

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4114618号  
(P4114618)

(45) 発行日 平成20年7月9日(2008.7.9)

(24) 登録日 平成20年4月25日(2008.4.25)

(51) Int.Cl. F I  
 HO 1 Q 1/40 (2006.01) HO 1 Q 1/40  
 HO 1 Q 1/38 (2006.01) HO 1 Q 1/38  
 HO 1 Q 9/38 (2006.01) HO 1 Q 9/38

請求項の数 13 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2004-46437 (P2004-46437)	(73) 特許権者	000000044
(22) 出願日	平成16年2月23日 (2004.2.23)		旭硝子株式会社
(65) 公開番号	特開2005-236873 (P2005-236873A)		東京都千代田区有楽町一丁目12番1号
(43) 公開日	平成17年9月2日 (2005.9.2)	(72) 発明者	渡辺 文範
審査請求日	平成18年9月20日 (2006.9.20)		神奈川県横浜市神奈川区羽沢町1150番地 旭硝子株式会社内
		(72) 発明者	渡邊 正太郎
			神奈川県横浜市神奈川区羽沢町1150番地 旭硝子株式会社内
		(72) 発明者	渡辺 一成
			神奈川県横浜市神奈川区羽沢町1150番地 旭硝子株式会社内
		(72) 発明者	井川 耕司
			神奈川県横浜市神奈川区羽沢町1150番地 旭硝子株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 アンテナおよびその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

両面が誘電体によって被覆されている軸対称平面状放射導体が絶縁性基板の一方の面に、グランド導体が同基板の内部または前記放射導体が形成されていない他方の面にそれぞれ形成されているアンテナであって、軸対称平面状放射導体の両面を被覆している誘電体のいずれもが、1MHzにおける比誘電率が5~40であって同比誘電率が互いに異なる2層以上の誘電体層からなり、隣接する誘電体層のうちの前記放射導体により近い誘電体層の比誘電率が同放射導体からより離れている誘電体層の比誘電率よりも大きく、同放射導体の両面を被覆している誘電体の1MHzにおける実効誘電率が8~18であるアンテナ。

【請求項2】

1~30GHzにおける比帯域幅が10%以上である請求項1に記載のアンテナ。

【請求項3】

グランド導体の前記放射導体対称軸方向長さが35mm以下である請求項2に記載のアンテナ。

【請求項4】

軸対称平面状放射導体を被覆している誘電体の前記放射導体対称軸方向の長さが20mm以下である請求項3に記載のアンテナ。

【請求項5】

放射導体対称軸に直交する方向のグランド導体長さが36mm以下である請求項3また

は4に記載のアンテナ。

【請求項6】

軸対称平面状放射導体の両面を被覆している誘電体のいずれもが2層の誘電体層からなり、前記放射導体により近い誘電体層の1MHzにおける比誘電率が11～35、同放射導体からより離れている誘電体層の1MHzにおける比誘電率が5～15である請求項1～5のいずれかに記載のアンテナ。

【請求項7】

請求項6に記載のアンテナの製造方法であって、焼成されて比誘電率が11～35の誘電体層となるべきガラス粉末含有高誘電率グリーンシートおよび焼成されて比誘電率が5～15の誘電体層となるべきガラス粉末含有低誘電率グリーンシートを所要枚数作製し、焼成されて軸対称平面状放射導体となるべき導体ペーストパターンをこれらグリーンシート中の1枚についてその一方の表面に形成し、これらグリーンシートを積層後焼成して誘電体被覆軸対称平面状放射導体を作製し、当該誘電体被覆軸対称平面状放射導体を、内部または一方の面にグラウンド導体が形成されている絶縁性基板のグラウンド導体が形成されていない面に固着させることを特徴とするアンテナの製造方法。

【請求項8】

ガラス粉末含有高誘電率グリーンシートの無機分が質量百分率表示で30～90%のガラス粉末および10～70%のセラミックス粉末から本質的になり、希土類元素をREで表すこととして、ガラス粉末が下記酸化物基準のモル%表示で、 $SiO_2$  20～75%、 $B_2O_3 + MgO + ZnO$  3～60%、 $Al_2O_3 + CaO + SrO + BaO + TiO_2 + ZrO_2 + SnO_2$  5～60%、 $Y_2O_3 + RE_2O_3 + Nb_2O_5 + Ta_2O_5$  0～30%、から本質的になる請求項7に記載のアンテナの製造方法。

【請求項9】

セラミックス粉末が、BaとTiを含みTi/Baのモル比が3.5～5.5である複合酸化物の粉末を含有する請求項8に記載のアンテナの製造方法。

【請求項10】

ガラス粉末含有高誘電率グリーンシートの無機分が質量百分率表示で25～75%の無鉛ガラス粉末および25～75%の $BaTi_4O_9$ 粉末から本質的になり、無鉛ガラス粉末が下記酸化物基準のモル%表示で、 $SiO_2$  20～40%、 $B_2O_3$  5～37%、 $Al_2O_3$  2～15%、 $CaO + SrO$  1～15%、 $BaO$  5～25%、 $ZnO$  0～35%、 $TiO_2 + ZrO_2 + SnO_2$  0～10%、から本質的になり、 $B_2O_3 + ZnO$ が15～45%である請求項7に記載のアンテナの製造方法。

【請求項11】

ガラス粉末含有低誘電率グリーンシートの無機分が質量百分率表示で30～90%のガラス粉末および10～70%のセラミックス粉末から本質的になり、ガラス粉末が下記酸化物基準のモル%表示で、 $SiO_2$  20～75%、 $B_2O_3 + MgO + ZnO$  3～60%、 $Al_2O_3 + CaO + SrO + BaO + TiO_2 + ZrO_2 + SnO_2$  5～60%、から本質的になる請求項7～10のいずれかに記載のアンテナの製造方法。

【請求項12】

ガラス粉末含有低誘電率グリーンシートのセラミックス粉末が、アルミナ、ムライト、シリカ、フォルステライト、スピネルおよびコーディエライトからなる群から選ばれる1種以上のセラミックスの粉末である請求項11に記載のアンテナの製造方法。

【請求項13】

ガラス粉末含有低誘電率グリーンシートの無機分が質量百分率表示で35～65%の無鉛ガラス粉末および35～65%のアルミナ粉末から本質的になり、無鉛ガラス粉末が下記酸化物基準のモル%表示で、 $SiO_2$  20～40%、 $B_2O_3$  5～37%、 $Al_2O_3$  2～15%、 $CaO + SrO$  1～20%、 $BaO$  5～25%、 $ZnO$  0～35%、 $TiO_2 + ZrO_2 + SnO_2$  0～5%、から本質的になり、 $B_2O_3 + ZnO$ が15～45%である請求項7～10のいずれかに記載のアンテナの製造方法。

【発明の詳細な説明】

10

20

30

40

50

## 【技術分野】

## 【0001】

ウルトラワイドバンド伝送方式等に好適なアンテナおよびその製造方法に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

近年、ウルトラワイドバンド（UWB）伝送方式と呼ばれる通信技術が注目されている。

UWB伝送方式とは、非常に短いパルス幅（たとえば1 n s e c以下）を有するインパルス信号を所定の繰り返し周期で送信して情報伝送を行うものである。したがって、その占有する周波数帯域幅は携帯電話や無線LAN通信で通常使用される帯域幅に比べて非常に広くなり、占有帯域幅を中心周波数（たとえば1～10GHz）で除した値はたとえば

10

ほぼ1となる。UWB伝送方式はこのようにGHzオーダーという超広帯域幅という特長を有しているので、ワイヤレスパーソナルエリアネットワーク（無線PAN）における100Mbpsオーダーの超高速無線伝送を実現できる伝送方式として有望視されている。

## 【0003】

無線PANにおいては携帯情報端末装置、ノート型コンピュータ等の無線通信端末に近距離無線通信装置を搭載して無線通信が行われる。

このような近距離無線通信装置として、プリント基板上に異なる中心周波数を有する要素アンテナを複数形成することを特徴とする広帯域アンテナが提案されている（特許文献1参照）。

20

一方、無線PANではないが無線LANにおいてはこのような近距離無線通信装置として、ノート型コンピュータのカードスロットに着脱可能なPCカード型の無線LANカードが提案されている（特許文献2参照）。当該無線LANカードの大きさは、カードスロットに入る方向の長さ（以下、単に長さということがある。）が約85mm、カードスロットに入る幅（以下、単に幅ということがある。）が約57mm、と記載されている。

## 【0004】

【特許文献1】特開2003-101342号公報（図1）

【特許文献2】特開2003-273632号公報（図13）

## 【発明の開示】

30

【発明が解決しようとする課題】

## 【0005】

特許文献1に記載されている広帯域アンテナはダイポール状パターンアンテナを用いているように見えるのでその長さは通信波長を  $\lambda$  として  $\lambda/2$  とするべきであり、典型的な中心周波数3GHzにおいてはその長さは50mmとなる。したがって、このようなダイポール状パターンアンテナを少なくとも2個並べて形成しなければならない前記広帯域アンテナの長さは典型的には100mm以上となり、その大きさは必ずしも小さいとは言えない。

## 【0006】

また、特許文献2に記載されている無線LANカードはPCカード（長さ：85.6mm、幅：54mm。）にアンテナを搭載したものとみることができ、無線LAN用という目的等から考えて後述する比帯域幅は1～2%程度であると推定されるのでUWB伝送方式での使用は困難である。

40

本発明は以上のような問題を解決できるアンテナおよびその製造方法の提供を目的とする。

【課題を解決するための手段】

## 【0007】

本発明は、両面が誘電体によって被覆されている軸対称平面状放射導体が絶縁性基板の一方の面に、グランド導体が同基板の内部または前記放射導体が形成されていない他方の面にそれぞれ形成され、同放射導体の両面を被覆している誘電体の1MHzにおける比誘

50

電率または実効誘電率が 8 ~ 18 であるアンテナ (以下、本発明のアンテナ A という。) を提供する。

【0008】

また、両面が誘電体によって被覆されている軸対称平面状放射導体が絶縁性基板の一方の面に、グランド導体が同基板の内部または前記放射導体が形成されていない他方の面にそれぞれ形成され、グランド導体の前記放射導体対称軸方向長さが 35 mm 以下であって 1 ~ 30 GHz における比帯域幅が 10 % 以上であるアンテナ (以下、本発明のアンテナ B という。) を提供する。

【0009】

また、軸対称平面状放射導体の両面を被覆している誘電体の少なくともいずれか一方が、1 MHz における比誘電率が 5 ~ 40 であって同比誘電率が互いに異なる 2 層以上の誘電体層からなり、隣接する誘電体層のうちの前記放射導体により近い誘電体層の比誘電率が同放射導体からより離れている誘電体層の比誘電率よりも大きい前記アンテナを提供する。

【0010】

また、前記軸対称平面状放射導体の両面を被覆している誘電体のいずれもが 2 層の誘電体層からなり、前記放射導体により近い誘電体層の 1 MHz における比誘電率が 11 ~ 35、同放射導体からより離れている誘電体層の 1 MHz における比誘電率が 5 ~ 15 である前記アンテナの製造方法であって、焼成されて比誘電率が 11 ~ 35 の誘電体層となるべきガラス粉末含有高誘電率グリーンシート (以下、単に高誘電率グリーンシートという。) および焼成されて比誘電率が 5 ~ 15 の誘電体層となるべきガラス粉末含有低誘電率グリーンシート (以下、単に低誘電率グリーンシートという。) を所要枚数作製し、焼成されて軸対称平面状放射導体となるべき導体ペーストパターンをこれらグリーンシート中の 1 枚についてその一方の表面に形成し、これらグリーンシートを積層後焼成して誘電体被覆軸対称平面状放射導体を作製し、当該誘電体被覆軸対称平面状放射導体を、内部または一方の面にグランド導体が形成されている絶縁性基板のグランド導体が形成されていない面に固着させることを特徴とするアンテナの製造方法を提供する。

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば小型かつ広帯域のアンテナを得ることができ、たとえばその一態様においては UWB 伝送方式での使用が可能な広帯域アンテナを PC カードよりも小型のコンパクトフラッシュ (登録商標) カード (長さ: 42.8 mm、幅: 36.4 mm。以下、CF カードという。) へ搭載することが可能になる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0012】

本発明のアンテナは通信、測距または放送に用いられる 1 ~ 100 GHz、典型的には 1 ~ 30 GHz の周波数領域におけるアンテナに好適である。

本発明のアンテナ B の 1 ~ 30 GHz における比帯域幅 ( $f$ ) は 10 % 以上である。10 % 未満では UWB 伝送方式での使用が困難になる。好ましくは 35 % 以上、より好ましくは 80 % 以上、特に好ましくは 90 % 以上、最も好ましくは 100 % 以上である。

本発明のアンテナ A の  $f$  は、好ましくは 10 % 以上、より好ましくは 35 % 以上、さらに好ましくは 80 % 以上、特に好ましくは 90 % 以上、最も好ましくは 100 % 以上である。

【0013】

$f$  (単位: %) は 1 ~ 30 GHz における VSWR (Voltage Standing Wave Ratio) の周波数特性から求められる。すなわち、1 ~ 30 GHz の周波数域において VSWR が 2 以下であるような周波数の最大値、最小値をそれぞれ  $f_H$ 、 $f_L$  として、 $f$  は次式で表される。

$$f = 2 \times [(f_H - f_L) / (f_H + f_L)] \times 100.$$

【0014】

10

20

30

40

50

V S W Rは放射導体とその放射導体に接続されている伝送線路とのインピーダンスマッチングが良好に行われているか否かを示す指標であり、定在波として現れる電圧信号の最大値と最小値の比である。インピーダンスマッチングが完全に行われているときにはV S W Rは1となるが、インピーダンスマッチングが不完全になると伝送線路と放射導体の接続部分での不連続性により伝送信号進行波の一部が反射されて後退波となりこれら両波の共存により定在波が生成する。V S W Rが1を超えて大きくなるにつれアンテナにおけるリターンロスが大きくなりアンテナ特性が低下する。

【0015】

本発明のアンテナA、B（あわせて本発明のアンテナと総称することがある。）を図1、2を用いて以下で説明するが、本発明はこれに限定されない。

10

図2は本発明のアンテナ1の平面図であり、図1は図2に示すアンテナ1の直線A-Bにおける断面図である。

【0016】

絶縁性基板17の一方の面（上面）にはアンテナ素子10および信号線19が、他方の面（底面）にはグランド導体18がそれぞれ形成されており、絶縁性基板17の底面においてグランド導体18が形成されていない部分は露出部24である。

絶縁性基板17は回路基板として使用できる材料からなる基板であり、通常、1MHz、1GHzまたは1MHz以上10GHz以下における比誘電率が3～6であるような樹脂基板、たとえばFR4、BTレジン等の基板が使用され、その典型的な寸法は、厚み0.1～2.0mm、幅20～40mm、長さ20～50mmである。

20

【0017】

グランド導体18は絶縁性基板17の底面に形成される。

グランド導体18の放射導体軸方向長さ（後述）Lは、本発明のアンテナBにおいては35mm以下である。アンテナ素子10の大きさを8mm未満とすることは困難であるので、Lが35mm超では本発明のアンテナAをCFカード（長さ：42.8mm）に搭載することが困難になる。Lは、好ましくは30mm以下である。

本発明のアンテナAのLは、好ましくは35mm以下、より好ましくは30mm以下である。

【0018】

グランド導体18の放射導体軸方向に直交する方向の長さ、すなわちグランド導体18の幅は36mm以下であることが好ましい。36mm超では、たとえば本発明のアンテナをCFカード（幅：36.4mm）に搭載できなくなる。

30

グランド導体18は図1、2においては絶縁性基板17の底面に形成されるものとしたが、たとえば絶縁性基板17の内部に同基板表面に平行となるように形成されてもよい。その場合においてもグランド導体18の放射導体軸方向長さはLと同様に定められる。

【0019】

信号線19はマイクロストリップライン伝送線路の信号線であり、その典型的な幅は0.1～5.0mmである。信号線19はこのようにグランド導体18が形成される面と異なる面に形成されるものに限られず、たとえば信号線をグランド導体と同じ面上に形成しコプレーナ線路としてもよい。

40

【0020】

アンテナ素子10は通常、絶縁性基板17の上面であって前記露出部24に対向する部分に設けられる、すなわちアンテナ素子10とグランド導体18とは重なり合わないようにされる。なお、アンテナ素子10とグランド導体18とを重なり合うようにする場合であってもその重なり合う長さはたとえば5mm以下とされる。

アンテナ素子10の放射導体軸方向長さは20mm以下であることが好ましい。20mm超では本発明のアンテナをCFカードに搭載できなくなるおそれがある。より好ましくは15mm以下である。

また、アンテナ素子10の放射導体軸方向に直交する方向の長さ、すなわちアンテナ素子10の幅は典型的には15mm以下である。

50

## 【0021】

アンテナ素子10は、軸対称平面状放射導体（以下、単に放射導体ということがある。）11とその下面および上面をそれぞれ被覆する誘電体12、13とを必須とする素子である。

## 【0022】

放射導体11の平面パターンは少なくとも1本の対称軸を有するが、当該対称軸は1本であることが好ましい。

放射導体11の前記対称軸は通常、グラウンド導体18と露出部24の境界線に直交する。この対称軸の方向を以下、放射導体軸方向という。

## 【0023】

放射導体11の平面パターンは、円と半楕円（原楕円をその長軸方向または短軸方向に直角に二分したもの）がそれらの中心を結ぶ線が前記対称軸となるように重なったものである。なお、半楕円の中心とは原楕円の中心である。

このような平面パターンにおいて典型的には、前記円の直径は4～9.5mm、前記原楕円の長軸半径は1～7mm、短軸半径は0.2～3mm、長軸半径/短軸半径は0.3～3.5、平面パターンの放射導体軸方向長さに対する円直径の割合は0.5～0.9である。

放射導体11の平面パターンはこのようなものに限定されず、前記円に替えて楕円としたものおよび/または前記半楕円に替えて台形もしくは矩形としたもの、単なる楕円、単なる円、等が例示される。

## 【0024】

誘電体12は2層の誘電体層12a、12bから、誘電体13は2層の誘電体層13a、13bからそれぞれなり、誘電体12、13の1MHzにおける実効誘電率( $\epsilon_{eff}$ )は本発明のアンテナAにおいては8～18である。なお、たとえば誘電体12の $\epsilon_{eff}$ は、誘電体層12a、12bの $\epsilon_{12a}$ 、 $\epsilon_{12b}$ 、厚みを $t_{12a}$ 、 $t_{12b}$ として、 $(\epsilon_{12a} \times t_{12a} + \epsilon_{12b} \times t_{12b}) / (t_{12a} + t_{12b})$ であり、誘電体12が図1とは異なり1層の誘電体層である場合には $\epsilon_{eff}$ は当該誘電体層の1MHzにおける比誘電率( $\epsilon_r$ )に等しい。

誘電体12、13の $\epsilon_{eff}$ が8未満では $f$ が小さくなる。好ましくは10以上である。18超でも $f$ が小さくなる。好ましくは17以下である。

本発明のアンテナBにおいては誘電体12、13の $\epsilon_{eff}$ は8～18であることが好ましい。より好ましくは10以上または17以下である。

## 【0025】

$f$ をより大きくしたい等の場合には誘電体12、13の少なくとも一方が、 $\epsilon_{12a}$ が5～40であって $\epsilon_{12b}$ が互いに異なる2層以上の誘電体層からなり、隣接する誘電体層のうちの放射導体11により近い誘電体層の $\epsilon_{12a}$ が同放射導体からより離れている誘電体層の $\epsilon_{12b}$ よりも大きいことが好ましい。図1の場合でいえば、 $\epsilon_{12a}$ および $\epsilon_{12b}$ が5～40であって $\epsilon_{12a} > \epsilon_{12b}$ である、および/または $\epsilon_{13a}$ および $\epsilon_{13b}$ が5～40であって $\epsilon_{13a} > \epsilon_{13b}$ である。ここで、 $\epsilon_{13a}$ 、 $\epsilon_{13b}$ は誘電体層13a、13bの $\epsilon_r$ である。

## 【0026】

誘電体12、13のいずれもが、 $\epsilon_{12a}$ が5～40であって $\epsilon_{12b}$ が互いに異なる2層以上の誘電体層からなり、隣接する誘電体層のうちの放射導体11により近い誘電体層の $\epsilon_{12a}$ が同放射導体からより離れている誘電体層の $\epsilon_{12b}$ よりも大きい場合、典型的には、誘電体12、13における $\epsilon_{12a}$ が互いに異なる誘電体層の数は等しいものとされ、放射導体11に接する層から1層目、2層目、・・・と数えることにして誘電体12、13の各n層目の誘電体層の $\epsilon_{12a}$ および厚みはそれぞれ等しいものとされる。図1の場合でいえば誘電体層13a、13bの厚みを $t_{13a}$ 、 $t_{13b}$ として典型的には、 $t_{12a} = t_{13a}$ 、 $t_{12b} = t_{13b}$ である。

## 【0027】

10

20

30

40

50

図1に示すように誘電体12および誘電体13がそれぞれ2層の誘電体層12a、12b、誘電体層13a、13bからなる場合、放射導体11により近い誘電体層12a、13aのすなわち $\epsilon_{12a}$ 、 $\epsilon_{13a}$ はいずれも11~35であり、放射導体11からより離れている誘電体層12b、13bのすなわち $\epsilon_{12b}$ 、 $\epsilon_{13b}$ はいずれも5~15であることが、 $f$ を大きくするためには好ましい(以下、この好ましい態様を本アンテナという)。なお、図1では誘電体層12aと13aが異なる物質(誘電体)からなるものとし、それらの界面を明示している。

$\epsilon_{12a}$ 、 $\epsilon_{13a}$ の少なくともいずれか一方は15~30であり、 $\epsilon_{13b}$ は6~10であることがより好ましい。

#### 【0028】

誘電体12が放射導体11に近い側から誘電体層12a、12b、12cの順で積層された3層から、誘電体13が放射導体11に近い側から誘電体層13a、13b、13cの順で積層された3層からそれぞれなる場合、各層の $\epsilon$ を下付添字に各層名称を付して表すこととして、 $\epsilon_{12a}$ および $\epsilon_{13a}$ は16~40、 $\epsilon_{12b}$ および $\epsilon_{13b}$ は10~16、 $\epsilon_{12c}$ および $\epsilon_{13c}$ は5~10であることが好ましく、この場合典型的には、 $\epsilon_{12a} = \epsilon_{13a}$ 、 $\epsilon_{12b} = \epsilon_{13b}$ 、 $\epsilon_{12c} = \epsilon_{13c}$ とされる。

#### 【0029】

放射導体11は給電線14、ビア20を介して信号線19と接続される。放射導体11と信号線19の接続方法はこれに限定されず、たとえば誘電体12、13の端面に信号線パターンを形成してこれをビア20の替わりとしてもよい。

また、放射導体11のインピーダンスマッチングを行うために、給電線14の左右にその電位0とするべくアースパターン15、15がアンテナ素子10の絶縁性基板17と接触すべき面に形成される。アースパターン15、15は、いずれも図示しない接合パッドおよび絶縁性基板17内ビアを介してグラウンド導体18に接続される。

#### 【0030】

次に、前記本アンテナの製造方法すなわち本発明のアンテナの製造方法について説明する。

本発明におけるグリーンシートは無機分と有機分とからなる。無機分としては必須成分であるガラス粉末の他に任意成分としてセラミックス粉末等が、有機分としては必須成分である有機バインダの他に可塑剤等がそれぞれ例示される。

#### 【0031】

第1のガラス粉末含有低誘電率グリーンシートを1枚または複数枚、その上に第1のガラス粉末含有高誘電率グリーンシートを1枚または複数枚、その上に第2の高誘電率グリーンシートを1枚または複数枚、その上に第2の低誘電率グリーンシートを1枚または複数枚積層し、焼成されて誘電体層12b、12a、13a、13bとなるべき未焼成誘電体層12、12、13、13からなるグリーンシート層を作製する。

#### 【0032】

なお、第2の高誘電率グリーンシートからなる層(未焼成誘電体層13)の第1の高誘電率グリーンシート層(未焼成誘電体層12)と対向する面には、焼成されて放射導体11および給電線14となるべき導体ペーストパターンを通常は銀ペーストを用いてスクリーン印刷法により形成する。

また、未焼成誘電体層12および13からなる下部グリーンシート層に孔を明けそこに通常は銀ペーストを充填してビア20となるべき導体ペースト充填孔を作製する。

また、アースパターン15となるべき導体ペーストパターンを下部グリーンシートの下面となる第1の低誘電率グリーンシートの面に形成する。

その他に、補助パターン、接合用ビア等となるべき導体ペーストパターン、導体ペースト充填孔等を形成する加工が行われる。

#### 【0033】

未焼成誘電体層12、12、13、13からなるグリーンシート層は熱圧着され、グリーンシート中のバインダを分解除去後焼成され、必要に応じて所望の寸法に切断

10

20

30

40

50

されアンテナ素子 10 とされる。

前記熱圧着は、グリーンシート層を典型的には 80 に 5 分間プレスして行われる。

前記バインダの分解除去は、熱圧着されたグリーンシート層を典型的には 550 に 5 時間保持して行われる。

前記焼成は典型的には 950 またはそれ以下の温度で行われる。950 超では導体ペーストに銀ペーストを用いた場合銀が融解する。この場合、焼成温度は 900 以下が好ましく、典型的には 800 ~ 900、より典型的には 830 ~ 870 である。

#### 【0034】

一方、両面銅貼り樹脂基板（たとえば、松下電工社製 R-1766T）をエッチング加工等して、底面にグランド導体 18 および露出部 24 を、上面に信号線 19 を有する絶縁性基板 17 を作製する。なお、絶縁性基板 17 の上面にはアースパターン 15、15 と接触すべき接合パッド（図示せず）が 2 個、同パッドとグランド導体 18 を電氣的に接続する接合用ビア（図示せず）が絶縁性基板 17 の内部に 2 個それぞれ形成される。

10

#### 【0035】

接合パッドを被覆するように鉛フリークリーム半田をメタルマスクを用いて印刷し、その上にアンテナパターン 15、15 が載るようにアンテナ素子 10 を置き、その後たとえば 250 に加熱し、絶縁性基板 17 の上面にアンテナ素子 10 を固着させる。

#### 【0036】

高誘電率グリーンシートおよび低誘電率グリーンシートが含有するガラス粉末のガラス転移点 ( $T_g$ ) はいずれも 800 以下であることが好ましい。800 超では、950 またはそれ以下の温度で焼成したときに緻密な誘電体層 12a、13a が得られなくなるおそれがある。好ましくは 700 以下、より好ましくは 650 以下である。また、 $T_g$  は典型的には 550 以上である。なお、通常、放射導体 11 となるべき導体ペーストパターンは導体ペーストとして銀ペーストを用いて形成され、高誘電率グリーンシートおよび低誘電率グリーンシートと 950 またはそれ以下の温度で同時に焼成されるので、 $T_g$  が 800 超ではこのような同時焼成が事実上困難になるおそれがある。

20

#### 【0037】

前記ガラス粉末の質量平均粒径 ( $D_{50}$ ) はいずれも 1 ~ 10  $\mu\text{m}$  であることが好ましい。1  $\mu\text{m}$  未満ではグリーンシート中にガラス粉末を均一に分散させることが困難になる。より好ましくは 1.5  $\mu\text{m}$  以上、特に好ましくは 2  $\mu\text{m}$  以上である。10  $\mu\text{m}$  超では緻密な焼成体（誘電体層）を得ることが困難になる。より好ましくは 5  $\mu\text{m}$  以下、特に好ましくは 3.5  $\mu\text{m}$  以下である。

30

#### 【0038】

高誘電率グリーンシートおよび低誘電率グリーンシートが含有するガラス粉末は、焼成時における高誘電率グリーンシートおよび低誘電率グリーンシートのガラス同士の化学反応を抑制したい、高誘電率グリーンシートおよび低誘電率グリーンシートのガラスの  $T_g$  を等しくして両グリーンシートの焼成収縮挙動の不一致を小さくし誘電体層の変形・反りを小さくしたい、等の場合には同じ組成のものとすることが好ましい。

#### 【0039】

高誘電率グリーンシートおよび低誘電率グリーンシートはいずれもその無機分が質量百分率表示で 30 ~ 90 % のガラス粉末および 10 ~ 70 % のセラミックス粉末から本質的になるものであることが好ましい。

40

前記セラミックス粉末の  $D_{50}$  は 0.5 ~ 15  $\mu\text{m}$  であることが好ましい。15  $\mu\text{m}$  超では緻密な焼成体を得にくくなる。より好ましくは 10  $\mu\text{m}$  以下、特に好ましくは 5  $\mu\text{m}$  以下である。典型的には 1 ~ 2  $\mu\text{m}$  である。

#### 【0040】

高誘電率グリーンシートのガラス粉末は、誘電体層 12a、13a の誘電損失をより小さくしたい、機械的強度をより大きくしたい等の場合には、たとえば 900 で焼成したときにセルシアン結晶およびヘキサセルシアン結晶の少なくともいずれか一方を析出するものであることが好ましい。

50



## 【0041】

また、高誘電率グリーンシートのガラス粉末は、下記酸化物基準のモル%表示で、 $\text{SiO}_2$  20~75%、 $\text{B}_2\text{O}_3 + \text{MgO} + \text{ZnO}$  3~60%、 $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{SrO} + \text{BaO} + \text{TiO}_2 + \text{ZrO}_2 + \text{SnO}_2$  5~60%、 $\text{Y}_2\text{O}_3 + \text{RE}_2\text{O}_3 + \text{Nb}_2\text{O}_5 + \text{Ta}_2\text{O}_5$  0~30%、から本質的になることが好ましい。ここで、REは希土類元素である。また、以下ではガラス組成はモル%表示とし、モル%は単に%と表示する。

## 【0042】

高誘電率グリーンシートのガラス粉末の上記好ましい態様について説明する。

$\text{SiO}_2$ はガラスのネットワークフォーマであり、必須である。20%未満ではガラスが不安定になる。好ましくは25%以上である。75%超では $T_G$ が高くなる。好ましくは65%以下、より好ましくは40%以下である。

$\text{B}_2\text{O}_3$ 、 $\text{MgO}$ および $\text{ZnO}$ はガラスの熔融温度または $T_G$ を低下させる成分であり、いずれか1種以上を含有しなければならない。これら3成分の含有量の合計が3%未満ではガラスが得られにくくなる、または $T_G$ が高くなる。好ましくは5%以上、より好ましくは15%以上である。60%超ではガラスが不安定になる。好ましくは45%以下である。

## 【0043】

$\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{SrO}$ 、 $\text{BaO}$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{ZrO}_2$ および $\text{SnO}_2$ はガラスを安定化する、または化学的耐久性を高くする成分であり、いずれか1種以上を含有しなければならない。これら7成分の含有量の合計が5%未満ではガラスが不安定になる、または化学的耐久性が低くなる。好ましくは8%以上である。60%超ではガラスが得られにくくなる。好ましくは40%以下である。

$\text{Y}_2\text{O}_3$ 、 $\text{RE}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Nb}_2\text{O}_5$ および $\text{Ta}_2\text{O}_5$ はいずれも必須ではないが、を高くするために合計で30%まで含有してもよい。30%超ではガラスが不安定になる。好ましくは20%以下である。

## 【0044】

この好ましい態様のガラス粉末は本質的に上記成分からなるが、本発明の目的を損なわない範囲で他の成分を含有してもよい。そのような成分を含有する場合その含有量の合計は、好ましくは10%以下、より好ましくは5%以下である。

前記他の成分としては、 $\text{P}_2\text{O}_5$ 、 $\text{Li}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{K}_2\text{O}$ 等のガラス熔融温度を低下させる等を目的とする成分、 $\text{CuO}$ 、 $\text{CoO}$ 、 $\text{Bi}_2\text{O}_3$ 、 $\text{WO}_3$ 等のガラス着色成分または結晶化制御成分などが例示される。

なお、 $\text{Li}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ または $\text{K}_2\text{O}$ を含有する場合、これら成分の含有量合計は1%未満であることが好ましい。1%以上では誘電損失が大きくなる、または電気絶縁性が低下するおそれがある。誘電損失をより低下させたい、電気絶縁性を高くしたい等の場合にはこれらアルカリ金属酸化物は含有しないことが好ましい。

また、 $\text{PbO}$ は実質的に含有しないことが好ましい。

## 【0045】

誘電体層12a、13aのをより大きくしたい場合には、高誘電率グリーンシートのセラミックス粉末は、BaとTiを含みTi/Baのモル比が3.5~5.5である複合酸化物の粉末を含有するものとするのが好ましい。同複合酸化物としては $\text{BaTi}_4\text{O}_9$ および $\text{Ba}_2\text{Ti}_9\text{O}_{20}$ が例示されるが、より緻密な焼成体を得たい場合には $\text{BaTi}_4\text{O}_9$ の粉末を使用することが好ましい。

## 【0046】

高誘電率グリーンシートの無機分の好ましい態様として、質量百分率表示で25~75%の無鉛ガラス粉末および25~75%の $\text{BaTi}_4\text{O}_9$ 粉末から本質的になり、無鉛ガラス粉末が下記酸化物基準のモル%表示で、 $\text{SiO}_2$  20~40%、 $\text{B}_2\text{O}_3$  5~37%、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  2~15%、 $\text{CaO} + \text{SrO}$  1~15%、 $\text{BaO}$  5~25%、 $\text{ZnO}$  0~35%、 $\text{TiO}_2 + \text{ZrO}_2 + \text{SnO}_2$  0~10%、から本質的になり、B

10

20

30

40

50

$B_2O_3 + ZnO$ が15～45%であるガラスセラミックス組成物が例示される。

【0047】

前記無鉛ガラス粉末の成分について説明する。

$SiO_2$ はガラスのネットワークフォーマであり、必須である。20%未満では安定なガラスが得られにくい。好ましくは25%以上、より好ましくは30%以上である。40%超では $T_G$ が高くなりすぎる、または $\alpha$ が小さくなるおそれがある。好ましくは38%以下、より好ましくは35%以下である。

【0048】

$B_2O_3$ は $T_G$ を下げる、またはガラスを安定化する成分であり、必須である。5%未満ではガラスが不安定となりやすい。好ましくは10%以上、より好ましくは15%以上である。37%超ではガラス粉末の化学的耐久性が低下する。好ましくは30%以下、より好ましくは25%以下、さらに好ましくは22%以下である。

10

【0049】

$ZnO$ は必須ではないが、 $T_G$ を低下させるために35%まで含有してもよい。35%超ではガラスの化学的耐久性、特に耐酸性が低下する。好ましくは20%以下である。 $ZnO$ を含有する場合、その含有量は2%以上であることが好ましい。2%未満では効果が不十分となるおそれがある。好ましくは5%以上、より好ましくは10%以上である。

また、 $B_2O_3 + ZnO$ は15～45%であることが好ましい。 $B_2O_3 + ZnO$ が15%未満では $T_G$ が高くなるおそれがある。45%超であると化学的耐久性が低下する。

【0050】

20

$Al_2O_3$ はガラスの安定性または化学的耐久性を高める成分であり、必須である。2%未満ではガラスが不安定となる。好ましくは5%以上である。15%超では $T_G$ が高くなりすぎる。好ましくは10%以下である。

【0051】

$BaO$ はガラスを安定化する成分であり、必須である。5%未満ではガラスが不安定になる、または焼成時に $BaTi_4O_9$ 結晶とガラス粉末が反応し焼成体中の $BaTi_4O_9$ 結晶の含有量が減少して $\alpha$ が低下する等のおそれがある。好ましくは10%以上、より好ましくは13%以上である。25%超ではガラスがかえって不安定になるおそれがある。

$CaO$ および $SrO$ はいずれもガラスを安定化し、焼成体の $\tan \delta$ を低下する成分であり、単独または合計で1%以上が必要である。1%未満では焼成体の $\tan \delta$ が大きくなるおそれがある。好ましくは5%以上である。15%超では焼成体の $\alpha$ が低下する。好ましくは10%以下である。

30

【0052】

$TiO_2$ 、 $ZrO_2$ および $SnO_2$ はいずれも必須ではないが、ガラスの化学的耐久性を高める、結晶の析出を早める、析出量を増加させる等の目的で合計で10%まで含有してもよい。10%超では $T_G$ が高くなる、または焼成体の緻密性が低下するおそれがある。

前記無鉛ガラス粉末は本質的に上記成分からなるが本発明の目的を損なわない範囲でその他の成分を含有してもよい。他の成分を含有する場合、その含有量の合計は好ましくは10%以下、より好ましくは5%以下である。なお、 $PbO$ は含有しない。

40

【0053】

前記ガラスセラミックス組成物は前記無鉛ガラスと $BaTi_4O_9$ 粉末から本質的になるが、この他にたとえば、 $Ba_2Ti_9O_{20}$ 、 $MgO$ 、 $BaWO_4$ 、 $ZrO_2$ 、 $MgTiO_3$ 、 $CaTiO_3$ 、 $SrTiO_3$ および $TiO_2$ からなる群から選ばれる1種以上の結晶(セラミックス)の粉末を合計で0.1～10%の範囲で含有してもよい。なお、これら粉末は焼成体の比誘電率の温度依存性したがってアンテナ特性の温度依存性を小さくする、析出結晶を調整して焼成体の膨張係数を調整する、等のために含有される。

【0054】

低誘電率グリーンシートのガラス粉末は、誘電体層12b、13bの機械的強度をより

50

大きくしたい等の場合には、たとえば900で焼成したときにセルシアン、ヘキサセルシアン、ガーナイト、フォルステライト、エンスタタイト、ディオブサイドおよびアノサイトからなる群から選ばれる1種以上の結晶(セラミックス)を析出するものであることが好ましい。誘電損失をより小さくしたい等の場合には、セルシアン、フォルステライト、エンスタタイトおよびディオブサイドからなる群から選ばれる1種以上の結晶を析出するものであることがより好ましい。

#### 【0055】

低誘電率グリーンシートのガラス粉末は、下記酸化物基準のモル%表示で、 $\text{SiO}_2$  20~75%、 $\text{B}_2\text{O}_3 + \text{MgO} + \text{ZnO}$  3~60%、 $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{SrO} + \text{BaO} + \text{TiO}_2 + \text{ZrO}_2 + \text{SnO}_2$  5~60%、から本質的になることが好ましい

10

この好ましい組成について以下に説明する。

$\text{SiO}_2$ はガラスのネットワークフォーマであり、必須である。20%未満ではガラスが不安定になる。好ましくは25%以上である。75%超では $T_g$ が高くなる。好ましくは65%以下、より好ましくは55%以下である。

#### 【0056】

$\text{B}_2\text{O}_3$ 、 $\text{MgO}$ および $\text{ZnO}$ はガラスの溶融温度または $T_g$ を低下させる成分であり、いずれか1種以上を含有しなければならない。これら3成分の含有量の合計が3%未満ではガラスが得られにくくなる、または $T_g$ が高くなる。好ましくは5%以上、より好ましくは15%以上である。60%超ではガラスが不安定になる。好ましくは45%以下である。

20

$\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{SrO}$ 、 $\text{BaO}$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{ZrO}_2$ および $\text{SnO}_2$ はガラスを安定化する、または化学的耐久性を高くするための成分であり、いずれか1種以上を含有しなければならない。これら7成分の含有量の合計が5%未満ではガラスが不安定になる、または化学的耐久性が低くなる。好ましくは8%以上である。60%超ではガラスがかえって不安定になる。好ましくは40%以下である。

#### 【0057】

当該好ましい組成のガラス粉末は本質的に上記成分からなるが、本発明の目的を損なわない範囲で他の成分を含有してもよい。そのような成分を含有する場合その含有量の合計は、好ましくは10%以下、より好ましくは5%以下である。

30

前記他の成分としては、 $\text{MgO}$ 、 $\text{P}_2\text{O}_5$ 、 $\text{Li}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{K}_2\text{O}$ 等のガラス溶融温度を低下させる等を目的とする成分、 $\text{CuO}$ 、 $\text{CoO}$ 、 $\text{Bi}_2\text{O}_3$ 、 $\text{WO}_3$ 、 $\text{CeO}_2$ 、 $\text{Y}_2\text{O}_3$ 、 $\text{La}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Nd}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Sm}_2\text{O}_3$ 等のガラス着色成分または結晶析出制御成分などが例示される。

#### 【0058】

なお、 $\text{Li}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ または $\text{K}_2\text{O}$ を含有する場合、これら成分の含有量合計は1%未満であることが好ましい。1%以上では誘電損失が大きくなる、または電気絶縁性が低下するおそれがある。誘電損失をより低下させたい、電気絶縁性を高くしたい等の場合にはこれらアルカリ金属酸化物は含有しないことが好ましい。

また、 $\text{PbO}$ は実質的に含有しないことが好ましい。

40

#### 【0059】

誘電体層12b、13bの機械的強度をより大きくしたい、焼成体(誘電体層)の膨張係数を調整したい等の場合には、低誘電率グリーンシートのセラミックス粉末は、アルミナ、ムライト、シリカ、フォルステライト、スピネルおよびコーディエライトからなる群から選ばれる1種以上のセラミックスの粉末であることが好ましい。機械的強度向上の点からはアルミナの粉末を使用することが好ましい。

前記1種以上のセラミックスの粉末の $D_{50}$ は1~12 $\mu\text{m}$ であることが好ましい。1 $\mu\text{m}$ 未満ではグリーンシート中に当該粉末を均一に分散させることが困難になる、または焼成体(誘電体層)の機械的強度が小さくなるおそれがある。より好ましくは1.5 $\mu\text{m}$ 以上である。12 $\mu\text{m}$ 超では緻密な焼成体を得ることが困難になる。より好ましくは10

50

$\mu\text{m}$ 以下、特に好ましくは $5\ \mu\text{m}$ 以下、最も好ましくは $3.5\ \mu\text{m}$ 以下である。

【0060】

低誘電率グリーンシートの無機分の好ましい態様として、質量百分率表示で $35\sim 65\%$ の無鉛ガラス粉末および $35\sim 65\%$ のアルミナ粉末から本質的になり、無鉛ガラス粉末が下記酸化物基準のモル%表示で、 $\text{SiO}_2$   $20\sim 40\%$ 、 $\text{B}_2\text{O}_3$   $5\sim 37\%$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$   $2\sim 15\%$ 、 $\text{CaO} + \text{SrO}$   $1\sim 20\%$ 、 $\text{BaO}$   $5\sim 25\%$ 、 $\text{ZnO}$   $0\sim 35\%$ 、 $\text{TiO}_2 + \text{ZrO}_2 + \text{SnO}_2$   $0\sim 5\%$ 、から本質的になり、 $\text{B}_2\text{O}_3 + \text{ZnO}$ が $15\sim 45\%$ であるガラスセラミックス組成物が例示される。当該ガラスセラミックス組成物をたとえば $900^\circ\text{C}$ で焼成して得られる焼成体(誘電体)の、 $\tan\delta$ はそれぞれ $5\sim 8$ 、 $0.0010\sim 0.0030$ である。

10

【0061】

前記無鉛ガラス粉末の成分について説明する。

$\text{SiO}_2$ はガラスのネットワークフォーマであり、必須である。 $20\%$ 未満では安定なガラスが得られ難い。好ましくは $25\%$ 以上、より好ましくは $30\%$ 以上である。 $40\%$ 超では $T_G$ が高くなりすぎるおそれがある。好ましくは $38\%$ 以下、より好ましくは $35\%$ 以下である。

$\text{B}_2\text{O}_3$ はガラスを安定化する成分であり、必須である。 $5\%$ 未満ではガラスが不安定となりやすい。好ましくは $10\%$ 以上、より好ましくは $15\%$ 以上である。 $37\%$ 超ではガラス粉末の化学的耐久性が低下する。好ましくは $30\%$ 以下、より好ましくは $25\%$ 以下、さらに好ましくは $22\%$ 以下である。

20

【0062】

$\text{ZnO}$ は必須ではないが、 $T_G$ を低下させるために $35\%$ まで含有してもよい。 $35\%$ 超ではガラスの化学的耐久性、特に耐酸性が低下する。好ましくは $20\%$ 以下である。 $\text{ZnO}$ を含有する場合、その含有量は $2\%$ 以上であることが好ましい。 $2\%$ 未満では効果が不十分となるおそれがある。好ましくは $5\%$ 以上、より好ましくは $10\%$ 以上である。

また、 $\text{B}_2\text{O}_3 + \text{ZnO}$ が $15\sim 45\%$ であることが好ましい。 $\text{B}_2\text{O}_3 + \text{ZnO}$ が $15\%$ 未満では $T_G$ が高くなるおそれがある。 $45\%$ 超であると化学的耐久性が低下する。

【0063】

$\text{Al}_2\text{O}_3$ はガラスの安定性または化学的耐久性を高める成分であり、必須である。 $2\%$ 未満ではガラスが不安定となる。好ましくは $5\%$ 以上である。 $15\%$ 超では $T_G$ が高くなりすぎる。好ましくは $10\%$ 以下である。

30

$\text{BaO}$ はガラスを安定化する成分であり、必須である。 $5\%$ 未満では、効果が不十分となる。好ましくは $10\%$ 以上、より好ましくは $13\%$ 以上である。 $25\%$ 超ではガラスがかえって不安定になるおそれがある。

【0064】

$\text{CaO}$ および $\text{SrO}$ はいずれも必須ではないがガラスを安定化し、焼成体の $\tan\delta$ を低下する成分であり、単独または合計で $1\%$ 以上が必要である。 $1\%$ 未満では焼成体の $\tan\delta$ が大きくなるおそれがある。好ましくは $5\%$ 以上である。 $20\%$ 超ではガラスがかえって不安定になる。好ましくは $15\%$ 以下、より好ましくは $10\%$ 以下である。

$\text{TiO}_2$ 、 $\text{ZrO}_2$ 、 $\text{SnO}_2$ はいずれも必須ではないが、ガラスの化学的耐久性を高める、結晶の析出を早める、析出量を増加させる等のために合計で $5\%$ まで含有してもよい。 $5\%$ 超では、もしくは $T_G$ が高くなる、または焼成体緻密性が低下するおそれがある。

40

【0065】

前記無鉛ガラス粉末は本質的に上記成分からなるが本発明の目的を損なわない範囲でその他の成分を含有してもよい。他の成分を含有する場合、その含有量の合計は好ましくは $10\%$ 以下、より好ましくは $5\%$ 以下である。

前記他の成分としては、 $\text{MgO}$ 、 $\text{P}_2\text{O}_5$ 、 $\text{Li}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{K}_2\text{O}$ 等のガラス熔融温度を低下させる等を目的とする成分、 $\text{CuO}$ 、 $\text{CoO}$ 、 $\text{Bi}_2\text{O}_3$ 、 $\text{WO}_3$ 、 $\text{CeO}_2$ 、 $\text{Y}_2\text{O}_3$ 、 $\text{La}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Nd}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Sm}_2\text{O}_3$ 等のガラス着色成分または結晶析出

50

促進成分などが例示される。

【0066】

なお、 $\text{Li}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ または $\text{K}_2\text{O}$ を含有する場合、これら成分の含有量合計は1%未満であることが好ましい。1%以上では誘電損失が大きくなる、または電気絶縁性が低下するおそれがある。誘電損失をより低下させたい、電気絶縁性を高くしたい等の場合にはこれらアルカリ金属酸化物は含有しないことが好ましい。

また、 $\text{PbO}$ は含有しない。

【0067】

前記ガラスセラミックス組成物は前記無鉛ガラスとアルミナ粉末から本質的になるが、この他にたとえば、熱膨張係数の制御等のためにセルシアン、ヘキサセルシアン、コーディエライト、チタン酸マグネシウム等のセラミックスの粉末、銀導体と接する部分の発色防止等のために酸化セリウム粉末、等を合計で0.1~15%の範囲で含有してもよい。

10

【0068】

機械的強度を高くしたい、平面方向での焼成収縮率または寸法ばらつきを小さくしたい等の場合における低誘電率グリーンシート無機分の他の好ましい態様として、質量百分率表示で40~90%の無鉛ガラス粉末および10~60%のアルミナ粉末から本質的になり、無鉛ガラス粉末が下記酸化物基準のモル%表示で、 $\text{SiO}_2$  35~55%、 $\text{B}_2\text{O}_3$  0~5%、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  5~20%、 $\text{MgO}$  20~40%、 $\text{CaO}$  0~20%、 $\text{BaO}$  0~10%、 $\text{ZnO}$  0~10%、 $\text{TiO}_2 + \text{ZrO}_2 + \text{SnO}_2$  0~10%、から本質的になるガラスセラミックス組成物が例示される。

20

当該ガラスセラミックス組成物をたとえば900℃で焼成して得られる焼成体(誘電体)の、 $\tan \delta$ はそれぞれ5~8、0.0010~0.0030である。

【0069】

この好ましい態様の無機分を有する低誘電率グリーンシートおよび前記好ましい態様の無機分を有する高誘電率グリーンシートをそれぞれ低誘電率グリーンシート、高誘電率グリーンシートとして使用する場合、低誘電率グリーンシートのガラス粉末の $T_g$ は高誘電率グリーンシートのガラス粉末の $T_g$ よりも高いことが好ましく、両 $T_g$ の差は好ましくは50℃以上、より好ましくは100℃以上、特に好ましくは120℃以上である。

【0070】

次に、前記無鉛ガラス粉末の成分について説明する。

30

$\text{SiO}_2$ はガラスのネットワークフォーマであり、必須である。35%未満では安定なガラスが得られにくい。好ましくは40%以上、より好ましくは42%以上、である。55%超では $T_g$ が高くなりすぎるおそれがある。好ましくは52%以下である。

$\text{B}_2\text{O}_3$ は必須ではないがガラスの溶融温度または $T_g$ を低下させるために5%まで含有してもよい。5%超では焼成体の $\tan \delta$ が大きくなる、または化学的耐久性が低下するおそれがある。

【0071】

$\text{MgO}$ はガラスを安定化させる、ガラスの溶融温度を低下させる、またはガラスからの結晶析出を促進する成分であり、必須である。20%未満では効果が不十分となる。好ましくは25%以上である。40%超ではガラスが不安定になる。好ましくは38%以下である。

40

$\text{ZnO}$ は必須ではないが、 $T_g$ を低下させる等のために10%まで含有してもよい。10%超ではガラスの化学的耐久性、特に耐酸性が低下する。好ましくは8%以下である。 $\text{ZnO}$ を含有する場合、その含有量は2%以上であることが好ましい。2%未満では効果が不十分となるおそれがある。好ましくは5%以上である。

$\text{Al}_2\text{O}_3$ はガラスの安定性または化学的耐久性を高める成分であり、必須である。5%未満ではガラスが不安定となる。好ましくは6%以上である。20%超では $T_g$ が高くなりすぎる。好ましくは10%以下、より好ましくは8.5%以下である。

【0072】

$\text{CaO}$ は必須ではないがガラスを安定化し、焼成体の $\tan \delta$ を低下する成分であり、

50

20%まで含有することができる。また、ディオプサイド、アノーサイトの構成成分であり、これらの結晶を析出させたい場合には、好ましくは5%以上、より好ましくは7%以上である。アノーサイトを析出させたい場合には、好ましくは14%以上である。20%超ではガラスが不安定になるおそれがある。好ましくは18%以下である。アノーサイトを析出させたくない場合には12%以下であることが好ましい。

#### 【0073】

BaOは必須ではないが、ガラスを安定化する成分であり、10%まで含有することができる。10%超では焼成体のtan $\delta$ が大きくなるおそれがある。

TiO<sub>2</sub>、ZrO<sub>2</sub>、SnO<sub>2</sub>はいずれも必須ではないが、ガラスの化学的耐久性または焼成体の結晶化率を高める等のために合計で10%まで含有してもよい。10%超ではガラスの軟化点が高くなる、または焼成体の緻密性が低下するおそれがある。

10

#### 【0074】

この無鉛ガラス粉末は本質的に上記成分からなるが、本発明の目的を損なわない範囲で他の成分を含有してもよい。他の成分を含有する場合、その含有量は合計で10%以下であることが好ましい。

たとえば、ガラス熔融温度を低下する等の目的でP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、Li<sub>2</sub>O、Na<sub>2</sub>O、K<sub>2</sub>Oなどの成分を、ガラスを着色する、結晶化率を高める等の目的でCuO、CoO、CeO<sub>2</sub>、Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Nd<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Sm<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、WO<sub>3</sub>等の成分を含有することができる。Li<sub>2</sub>O、Na<sub>2</sub>O、K<sub>2</sub>Oのいずれかを含有する場合、これら成分の合計の含有量は1%未満であることが好ましい。

20

また、PbOを含有しない。

#### 【実施例】

#### 【0075】

##### (例1)

モル%表示組成が、SiO<sub>2</sub> 31.7%、B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 21.5%、ZnO 15.4%、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 6.5%、CaO 7.4%、BaO 14.7%、ZrO<sub>2</sub> 2.0%、SnO<sub>2</sub> 0.6%、であるガラス(T<sub>G</sub>=603)が得られるように原料を調合、混合し、この混合された原料を白金ルツボに入れて1550で60分間熔融後、熔融ガラスを流し出し冷却した。

得られたガラスをアルミナ製ボールミルで32時間粉碎してガラス粉末(D<sub>50</sub>=3.6 $\mu$ m)とした。なお、粉碎時の溶媒としてエチルアルコールを用いた。

30

#### 【0076】

一方、BaTi<sub>4</sub>O<sub>9</sub>粉末を次のようにして作製した。すなわち、BaCO<sub>3</sub>(堺化学工業社製炭酸バリウムBW-KT)88gとTiO<sub>2</sub>(関東化学社製試薬ルチル型)130gとを水を溶媒としてボールミルで混合し、得られた混合物を乾燥後1150に2時間保持した。冷却後ボールミルで60時間粉碎してD<sub>50</sub>が0.9 $\mu$ mである粉末を得た。この粉末についてX線回折測定を行ったところBaTi<sub>4</sub>O<sub>9</sub>結晶の強い回折ピークパターンが認められ、この粉末がBaTi<sub>4</sub>O<sub>9</sub>粉末であることが確認された。

#### 【0077】

次に、質量百分率表示で前記ガラス粉末38%、BaTi<sub>4</sub>O<sub>9</sub>粉末58%、MgTiO<sub>3</sub>粉末(富士チタン工業社製チタン酸マグネシウム粉末MT)2%、TiO<sub>2</sub>粉末(堺化学工業社製酸化チタン粉末SR1)2%、からなる混合粉末H(ガラスセラミックス組成物)を作製した。

40

#### 【0078】

50gの混合粉末Hに有機溶剤(トルエン、キシレン、2-プロパノール、2-ブタノールを質量比4:2:2:1に混合したもの)15g、可塑剤(フタル酸ジ-2-エチルヘキシル)2.5g、樹脂(デンカ社製ポリビニルブチラールPVK#3000K)5gおよび分散剤(ビックケミー社製BYK180)0.3gを混合してスラリーとした。得られたスラリーをPETフィルム上にドクターブレード法を用いて塗布、乾燥し、厚みが約0.2mmの高誘電率グリーンシートを作製した。

50

## 【0079】

一方、3g混合粉末Hを円柱状の金型を用いてプレス成形し、860 に1時間保持する焼成を行った後、研磨して、直径が8mm、厚みが5mmの円柱状サンプルを作製した。このサンプルについて、ネットワークアナライザ（アジレントテクノロジー社製8722ES）およびキーコム社製平行導体共振法誘電率測定システムを用いて10GHzにおける比誘電率を測定したところ22.7であった。さらに、高誘電率グリーンシートを積層して焼成し、得られた焼成体についてLCRメータを用いて1MHzにおける比誘電率すなわち を測定したところ22.7であった。

## 【0080】

また、質量百分率表示で前記ガラス粉末45%、アルミナ粉末（住友化学工業社製AA2）55%、からなる混合粉末Lを作製した。混合粉末Hの代わりに混合粉末Lを用いる以外は前記高誘電率グリーンシートの作製方法と同様にして厚みが約0.2mmの低誘電率グリーンシートを作製した。

## 【0081】

なお、この低誘電率グリーンシートを焼成して得られる焼成体の25GHzにおける比誘電率を次のようにして測定した。すなわち、この低誘電率グリーンシートを切断して50mm×50mmのものを6枚作製し、これらを積層して15MPaで1分間圧着プレスした。得られた圧着プレス品を550 に5時間保持して樹脂成分を分解除去後、860 に1時間保持する焼成を行って焼成体を作製した。得られた焼成体の上下両面を鏡面研磨して、厚み250μmのサンプルを作製した。このサンプルについて前記ネットワークアナライザおよび25GHz空洞共振器を用いて25GHzにおける比誘電率を測定したところ7.6であった。さらに、先に高誘電率グリーンシート焼成体について行ったと同様にして を測定したところ7.6であった。

## 【0082】

次に、先に述べたようにして得られた高誘電率および低誘電率グリーンシートを切断して40mm×40mmのものをそれぞれ4枚、計8枚作製し、この8枚を、低誘電率グリーンシート2枚（前記未焼成誘電体層12）、高誘電率グリーンシート2枚（前記未焼成誘電体層12）、高誘電率グリーンシート2枚（前記未焼成誘電体層13）、低誘電率グリーンシート2枚（前記未焼成誘電体層13）の順で積層した。

## 【0083】

なお、この8枚のグリーンシートのうち未焼成誘電体層12、12のグリーンシート4枚には、焼成されてアンテナ素子10のビア20となるべき銀ペースト充填孔を形成した。すなわち、グリーンシートの焼成されてビア20が形成されるべき位置（焼成後にアンテナ素子10となるべき部分の中心線上の一方の端から焼成後に0.9mmとなるべき位置）に直径0.15mmのパンチ孔を明け、このパンチ孔に銀ペーストを埋めこんで銀ペースト充填孔を形成した。

## 【0084】

また、未焼成誘電体層13の高誘電率グリーンシート2枚のうち未焼成誘電体層12に近い側のグリーンシートの当該近い側の面には、焼成されて放射導体11および給電線14となるべき銀ペーストパターンをスクリーン印刷法により形成した。

焼成されて放射導体11となるべき銀ペーストパターンは図2の放射導体11のパターンと同様のものとした。すなわち、銀ペーストパターンは対称軸を1本有し、その対称軸はグリーンシート中心軸上に位置する。半楕円と重なる円の直径は8mm、その中心は長さ40mmの当該対称軸の、焼成後にアンテナ素子10となるべき部分の一端から焼成後に7.6mmの位置となる。当該円と重なる半楕円の長軸半径は6mm、短軸半径は1mm、その原楕円中心は前記対称軸の、焼成後にアンテナ素子10となるべき部分の一端から1.6mmの位置となる。

焼成されて給電線14となるべき銀ペーストパターンは、前記対称軸の一端から0.8mm離れた位置から同端から1.7mm離れた位置までの対称軸部分（長さ：0.9mm）に幅0.2mmの帯状に形成され、焼成されて放射導体11となるべき銀ペーストパタ

10

20

30

40

50

ーンと接続する。

【0085】

未焼成誘電体層12の低誘電率グリーンシート2枚のうち絶縁性基板17と接触すべきグリーンシートの絶縁性基板17と接触すべき面には、焼成されてアースパターン15、15および給電パッド(図1、2では図示せず)となるべき銀ペーストパターンをスクリーン印刷法により形成した。

給電パッドとなるべき銀ペーストパターンは対称軸(放射導体軸方向)方向長さが1.1mm、同方向に直交する方向の長さが1.4mmである長方形であり、その中心は前記ビア20となるべき銀ペースト充填孔の中心軸上に位置する。なお、給電パッドはビア20と接続される。

10

アースパターン15、15となるべき銀ペーストパターンはいずれも対称軸方向長さが1.0mm、同方向に直交する方向の長さが2.5mmである長方形であって、両パターンの中心は前記対称軸をはさんで対称の位置にあって同対称軸からの距離は2.45mmである。また、両パターンの中心と前記給電パッドとなるべき銀ペーストパターンの中心とは同一線上に位置する。

【0086】

前記8枚のグリーンシートを積層したものを80で5分間熱圧着した。得られた熱圧着品を550に5時間保持して樹脂成分を分解除去後、860に1時間保持する焼成を行って焼成体を作製した。

得られた焼成体を、対称軸方向長さが12mm、同方向に直交する方向の長さが10mmとなるように精密切断機で切断しアンテナ素子10を得た。誘電体層12a、12b、13a、13bの厚みはいずれも0.3mm、アンテナ素子10の厚みは1.2mmであった。なお、誘電体12、13の1MHzにおける実効誘電率はいずれも15.2である。

20

【0087】

一方、大きさが40mm×30mmである両面銅貼り樹脂基板(松下電工社製R-1766T。樹脂の1GHzにおける比誘電率は4.7、樹脂部分の厚みは0.8mm、銅箔厚みは0.018mm。)をエッチング加工等して、底面にグラウンド導体18および露出部24を、上面に信号線19を有する絶縁性基板17を作製した。

グラウンド導体18の大きさは27mm×30mmであり、絶縁性基板17の長手方向27/40の領域に形成した。露出部24の大きさは13mm×30mmである。

30

信号線19は長さが27mm、幅が0.9mmであるマイクロストリップラインであり、絶縁性基板17の短辺の一つから直角に伸び、長辺からの距離は5.3mmとした。

なお、絶縁性基板17の上面にはアースパターン15、15と接触すべき接合パッド(図2では図示せず)が2個、同パッドとグラウンド導体18を電氣的に接続するビア(図2では図示せず)が絶縁性基板17の内部に2個、それぞれ形成される。

【0088】

グラウンド導体18、信号線19、接合パッド等の導体には金フラッシュ処理を施し、その後接合パッド以外の部分を半田レジストで被覆した。

次に、メタルマスクを用いて接合パッドを被覆するように鉛フリークリーム半田(千住金属社製M705)を印刷し、その上にアンテナパターン15、15が載り、信号線19の上に給電パッドが載るようにアンテナ素子10を置き、その後250に加熱して絶縁性基板17の上面にアンテナ素子10を固着(半田による溶着接合)させた。アンテナ素子10の周と絶縁性基板17の長辺、短辺との距離はいずれも1mmであった。

40

【0089】

このようにして得られたアンテナについて、1~12GHzにおいてネットワークアナライザを用いてVSWRを測定した結果を図3に示す。この結果から、 $f_H = 11.8\text{GHz}$ 、 $f_L = 2.9\text{GHz}$ 、 $f = 120\%$ であることがわかる。

【0090】

(例2)

50



例 1 で得られたアンテナと以下の点で異なるが同様の構造すなわち図 1、2 で示される構造を有するアンテナについて F D T D 法による電磁界シミュレーションで V S W R を計算した。結果を図 4 に示すが、これから  $f = 112\%$  であることがわかる。

【0091】

例 2 が例 1 と異なる点は以下のとおりである。

誘電体層 12a、13a の  $\epsilon_r$  は 2.7 であって例 1 と同じであるが、誘電体層 12b、13b の  $\epsilon_r$  は 6.6 とした。

アンテナ素子 10 の大きさは  $12\text{ mm} \times 12\text{ mm}$  とした。

給電線 14 は、前記対称軸の一端から  $0.7\text{ mm}$  離れた位置から同端から  $1.8\text{ mm}$  離れた位置までの対称軸部分（長さ： $0.9\text{ mm}$ ）に幅  $0.2\text{ mm}$  の帯状に形成し、放射導体 11 と接続させた。

給電パッドは対称軸方向長さが  $1.0\text{ mm}$ 、同方向に直交する方向の長さが  $0.9\text{ mm}$  である長方形であり、その中心はビア 20 の中心軸上に位置するものとした。

アースパターン 15、15 はいずれも対称軸方向長さが  $1.0\text{ mm}$ 、同方向に直交する方向の長さが  $0.7\text{ mm}$  である長方形であって、両パターンの中心は前記対称軸をはさんで対称の位置にあって同対称軸からの距離は  $2.7\text{ mm}$  とした。

【0092】

絶縁性基板 17 の  $\epsilon_r$  は 4.4、その対称軸方向長さは  $32\text{ mm}$ 、同方向に直交する方向の長さは  $20\text{ mm}$  とした。

グランド導体 18 の大きさは  $20\text{ mm} \times 20\text{ mm}$ 、露出部 24 の大きさは  $12\text{ mm} \times 20\text{ mm}$  とした。

信号線 19 は、長さ  $20\text{ mm}$ 、幅  $0.9\text{ mm}$  であるマイクロストリップラインであって絶縁性基板 17 の短辺の一つから直角に伸び、長辺からの距離は  $5.55\text{ mm}$  とした。

【0093】

（例 3）

例 2 のアンテナと以下の点で異なるアンテナについて F D T D 法による電磁界シミュレーションで V S W R を計算した。結果を図 4 に示すが、これから  $f = 97\%$  であることがわかる。

例 3 が例 2 と異なる点は以下のとおりである。

例 2 は誘電体 12、13 がいずれも 2 層の誘電体層（12 は 12a と 12b、13 は 13a と 13b）からなるものであるが、例 3 の誘電体 12、13 はいずれも 1 層の誘電体層からなり、その誘電体層の  $\epsilon_r$  はいずれも 2.7 である。

【0094】

（例 4）

例 3 のアンテナと以下の点で異なるアンテナについて F D T D 法による電磁界シミュレーションで V S W R を計算した。結果を図 4 に示すが、これから  $f = 93\%$  であることがわかる。

例 4 が例 3 と異なる点は以下のとおりである。

例 3 の誘電体 12、13 の  $\epsilon_r$  はいずれも 2.7 であるが、例 4 の誘電体 12、13 の  $\epsilon_r$  はいずれも 14.0 である。

【図面の簡単な説明】

【0095】

【図 1】図 2 に平面図で示す本発明のアンテナの同図直線 A - B における断面図。

【図 2】本発明のアンテナの平面図。

【図 3】本発明のアンテナ（例 1）の V S W R 周波数特性図。

【図 4】本発明のアンテナ（例 2、3、4）の V S W R 周波数特性図。

【符号の説明】

【0096】

1：アンテナ

10：アンテナ素子

10

20

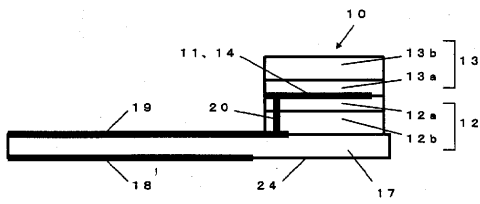
30

40

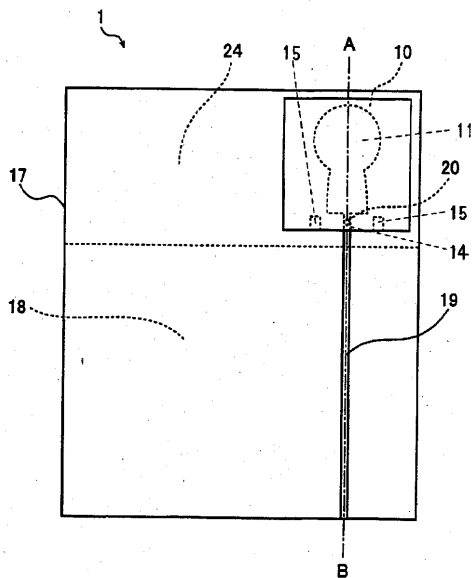
50

- 1 1 : 放射導体
- 1 2、1 3 : 誘電体
- 1 2 a、1 2 b、1 3 a、1 3 b : 誘電体層
- 1 4 : 給電線
- 1 5 : アースパターン
- 1 7 : 絶縁性基板
- 1 8 : グランド導体
- 1 9 : 信号線
- 2 0 : ピア
- 2 4 : 露出部

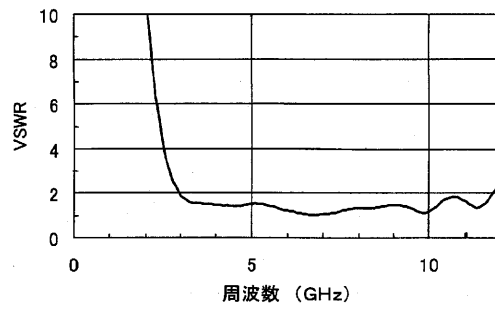
【図1】



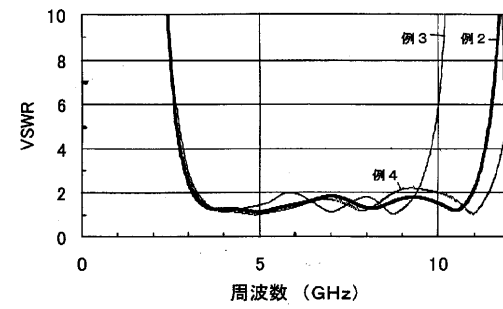
【図2】



【図3】



【図4】



---

フロントページの続き

審査官 麻生 哲朗

- (56)参考文献 特開2002-280822(JP,A)  
特開平02-107003(JP,A)  
特開2003-221277(JP,A)  
特開2005-094437(JP,A)  
特開2003-179427(JP,A)  
実開昭53-34935(JP,U)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01Q 1/40  
H01Q 1/38  
H01Q 9/38  
H01Q 13/08