 1 0 モード共振器 1 と結合線路 5 との間の結合量を一定に保持することができ、結合量を安定化させることができる。

【 0 0 6 4 】

また、本実施の形態では、結合線路 5 の幅方向両側には隙間 9 を設けたから、該隙間 9 の間隔寸法 $\delta 1$ に応じて結合線路 5 の周囲に形成される磁界 H0 が変化し、結合線路 5 と T M 0 1 0 モード共振器 1 との間の結合量も変化する。そこで、本実施の形態による誘電体共振器装置を用いた反作用形共振器について、隙間 9 の間隔寸法 $\delta 1$ を種々の値に設定し、図 9 と同様に電磁界シミュレーションを用いてその反射特性を解析した。その結果を図 10 に示す。

【 0 0 6 5 】

なお、この電磁界シミュレーションでは、隙間 9 の間隔寸法 $\delta 1$ は 0 . 0 2 mm、0 . 0 3 mm、0 . 0 4 mm にそれぞれ設定した場合について計算した。また、隙間 9 の間隔寸法 $\delta 1$ 以外のパラメータは、図 9 の結果を得た場合と同じ値とし、図 10 の横軸は共振周波数で規格化した規格化周波数を用いて表した。

【 0 0 6 6 】

図 10 の結果より、隙間 9 の間隔寸法 $\delta 1$ が小さいときには T M 0 1 0 モード共振器 1 の反射量が小さく、隙間 9 の間隔寸法 $\delta 1$ が大きいときには T M 0 1 0 モード共振器 1 の反射量が大きくなることから分かる。この理由は、隙間 9 の間隔寸法 $\delta 1$ が大きくなるに従って、誘電体基板 2 内の磁界 H0 が Y 方向に広がり、結合の Q 値 (Q e) が小さくなって T M 0 1 0 モード共振器 1 との結合が強くなるためである。

【 0 0 6 7 】

この結果、隙間 9 の間隔寸法 $\delta 1$ を大きくすることによって結合線路 5 周囲の磁界 H0 を広げて結合量を増加させることができ、隙間 9 の間隔寸法 $\delta 1$ を小さくすることによって結合線路 5 周囲の磁界 H0 を狭めて結合量を減少させることができる。これにより、隙間 9 の間隔寸法 $\delta 1$ に応じて結合線路 5 と T M 0 1 0 モード共振器 1 との結合量を所望量に調整することができ、設計自由度を高めることができる。

【 0 0 6 8 】

なお、前記第 1 の実施の形態では、隙間 9 の間隔寸法 $\delta 1$ に応じて結合線路 5 と T M 0 1 0 モード共振器 1 との結合量を所望量に設定する構成としたが、結合線路 5 の幅寸法 W1 に応じて結合線路 5 と T M 0 1 0 モード共振器 1 との結合量を所望量に設定する構成としてもよい。この場合、結合線路 5 の幅寸法 W1 を大きくすることによって結合線路 5 周囲の磁界を広げて結合量を増加させることができ、結合線路 5 の幅寸法 W1 を小さくすることによって結合線路 5 周囲の磁界を狭めて結合量を減少させることができる。

【 0 0 6 9 】

また、前記第 1 の実施の形態では、略円形電極 3 に他の共振モードとの共振周波数を調整する切欠き 4 を設ける構成としたが、図 11 に示す第 1 の変形例のように、切欠きを省いた略円形電極 3' を用いる構成としてもよい。また、略円形電極 3 は、円形状に限らず、楕円形状に形成してもよい。

【 0 0 7 0 】

また、前記第 1 の実施の形態では、結合線路 5 の両端側には幅寸法の広い接続部 6 を設ける構成としたが、図 12 に示す第 2 の変形例のように、接続部を省いて結合線路 5 をそのまま延長する構成としてもよい。

【 0 0 7 1 】

また、前記第 1 の実施の形態では、2 個の裏面電極 7 は誘電体基板 2 の裏面 2 B 全体を

10

20

30

40

50

覆って四角形状に形成するものとした。しかし、本発明はこれに限らず、裏面電極は例えば円形状、楕円形状等の他の形状に形成してもよい。

【0072】

また、前記第1の実施の形態では、TM010モード共振器1の結合線路5と外部基板10の信号線路11との間を直接接続する構成とした。しかし、本発明はこれに限らず、例えば結合線路5と信号線路11との間を整合回路を介して接続する構成としてもよい。この場合、整合回路は誘電体基板2と外部基板10とのうちいずれか一方に設ける構成としてもよく、両方に設ける構成としてもよい。

【0073】

次に、図13ないし図15は本発明による第2の実施の形態による誘電体共振器装置を示し、本実施の形態の特徴は、TM010モード共振器の誘電体基板の裏面には、略円形電極を覆う裏面電極を設けると共に、該裏面電極に設けた開口に短絡点が挟まれた結合電極によって磁界結合部を構成し、結合電極と外部基板の信号線路とを1箇所接続したことにある。なお、本実施の形態では前記第1の実施の形態と同一の構成要素に同一の符号を付し、その説明を省略するものとする。

【0074】

TM010モード共振器21は、第1の実施の形態によるTM010モード共振器1と同様に後述する誘電体基板22、略円形電極23および裏面電極25によって構成されている。

【0075】

誘電体基板22は、比誘電率 ϵ_{r1} の誘電体材料を用いて平板状に形成されている。該誘電体基板22は、X方向（縦方向）とY方向（横方向）に対していずれも長さ寸法L1を有すると共に、Z方向（厚さ方向）に厚さ寸法T1を有した略正方形の平板によって形成されている。

【0076】

略円形電極23は、誘電体基板22の表面22Aに設けられている。該略円形電極23は、誘電体基板22の中央部に位置して導電性薄膜を用いて形成され、その直径寸法Dが誘電体基板22内の共振周波数に応じた値に設定されている。また、略円形電極23には、第1の実施の形態による略円形電極3と同様に、放射状をなす例えば4本の切欠き24が設けられている。

【0077】

裏面電極25は、誘電体基板22の裏面22Bに設けられている。該裏面電極25は、誘電体基板22の端面22C近傍を除いて誘電体基板22の裏面22B全体を覆い、誘電体基板22を挟んで略円形電極23と対向している。また、裏面電極25と誘電体基板22の端面22Cとの間には、間隔寸法 $\delta 0$ をもった縁取り部26が形成され、該縁取り部26では誘電体基板22が露出している。そして、裏面電極25は、例えばパンプ15を用いて外部基板10のグランド電極13に接続されている。

【0078】

2個の結合電極27は、磁界結合部を構成している。これら2個の結合電極27は、略円形電極23と対向した位置で裏面電極25のX方向両端側に配置されている。また、結合電極27は、裏面電極25の端部に形成されたコ字状の開口28（切欠き）によって取囲まれ、一定の幅寸法W3をもった帯状（舌状）に形成されている。そして、結合電極27は、裏面電極25の中央部から端部に向けて略円形電極23の半径方向に沿って延びている。また、結合電極27の先端側は、コ字状の開口28に取囲まれて開放端となり、結合電極27の基端側は、裏面電極25に接続されて短絡点S1となっている。そして、結合電極27の先端側（開放端側）は、例えばパンプ15を用いて外部基板10の信号線路11に接続されている。

【0079】

ここで、短絡点S1は、例えばTM010モード共振器21との結合が強い位置としてTM010モード共振器21の磁界が強い位置の近傍に配置されている。このため、短絡

10

20

30

40

50

点S1は、略円形電極23の中心軸Oと外周端縁との中間位置（半径方向の中間位置）の近傍に配置されている。また、開口28は、一定の間隔寸法 $\delta 3$ をもって結合電極27の幅方向両側を延び、結合電極27の短絡点S1を幅方向両側から挟んでいる。

【0080】

本実施の形態による誘電体共振器装置は上述の如き構成を有するもので、次にその作動について説明する。

【0081】

まず、外部基板10の信号線路11に高周波信号を入力すると、該高周波信号は、信号線路11を通じてTM010モード共振器1の結合電極27を伝搬すると共に、結合電極27の周囲に対して結合電極27を中心にYZ面内で回転する磁界を発生する。

10

【0082】

このとき、高周波信号の周波数がTM010モード共振器21の共振周波数になるときは、短絡点S1で磁界が強くなり、略円形電極23の外周端縁付近で磁界が弱くなる。この結果、TM010モード共振器1の磁界の強い位置と高周波信号による磁界の強い位置とが一致すると共に、TM010モード共振器1の磁界の弱い位置と高周波信号による磁界の弱い位置とが一致する。また、短絡点S1の周囲では2つの磁界のY方向のベクトル成分が互いに一致する。この結果、結合線路5は信号線路11に対して磁界結合するから、結合電極27を用いてTM010モード共振器21を励振することができる。

【0083】

この結果、結合電極27がTM010モード共振器1と磁界結合するから、2個の結合電極27の間に帯域通過形共振器を形成することができる。そこで、本実施の形態による誘電体共振器装置を用いた帯域通過形共振器について、電磁界シミュレーションを用いてその通過特性を解析した。その結果を図16に示す。

20

【0084】

なお、この電磁界シミュレーションでは、誘電体基板22の長さ寸法L1を1.94mm、厚さ寸法T1を0.30mm、比誘電率 ϵ_{r1} を2.6とし、略円形電極23の直径寸法Dを1.56mmとすると共に、切欠き24の溝幅寸法 δp を0.04mm、長さ寸法Lpを0.35mmとした。また、結合電極27の幅寸法W3を0.15mmとした。さらに、短絡点S1の幅方向両側での開口28の間隔寸法 $\delta 3$ を0.075mm、縁取り部8の間隔寸法 $\delta 0$ を0.05mmとした。一方、外部基板10の厚さ寸法T0は0.20mm、比誘電率 ϵ_{r0} を1.0、特性インピーダンスZ0を50 Ω とし、パンプ15の直径寸法 ϕ を0.09mm、高さ寸法hを0.04mmとした。

30

【0085】

図16の結果より、共振周波数となる38GHz周辺帯域でTM010モード共振器21の通過量が大きく、他の周波数帯域では通過量が小さいことが分かる。これにより、本実施の形態による誘電体共振器装置を用いてTM010モード共振器21の共振周波数の周辺帯域で通過量が大きくなる帯域通過形共振器を構成できることが確認できた。

【0086】

かくして、本実施の形態でも、第1の実施の形態とほぼ同様な作用効果を得ることができる。特に、本実施の形態では、裏面電極23に設けた開口28によって短絡点S1が挟まれた結合電極27によって磁界結合部を構成し、該結合電極27の端部（先端側）を外部基板10の信号線路11に接続する構成としたから、外部基板10の信号線路11側の回路に対してTM010モード共振器21を直列に接続したことになる。これにより、2個の結合電極27をもつTM010モード共振器21では通過形共振器として動作し、帯域通過形共振器を形成することができる。この結果、TM010モード共振器21は、外部基板10の信号線路11から一方の結合電極27に伝わる高周波信号を、TM010モード共振器21の共振周波数において通過させ、他の周波数において反射することができる。

40

【0087】

また、本実施の形態では、結合電極27の先端側はコ字状の開口28に取囲まれて外部

50

基板 10 の信号線路 11 に接続され、結合電極 27 の基端側は裏面電極 25 に接続されて短絡点 S1 となる構成としている。このため、開放端をなす結合電極 27 の先端側には高周波信号を入力することができ、短絡点 S1 となる結合電極 27 の基端側はその周囲に強い磁界を発生させて TM010 モード共振器 21 と磁界結合させることができる。

【0088】

また、本実施の形態では、結合電極 27 の短絡点 S1 の幅方向両側を開口 28 によって挟む構成としたから、短絡点 S1 近傍の開口 28 の間隔寸法 $\delta 3$ に応じて短絡点 S1 の周囲に形成される磁界 H0 が変化し、結合電極 27 と TM010 モード共振器 21 との間の結合量も変化する。そこで、本実施の形態による誘電体共振器装置を用いた帯域通過形共振器について、開口 28 の間隔寸法 $\delta 3$ を種々の値に設定し、図 16 と同様に電磁界シミュレーションを用いてその通過特性を解析した。その結果を図 17 に示す。

10

【0089】

なお、この電磁界シミュレーションでは、開口 28 の間隔寸法 $\delta 3$ は 0.075 mm、0.10 mm、0.125 mm にそれぞれ設定した場合について計算した。また、開口 28 の間隔寸法 $\delta 3$ 以外のパラメータは、図 16 の結果を得た場合と同じ値とし、図 17 の横軸は共振周波数で規格化した規格化周波数を用いて表した。

【0090】

図 17 の結果より、開口 28 の間隔寸法 $\delta 3$ が小さいときには TM010 モード共振器 21 の通過量が小さく、開口 28 の間隔寸法 $\delta 3$ が大きいときには TM010 モード共振器 21 の通過量が大きくなるのが分かる。この理由は、開口 28 の間隔寸法 $\delta 3$ が大きくなるに従って、誘電体基板 22 内の磁界が Y 方向に広がり、結合の Q 値 (Q_e) が小さくなって TM010 モード共振器 21 との結合が強くなるためである。

20

【0091】

この結果、開口 28 の間隔寸法 $\delta 3$ を大きくすることによって短絡点 S1 周囲の磁界を広げて結合量を増加させることができ、開口 28 の間隔寸法 $\delta 3$ を小さくすることによって短絡点 S1 周囲の磁界を狭めて結合量を減少させることができる。これにより、開口 28 の間隔寸法 $\delta 3$ に応じて結合電極 27 と TM010 モード共振器 21 との結合量を所望量に調整することができ、設計自由度を高めることができる。

【0092】

なお、前記第 2 の実施の形態では、開口 28 の間隔寸法 $\delta 3$ は結合電極 27 の全長に亘ってほぼ等しいものとした。しかし、本発明はこれに限らず、図 18 に示す第 3 の変形例のように、開口 28 の間隔寸法は結合電極 27 のうち短絡点 S1 の周囲だけ大きく形成し、開口 28 の先端部分に広幅部 28A を設ける構成としてもよい。この場合、広幅部 28A の間隔寸法に応じて結合量を設定することができる。

30

【0093】

また、前記第 2 の実施の形態では、開口 28 の間隔寸法 $\delta 3$ に応じて結合電極 27 と TM010 モード共振器 21 との結合量を所望量に設定する構成とした。しかし、本発明はこれに限らず、TM010 モード共振器 21 の磁界が強い位置（例えば略円形電極 23 の中心軸 O と外周端縁との中間位置）と結合電極 27 の短絡点 S1 との距離に応じて結合電極 27 と TM010 モード共振器 21 との結合量を所望量に設定する構成としてもよい。この場合、短絡点 S1 の位置を共振器 21 の内部の磁界が強い位置に近付けることによって結合量を増加させることができ、短絡点 S1 の位置を共振器 21 の内部の磁界が強い位置から遠ざけることによって結合量を減少させることができる。この結果、短絡点 S1 の位置に応じて TM010 モード共振器との結合量を所望量に調整することができ、設計自由度を高めることができる。

40

【0094】

また、前記第 2 の実施の形態では、開口 28 は裏面電極 25 の端部から中央部に向けて延びる切欠き状に形成する構成とした。しかし、開口 28 は必ずしも裏面電極 25 の端部に設ける必要はなく、図 19 に示す第 4 の変形例のように、裏面電極 25 の端部よりも中央部側に開口 28' を設けて結合電極 27' を形成し、該開口 28' の周囲を裏面電極 2

50

5で取囲む構成としもよい。

【0095】

また、前記第2の実施の形態では、裏面電極25にコ字状の開口28を設けることによって、基端側が裏面電極25に接続された短絡点S1となり、先端側が開放端となった結合電極27を形成する構成とした。しかし、本発明はこれに限らず、図20に示す第5の変形例のように、裏面電極25に例えば四角形の枠状をなす開口28"を設け、該開口28"内に長さ方向両端が開放端となり、長さ方向中間部が仮想的な短絡点S1となった結合電極27"を形成する構成としてもよい。この場合、結合電極27"の長さ方向に対して短絡点S1と裏面電極25との距離寸法Lは、誘電体基板22内での共振周波数の波長 λ_g に対して例えば $\lambda_g/4$ 程度の値($L = \lambda_g/4$)に設定するものである。

10

【0096】

また、前記第2の実施の形態では、裏面電極25は誘電体基板22の裏面22B全体を覆って四角形状に形成するものとした。しかし、本発明はこれに限らず、図21に示す第6の変形例のように、裏面電極25'は例えば円形状、楕円形状等の他の形状に形成してもよい。

【0097】

さらに、前記第2の実施の形態では、誘電体基板22の裏面22Bには2個の結合電極27を設ける構成としたが、例えば1個の結合電極27を設ける構成としてもよく、図22に示す第7の変形例のように、3個以上の結合電極27を設ける構成としてもよい。

【0098】

また、前記第2の実施の形態では、略円形電極23に他の共振モードとの共振周波数を調整する切欠き24を設ける構成としたが、切欠きを省く構成としてもよい。また、略円形電極23は、円形状に限らず、楕円形状に形成してもよい。

20

【0099】

次に、図23ないし図26は本発明の第3の実施の形態による発振器装置を示し、本実施の形態の特徴は、TM010モード共振器の誘電体基板の裏面には、磁界結合部をなす結合線路の幅方向両側に2個の裏面電極を設けると共に、いずれか一方の裏面電極には開口に短絡点が挟まれた結合電極によって他の磁界結合部を設け、TM010モード共振器装置を用いて発振器装置を構成したことにある。

【0100】

外部基板としての発振回路基板31は、誘電体材料によって形成されている。該発振回路基板31には、後述する発振回路部32、周波数制御回路部40等が設けられると共に、TM010モード共振器43が面実装されている。

30

【0101】

発振回路部32は、発振回路基板31の表面に設けられている。該発振回路部32は、電界効果トランジスタ33(以下、FET33という)、マイクロストリップ線路34等によって構成されている。そして、発振回路部32は、電源端子31Aを通じて電源電圧が供給され、後述するTM010モード共振器43によって設定された所定の発振周波数の信号を発振すると共に、この信号を出力端子31Bを通じて出力している。

【0102】

ここで、FET33のゲート端子Gは、マイクロストリップ線路34の基端側に接続されている。また、FET33のソース端子Sは、バイアス抵抗35とスタブ36とに接続されている。一方、FET33のドレイン端子Dは、電源端子31Aに接続されると共に、直流成分を遮断するためのカップルライン37を介して出力端子31Bに接続されている。

40

【0103】

さらに、マイクロストリップ線路34は、信号線路を構成すると共に、TM010モード共振器43を挟んで2本設けられている。また、これら2本のマイクロストリップ線路34は、TM010モード共振器43の結合線路47と対向する位置を除いて設けられ、互いに直線状に並んで配置されている。そして、これら2本のマイクロストリップ線路3

50

4 は結合線路 4 7 を用いて互いに接続されると共に、マイクロストリップ線路 3 4 の先端側には終端抵抗 3 8 が接続されている。

【 0 1 0 4 】

2 個のグランド電極 3 9 は、第 1 の実施の形態によるグランド電極 1 3 とほぼ同様にマイクロストリップ線路 3 4 の幅方向両側に設けられている。これら 2 個のグランド電極 3 9 は、T M 0 1 0 モード共振器 4 3 の結合線路 4 7 と対向した位置を挟んで幅方向に離間して設けられ、2 個の裏面電極 4 9 とそれぞれ対向している。また、グランド電極 3 9 は、例えばビアホールを通じて発振回路基板 3 1 の裏面に形成されたグランド電極（いずれも図示せず）に接続されている。

【 0 1 0 5 】

周波数制御回路部 4 0 は、発振回路基板 3 1 の表面に設けられている。該周波数制御回路部 4 0 は、信号線路としてのマイクロストリップ線路 4 1 と変調素子としての可変容量ダイオード 4 2（バラクタダイオード）とによって大略構成されている。そして、マイクロストリップ線路 4 1 は、その一端側が後述する T M 0 1 0 モード共振器 4 3 の結合電極 5 1 に接続され、他端側が可変容量ダイオード 4 2 に接続されている。また、可変容量ダイオード 4 2 は、そのカソード端子がマイクロストリップ線路 4 1 に接続されると共に、アノード端子がグランドに接続されている。

【 0 1 0 6 】

そして、周波数制御回路部 4 0 は、制御入力端子 3 1 C に印加される制御電圧に応じて可変容量ダイオード 4 2 の静電容量を変化させて、発振周波数（共振周波数）を制御している。

【 0 1 0 7 】

T M 0 1 0 モード共振器 4 3 は、発振回路部 3 2 と周波数制御回路部 4 0 とにそれぞれ接続されている。該 T M 0 1 0 モード共振器 4 3 は、誘電体基板 4 4、略円形電極 4 5 および裏面電極 4 9 を備え、発振回路基板 3 1 の表面側に積み重ねた状態で取付けられている。

【 0 1 0 8 】

ここで、誘電体基板 4 4 は、略正方形の平板状に形成されている。また、略円形電極 4 5 は、誘電体基板 4 4 の中央部に位置して誘電体基板 4 4 の表面 4 4 A に設けられている。さらに、略円形電極 4 5 は、導電性薄膜を用いて形成され、その直径寸法が誘電体基板 4 4 内の共振周波数に応じた値に設定されている。また、略円形電極 4 5 には、第 1 の実施の形態による略円形電極 3 と同様に、放射状をなす例えば 4 本の切欠き 4 6 が設けられている。

【 0 1 0 9 】

結合線路 4 7 は、第 1 の磁界結合部を構成している。該結合線路 4 7 は、第 1 の実施の形態による結合線路 5 とほぼ同様に、誘電体基板 4 4 の裏面 4 4 B に位置して略円形電極 4 5 と対向した位置を通して誘電体基板 4 4 の端部側（端面 4 4 C 側）に向けて延びている。また、結合線路 4 7 は、略円形電極 4 5 の中心軸 O を通って略円形電極 4 5 の直径に沿って直線状に延びている。一方、結合線路 4 7 の両端には、発振回路部 3 2 のマイクロストリップ線路 3 4 が接続される広幅の接続部 4 8 が形成されている。

【 0 1 1 0 】

2 個の裏面電極 4 9 は、誘電体基板 4 4 の裏面 4 4 B に位置して結合線路 4 7 の幅方向両側にそれぞれ設けられている。これら 2 個の裏面電極 4 9 は、誘電体基板 4 4 の裏面 4 4 B 全体を覆い、誘電体基板 4 4 を挟んで略円形電極 4 5 と対向すると共に、発振回路部 3 2 のグランド電極 3 9 に接続されている。そして、結合線路 4 7 と裏面電極 4 9 との間には、一定の間隔寸法をもった隙間 5 0 が形成されている。

【 0 1 1 1 】

結合電極 5 1 は、第 2 の磁界結合部を構成している。該結合電極 5 1 は、第 2 の実施の形態による結合電極 2 7 とほぼ同様に、略円形電極 4 5 と対向した位置で結合線路 4 7 の幅方向一側に配置されている。また、結合電極 5 1 は、裏面電極 4 9 の端部に形成された

10

20

30

40

50

コ字状の開口 5 2 (切欠き) によって取囲まれ、帯状 (舌状) に形成されている。そして、結合電極 5 1 は、裏面電極 4 9 の中央部から端部に向けて略円形電極 4 5 の半径方向に沿って延びている。また、結合電極 5 1 の先端側は、コ字状の開口 5 2 に取囲まれて開放端となり、結合電極 5 1 の基端側は、裏面電極 4 9 に接続されて短絡点 S 1 となっている。このとき、短絡点 S 1 は、幅方向両側から開口 5 2 に挟まれている。また、短絡点 S 1 は、T M 0 1 0 モード共振器 4 3 との結合が強い位置として T M 0 1 0 モード共振器 4 3 の磁界が強い位置の近傍に配置されている。

【 0 1 1 2 】

そして、T M 0 1 0 モード共振器 4 3 の結合線路 4 7 の両端側 (接続部 4 8) は、パンプ 5 3 を用いて発振回路部 3 2 のマイクロストリップ線路 3 4 に接続され、裏面電極 4 9 は、パンプ 5 3 を用いて発振回路部 3 2 のグランド電極 3 9 に接続されている。また、T M 0 1 0 モード共振器 4 3 の結合電極 5 1 は、パンプ 5 3 を用いて周波数制御回路部 4 0 のマイクロストリップ線路 4 1 に接続されている。

10

【 0 1 1 3 】

本実施の形態による発振器装置は上述の如き構成を有するもので、次にその作動について説明する。

【 0 1 1 4 】

電源端子 3 1 A に駆動電圧が印加されると、F E T 3 3 のゲート端子 G には、T M 0 1 0 モード共振器 4 3 の共振周波数に応じた信号が入力される。これにより、発振回路部 3 2 と T M 0 1 0 モード共振器 4 3 とは反作用形発振回路を構成するから、F E T 3 3 は、T M 0 1 0 モード共振器 4 3 の共振周波数に応じた信号を増幅し、出力端子 3 1 B を通じて外部に向けて出力する。

20

【 0 1 1 5 】

また、T M 0 1 0 モード共振器 4 3 には可変容量ダイオード 4 2 からなる周波数制御回路部 4 0 が接続されているから、制御入力端子 3 1 C に印加する制御電圧の値に応じて、T M 0 1 0 モード共振器 4 3 の共振周波数を可変に設定することができる。これにより、発振器装置全体は電圧制御発振器 (V C O) として機能する。

【 0 1 1 6 】

かくして、本実施の形態では、T M 0 1 0 モード共振器 4 3 には略円形電極 4 5 の中心軸 O を通って誘電体基板 4 4 を横切る結合線路 4 7 に加えて、結合線路 4 7 の幅方向一側に位置する裏面電極 4 9 には結合電極 5 1 を設ける構成としている。このため、第 1 の実施の形態と同様に、結合線路 4 7 を用いて T M 0 1 0 モード共振器 4 3 を反作用形共振器として動作させることができるのに加え、結合電極 5 1 を周波数制御回路部 4 0 に接続することによって、T M 0 1 0 モード共振器 4 3 の共振周波数を外部から制御することができる。この結果、T M 0 1 0 モード共振器 4 3 を用いて電圧制御発振器を構成することができる。

30

【 0 1 1 7 】

また、T M 0 1 0 モード共振器 4 3 の誘電体基板 4 4 に対して結合線路 4 7 および結合電極 5 1 を設けたから、例えば結合線路等を発振回路基板 3 1 に設けた場合に比べて、T M 0 1 0 モード共振器 4 3 と結合線路 4 7、結合電極 5 1 との間の結合量のばらつきを少なくすることができ、発振器装置毎の特性をほぼ一定に維持することができる。また、T M 0 1 0 モード共振器 4 3 の誘電体基板 4 4 から周波数制御回路部 4 0 や終端抵抗 3 8 を省くことができるから、高価な高い誘電率をもった誘電体基板 4 4 を小型化することができる。従って、特性ばらつきの低減によって発振器装置の量産性を高めることができると共に、小型の誘電体基板 4 4 を用いることによって製造コストを低減することができる。

40

【 0 1 1 8 】

なお、第 3 の実施の形態では、1 個の結合電極 5 1 を結合線路 4 7 の幅方向一側に設け、該結合電極 5 1 を変調素子 (可変容量ダイオード 4 2) を含む周波数制御回路部 4 0 に接続する構成とした。しかし、本発明はこれに限らず、図 2 7 に示す第 8 の変形例のように、例えば 2 個の結合電極 5 1 を結合線路 4 7 の幅方向両側にそれぞれ設け、一方の結合

50

電極 5 1 を周波数制御回路部 4 0 (変調素子) に接続し、他方の結合電極 5 1 を周波数調整用のスタブに接続する構成としてもよい。

【 0 1 1 9 】

また、前記第 3 の実施の形態で用いた T M 0 1 0 モード共振器 4 3 は、第 1 の実施の形態による T M 0 1 0 モード共振器 1 と第 2 の実施の形態による T M 0 1 0 モード共振器 2 1 とを組み合わせる構成とした。しかし、本発明はこれに限らず、例えば第 1 ないし第 7 の変形例による T M 0 1 0 モード共振器 1 , 2 1 を適宜組み合わせて、発振器装置用の T M 0 1 0 モード共振器を構成してもよい。

【 0 1 2 0 】

次に、図 2 8 は本発明の第 4 の実施の形態を示し、本実施の形態の特徴は、本発明の誘電体共振器装置を備えた発振器装置を用いて送受信装置としてのレーダ装置を構成したことにある。

【 0 1 2 1 】

レーダ装置 6 1 は、後述の発振器装置 6 2、カプラ 6 4、ミキサ 6 7、信号処理回路 6 9 等を用いて構成され、例えばミリ波レーダモジュールをなしている。

【 0 1 2 2 】

ここで、発振器装置 6 2 は、例えば第 3 の実施の形態のように本発明の誘電体共振器装置を用いた V C O によって構成され、アイソレータ 6 3、カプラ 6 4 およびサーキュレータ 6 5 を介してアンテナ 6 6 に接続されている。これにより、発振器装置 6 2 から出力された高周波信号はアンテナ 6 6 を通じて外部に送信される。

【 0 1 2 3 】

一方、アンテナ 6 6 は、サーキュレータ 6 5 を介してミキサ 6 7 に接続されると共に、ミキサ 6 7 の出力側は、低雑音増幅器 6 8 (以下、L N A 6 8 という) を介して信号処理回路 6 9 に接続されている。これにより、アンテナ 6 6 から受信された高周波信号は、ミキサ 6 7 によって中間周波信号にダウンコンバートされ、信号処理回路 6 9 によって処理されるものである。

【 0 1 2 4 】

本実施の形態によるレーダ装置 6 1 は上述の如き構成を有するもので、次にその作動について説明する。

【 0 1 2 5 】

まず、発振器装置 6 2 から出力された高周波信号は、アイソレータ 6 3、カプラ 6 4、サーキュレータ 6 5 を介してアンテナ 6 6 に供給される。このとき、アンテナ 6 6 は、ミリ波信号を鋭いビームとして放射し、外部に送信する。そして、ミリ波信号が車両等の物標に当たったときには、車両等からの反射波がアンテナ 6 6 に入射される。このとき、アンテナ 6 6 は、この反射による受信信号をサーキュレータ 6 5 を介してミキサ 6 7 に導く。これにより、ミキサ 6 7 には受信信号が入力されると共に、カプラ 6 4 からの送信信号の一部であるローカル信号が入力されるから、ミキサ 6 7 は、これらの信号の差の発振周波数信号であるビート信号を中間周波信号として出力する。この中間周波信号は、L N A 6 8 によって増幅され、信号処理回路 6 9 に入力される。このとき、信号処理回路 6 9 は、中間周波信号をデジタルデータ列変換すると共に、F F T (高速フーリエ変換) 処理して、ビート信号の発振周波数スペクトルを求める。この結果、信号処理回路 6 9 へ与えた変調信号と中間周波信号との関係から、物標までの距離および相対速度を検知することができる。

【 0 1 2 6 】

かくして、本実施の形態によれば、本発明の誘電体共振器装置を備えた発振器装置 6 2 を用いて通信機装置を構成するから、レーダ装置 6 1 毎の電気特性のばらつきを低減できると共に、製造コストを低減することができる。

【 0 1 2 7 】

なお、前記第 4 の実施の形態では、本発明による誘電体共振器装置を用いた発振器装置 6 2 をレーダ装置 6 1 に適用した場合を例を挙げて説明したが、例えば通信装置等に適用

10

20

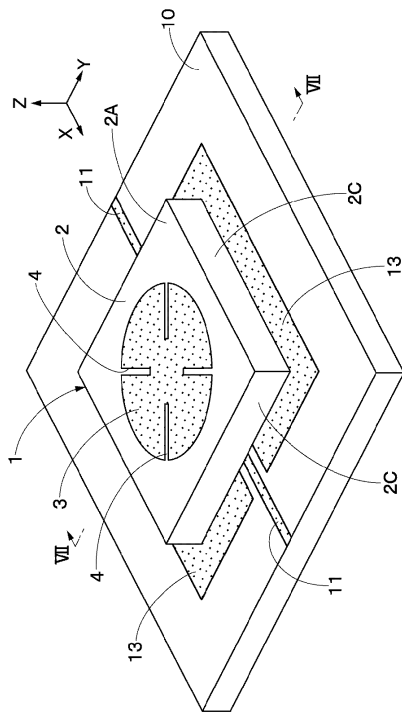
30

40

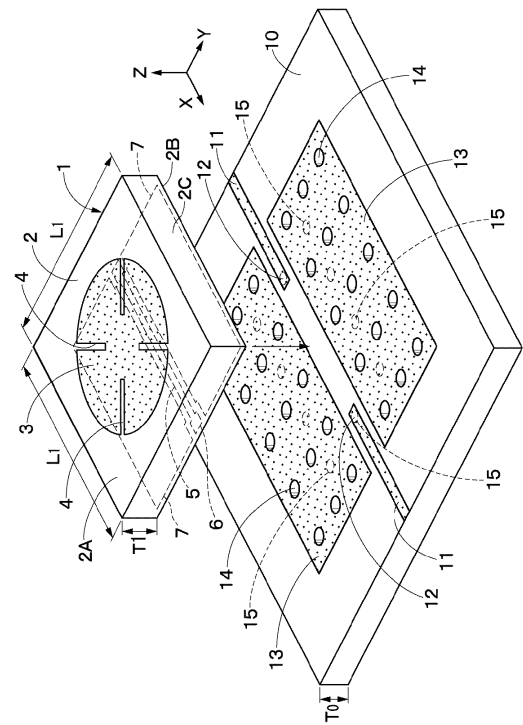
50

してもよい。

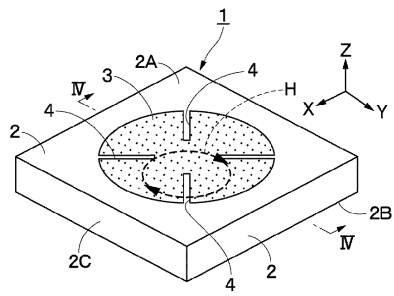
【図 1】



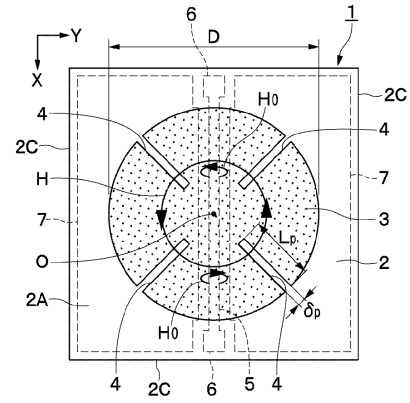
【図 2】



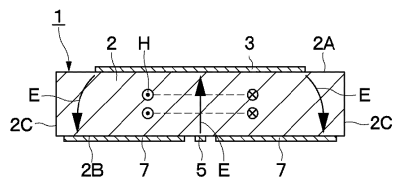
【図 3】



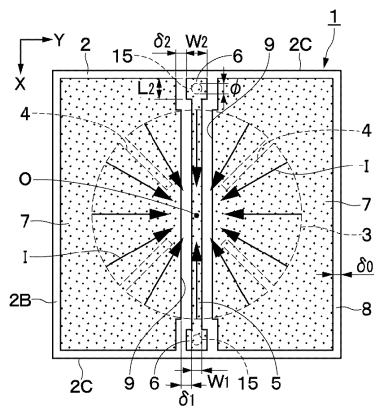
【図 5】



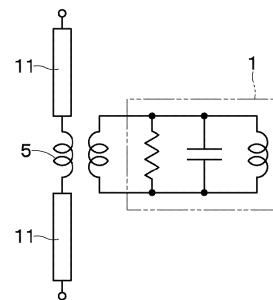
【図 4】



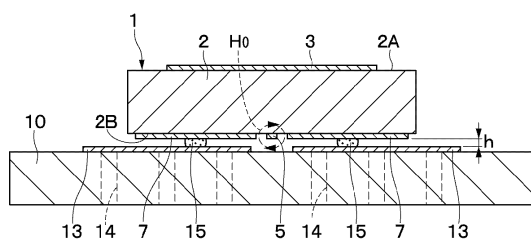
【図 6】



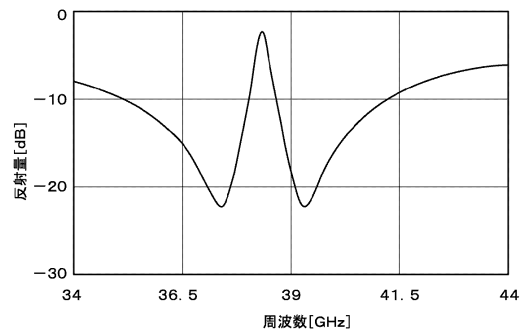
【図 8】



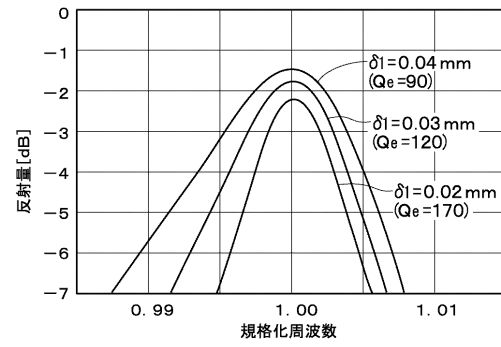
【図 7】



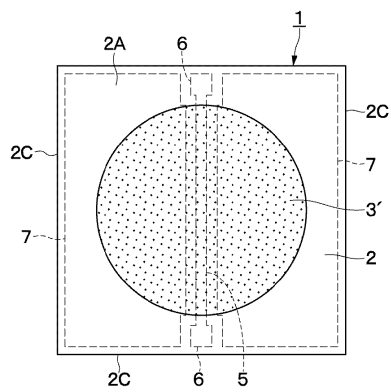
【図 9】



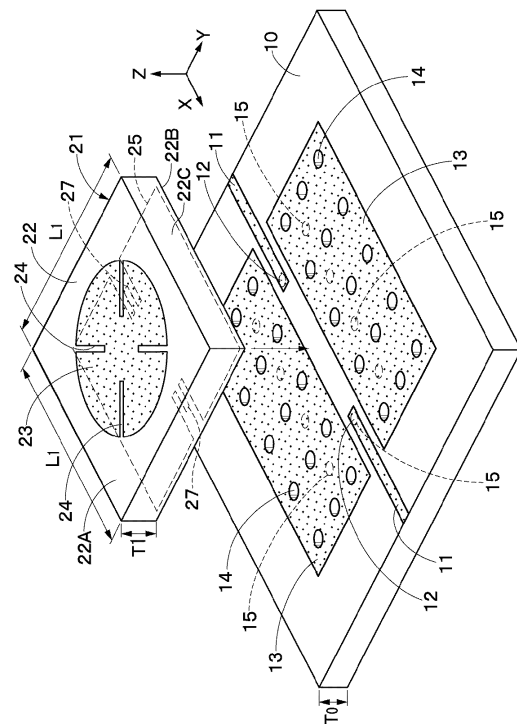
【図 10】



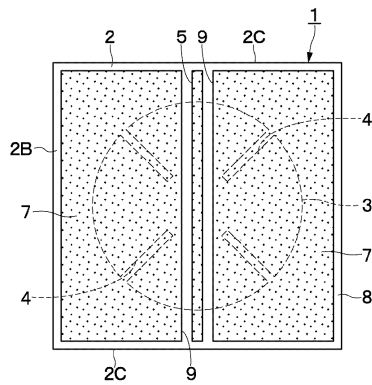
【図 11】



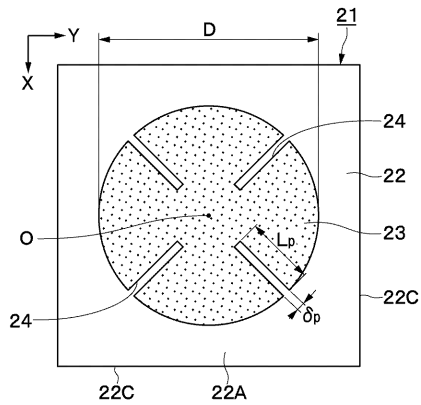
【図 13】



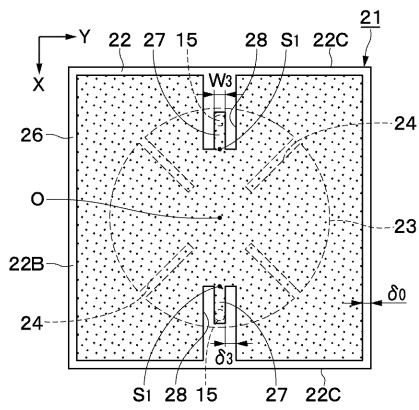
【図 12】



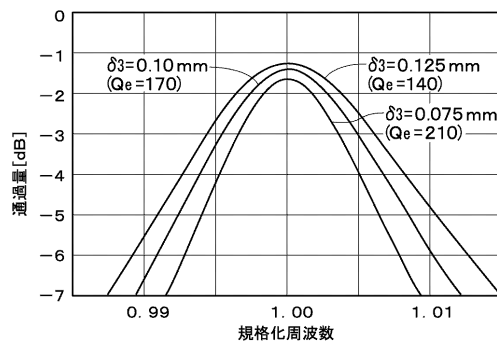
【図 14】



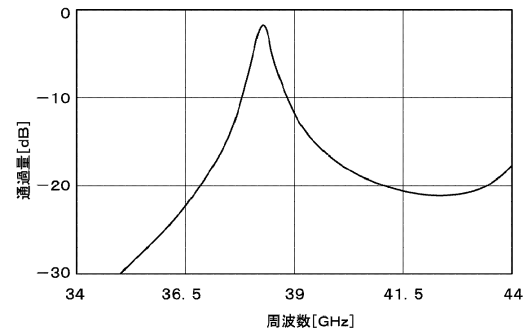
【図 15】



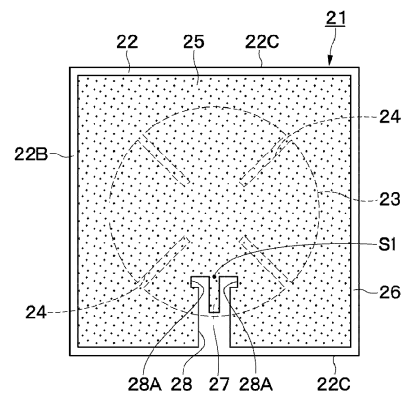
【図 17】



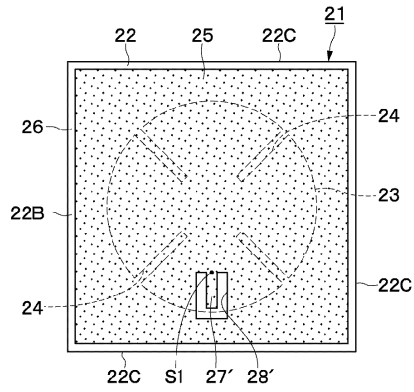
【図 16】



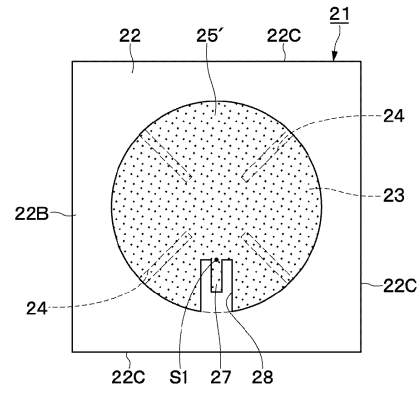
【図 18】



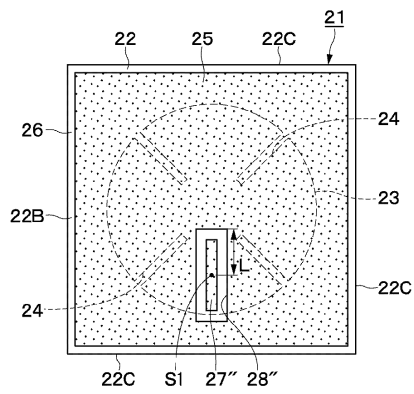
【図 19】



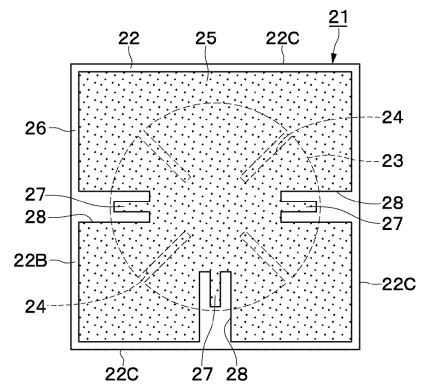
【図 21】



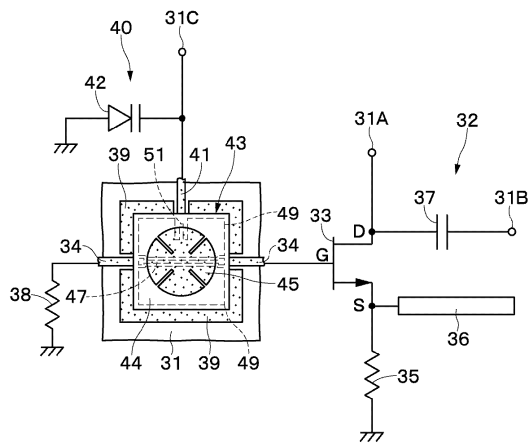
【図 20】



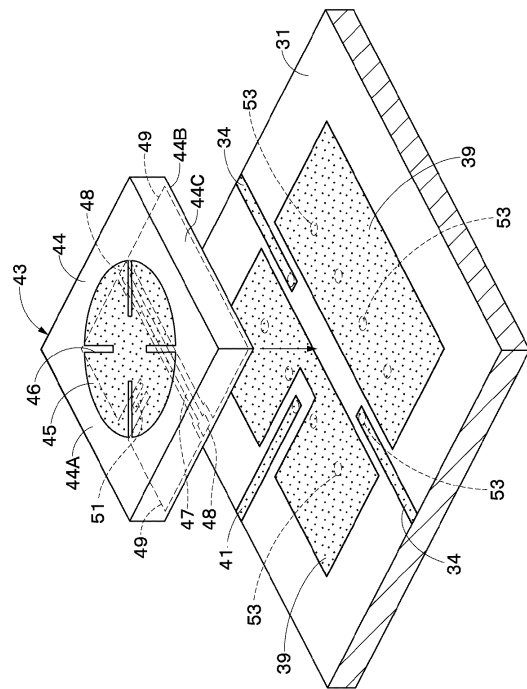
【図 22】



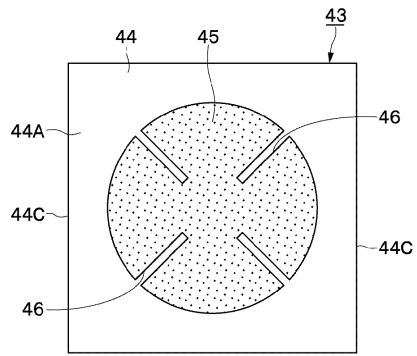
【図 23】



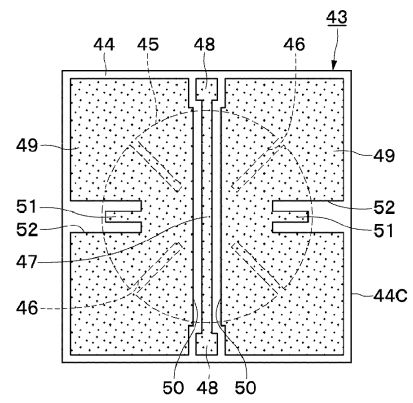
【図 24】



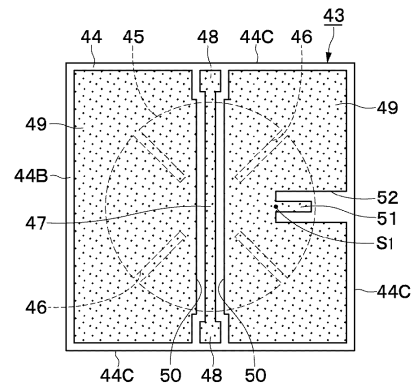
【図 25】



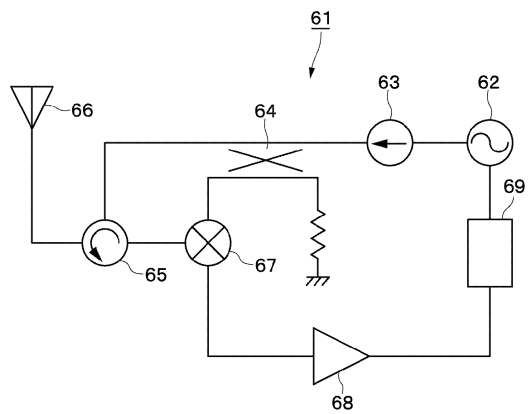
【図 27】



【図 26】



【図 28】



フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H01P 7/08