

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6516513号
(P6516513)

(45) 発行日 令和1年5月22日(2019.5.22)

(24) 登録日 平成31年4月26日(2019.4.26)

(51) Int.Cl.

F 1

| | | |
|---------------|-------------|------------------|
| GO 1 K | 1/02 | (2006.01) |
| GO 1 K | 1/08 | (2006.01) |
| GO 1 K | 7/32 | (2006.01) |

| | |
|--------|------|
| GO 1 K | 1/02 |
| GO 1 K | 1/08 |
| GO 1 K | 7/32 |

| |
|---|
| E |
| N |
| S |

請求項の数 22 (全 29 頁)

| | |
|--------------|-------------------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2015-42968 (P2015-42968) |
| (22) 出願日 | 平成27年3月4日 (2015.3.4) |
| (65) 公開番号 | 特開2015-180871 (P2015-180871A) |
| (43) 公開日 | 平成27年10月15日 (2015.10.15) |
| 審査請求日 | 平成29年12月19日 (2017.12.19) |
| (31) 優先権主張番号 | 特願2014-43932 (P2014-43932) |
| (32) 優先日 | 平成26年3月6日 (2014.3.6) |
| (33) 優先権主張国 | 日本国 (JP) |

| | |
|-----------|---|
| (73) 特許権者 | 000001960 シチズン時計株式会社 東京都西東京市田無町六丁目1番12号 |
| (74) 代理人 | 100099759 弁理士 青木 篤 |
| (74) 代理人 | 100092624 弁理士 鶴田 準一 |
| (74) 代理人 | 100114018 弁理士 南山 知広 |
| (74) 代理人 | 100165191 弁理士 河合 章 |
| (72) 発明者 | 新井 熱 東京都西東京市田無町六丁目1番12号 シチズンビジネスエキスパート株式会社内 |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】ワイヤレス温度センサ及びその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ワイヤレス温度センサの製造方法であって、
第一のセラミックグリーンシートと、第二のセラミックグリーンシートと、を用意する工程と、

前記第二のセラミックグリーンシートよりも熱伝導率が高い前記第一のセラミックグリーンシートを焼成して容器本体を形成する工程と、

前記第二のセラミックグリーンシートにアンテナ電極及びGND電極を配置し、前記アンテナ電極及び前記GND電極が配置された前記第二のセラミックグリーンシートを、前記第一のセラミックグリーンシートよりも低い焼成温度で焼成してアンテナを有する蓋を形成する工程と、

温度検出素子を、前記アンテナ電極及び前記GND電極に電気的に接続する工程と、

前記温度検出素子が前記容器本体及び前記蓋の内部に固定されるように、前記容器本体と前記蓋とを貼り合わせる工程と、

を有することを特徴とするワイヤレス温度センサの製造方法。

【請求項 2】

前記貼り合わせる工程は、前記温度検出素子が前記容器本体の内側に接触するように、前記容器本体と前記蓋とを貼り合わせる、請求項1に記載のワイヤレス温度センサの製造方法。

【請求項 3】

10

20

前記容器本体は、前記蓋と貼り合わされる側と反対側に開口部を有する、請求項 1 に記載のワイヤレス温度センサの製造方法。

【請求項 4】

前記容器本体と前記蓋とを貼り合わせる工程は、前記容器本体と前記温度検出素子との間に熱伝導体を配置するように、前記容器本体と前記蓋とを貼り合わせる、請求項 1 に記載のワイヤレス温度センサの製造方法。

【請求項 5】

前記容器本体は、ポーラス構造又はメッシュ構造を有する、請求項 1 に記載のワイヤレス温度センサの製造方法。

【請求項 6】

前記蓋を形成する工程は、

前記第二のセラミックグリーンシートの一方の面上に前記アンテナ電極となる導体パターンを配置し、

前記第二のセラミックグリーンシートの内層に前記 GND 電極となる導体パターンを配置し、

前記第二のセラミックグリーンシートに、前記アンテナ電極と導通する第一のピアホール及び前記 GND 電極と導通する第二のピアホールを形成し、

前記第二のセラミックグリーンシートの他方の面上に、前記第一のピアホールと導通する第一の電極パッド及び前記第二のピアホールと導通する第二の電極パッドを形成する、

請求項 1 ~ 5 の何れか一項に記載のワイヤレス温度センサの製造方法。

【請求項 7】

前記蓋を形成する工程は、前記第二のセラミックグリーンシートの前記他方の面上に、前記第二の電極パッドと導通し、且つ、前記温度検出素子及び前記容器本体に熱的に接続する熱伝導層を形成する、請求項 6 に記載のワイヤレス温度センサの製造方法。

【請求項 8】

前記温度検出素子を前記熱伝導層上の前記第二のピアホールの上に固定する工程をさらに有する、請求項 7 に記載のワイヤレス温度センサの製造方法。

【請求項 9】

前記アンテナ電極を覆う保護層を前記第二のセラミックグリーンシート上に形成する工程を更に有する、請求項 1 ~ 8 の何れか一項に記載のワイヤレス温度センサの製造方法。

【請求項 10】

第一のセラミック基板から形成された容器本体と、

前記第一のセラミック基板よりも焼成温度が低い第二のセラミック基板で形成された蓋と、

アンテナと、

温度検出素子と、を備え、

前記第一のセラミック基板は、前記第二のセラミック基板よりも熱伝導率が高く、

前記アンテナは、前記蓋に一体的に形成されたアンテナ電極及び GND 電極を含み、

前記温度検出素子は、前記アンテナ電極及び前記 GND 電極に電気的に接続され、前記容器本体と前記蓋とが貼り合わされることによって前記容器本体及び前記蓋の内部に固定されている、

ことを特徴とするワイヤレス温度センサ。

【請求項 11】

前記温度検出素子は、前記容器本体の内側に接触するように、前記容器本体及び前記蓋の内部に固定されている、請求項 10 に記載のワイヤレス温度センサ。

【請求項 12】

前記容器本体は、前記蓋と貼り合わされる側と反対側に開口部を有する、請求項 10 に記載のワイヤレス温度センサ。

【請求項 13】

前記容器本体と前記温度検出素子との間に配置された熱伝導体をさらに備える、請求項

10

20

30

40

50

10に記載のワイヤレス温度センサ。

【請求項14】

前記容器本体は、ポーラス構造又はメッシュ構造を有する、請求項10に記載のワイヤレス温度センサ。

【請求項15】

前記第一のセラミック基板は、HTCC(High Temperature Cofired Ceramics)であり、

前記第二のセラミック基板は、LTCC(Low Temperature Cofired Ceramics)である、請求項10～14の何れか一項に記載のワイヤレス温度センサ。

10

【請求項16】

前記アンテナのアンテナ電極の材料は、銀(Ag)又は銅(Cu)である、請求項10～15の何れか一項に記載のワイヤレス温度センサ。

【請求項17】

前記容器本体と前記蓋とは熱的に接続され、前記温度検出素子と前記蓋とは熱的に接続されている、請求項10～16の何れか一項に記載のワイヤレス温度センサ。

【請求項18】

前記アンテナ電極は前記第二のセラミック基板の表面に形成され、前記GND電極は前記第二のセラミック基板の内層に形成される、請求項10～17の何れか一項に記載のワイヤレス温度センサ。

20

【請求項19】

前記第二のセラミック基板の裏面に形成された第一の配線電極及び第二の配線電極をさらに備え、

前記第一の配線電極は前記温度検出素子と前記アンテナ電極とにそれぞれ電気的に接続され、

前記第二の配線電極は前記温度検出素子と前記GND電極とにそれぞれ電気的に接続されている、請求項10～18の何れか一項に記載のワイヤレス温度センサ。

【請求項20】

前記第二の配線電極は前記温度検出素子及び前記容器本体に熱的に接続されている、請求項19に記載のワイヤレス温度センサ。

30

【請求項21】

前記第二のセラミック基板内に形成され、前記GND電極及び前記第二の配線電極と導通するピアホールをさらに備え、

前記温度検出素子は、前記第二の配線電極上の前記ピアホールの上に固定される請求項20に記載のワイヤレス温度センサ。

【請求項22】

前記アンテナ電極を覆う保護層をさらに備える、請求項10～21の何れか一項に記載のワイヤレス温度センサ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

40

【0001】

本発明はワイヤレス温度センサ及びその製造方法に関するものである。

【0002】

温度測定には、有線ケーブルを用いたいくつかの手法がある。例として、サーミスタや熱電対による温度・抵抗特性や熱起電力を利用する方法や、物体から放射される赤外線から温度を測定する放射温度計、圧電素子や弾性表面波素子の物理特性が温度によって変化する原理を利用した方法等がある。

【0003】

しかしながら、例えば、半導体プロセスにおいてチャンバー内のウェハーの温度を測定する場合、チャンバー内に配置した測定部から外部に出力するために接続される有線ケー

50

ブルの配置は、チャンバーや付随する装置等の制約を受けてしまう。

【0004】

この課題の解決策として、弾性表面波素子に送受信アンテナを設けたユニットが、外部アンテナから発信された信号によって動作し、測定情報を含んだ応答信号を返信するワイヤレスの温度センサが知られている。（例えば特許文献1参照）

【0005】

図25を用いて、特許文献1に記載されたワイヤレス温度測定センサの概要を説明する。図25は、特許文献1に示されたワイヤレス温度測定センサ101の構造を説明するための図である。ワイヤレス温度測定センサ101は、電波を送受信するアンテナ機構102、アンテナ機構102に接続された励振電極103、及び励振電極103に接続された弾性表面波素子104等を備えている。アンテナ機構102は、センサ本体105、センサ本体105の一方の面に形成された平面電極107、及びセンサ本体105の平面電極107が形成された面とは反対側の面に形成されたグラウンド電極108等を備えている。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2004-347451号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

20

【0007】

特許文献1に開示された構成では、温度測定の熱応答性は、センサ本体の物質の熱伝導率によって決まり、且つ、アンテナ機構の容量成分は、センサ本体の物質の誘電率によって決まる。

【0008】

しかし、物質の誘電率と熱伝導率との間には相関関係はないため、センサ本体に誘電率が高い物質を採用しても、温度測定において重要なセンサ本体の熱伝導率が低くなる場合があり、同様に、センサ本体に熱伝導率が高い物質を採用しても、センサ本体の誘電率が低くなる場合がある。したがって、温度測定の応答性及び外部との送受信効率の両面において優れた特性を有するワイヤレス温度センサの実現は困難であった。

30

【0009】

本発明の目的は、上記問題点を解決しようとするものであり、温度測定の応答性及び外部との送受信効率の両面において優れた特性を有するワイヤレス温度センサを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明に係るワイヤレス温度センサの製造方法は、第一のセラミックグリーンシートと、第二のセラミックグリーンシートと、を用意する工程と、第二のセラミックグリーンシートよりも熱伝導率が高い第一のセラミックグリーンシートを焼成して容器本体を形成する工程と、第二のセラミックグリーンシートにアンテナ電極及びGND電極を配置し、アンテナ電極及びGND電極が配置された第二のセラミックグリーンシートを、第一のセラミックグリーンシートよりも低い焼成温度で焼成してアンテナを有する蓋を形成する工程と、温度検出素子を、アンテナ電極及びGND電極に電気的に接続する工程と、温度検出素子が容器本体及び蓋の内部に固定されるように、容器本体と蓋とを貼り合わせる工程と、を有することを特徴とする。

40

【0011】

上記の構成により、高い熱伝導性を有する容器本体及び優れた送受信機能（高周波特性）を有する蓋を、各々異なるセラミック材で形成し、温度測定の応答性及び送受信効率の両者に優れたワイヤレス温度センサを製造することが可能となる。

【0012】

50

ワイヤレス温度センサの製造方法では、温度検出素子が容器本体の内側に接触するよう
に、容器本体と蓋とを貼り合わせてもよい。

【0013】

上記の構成により、温度測定の応答性が更に向上したワイヤレス温度センサを製造する
ことが可能となる。

【0014】

ワイヤレス温度センサの製造方法では、容器本体は、蓋と貼り合わされる側と反対側に
開口部を有してもよい。

【0015】

上記の構成により、温度測定の応答性が更に向上したワイヤレス温度センサを製造する 10
ことが可能となる。

【0016】

ワイヤレス温度センサの製造方法では、容器本体と前記蓋とを貼り合わせる工程は、容
器本体と温度検出素子との間に熱伝導体を配置するように、容器本体と蓋とを貼り合わせ
てもよい。

【0017】

上記の構成により、温度測定の応答性が更に向上したワイヤレス温度センサを製造する
ことが可能となる。

【0018】

ワイヤレス温度センサの製造方法では、容器本体は、ポーラス構造又はメッシュ構造を 20
有してもよい。

【0019】

上記の構成により、環境温度（雰囲気温度）をより正確に測定することが可能となる。

【0020】

ワイヤレス温度センサの製造方法では、蓋を形成する工程は、第二のセラミックグリ
ーンシートの一方の面上にアンテナ電極となる導体パターンを配置し、第二のセラミックグ
リーンシートの内層にGND電極となる導体パターンを配置し、第二のセラミックグリ
ーンシートに、アンテナ電極と導通する第一のピアホール及びGND電極と導通する第二の
ピアホールを形成し、第二のセラミックグリーンシートの他方の面上に、第一のピアホー
ルと導通する第一の電極パッド及び第二のピアホールと導通する第二の電極パッドを形成
してもよい。 30

【0021】

上記の構成により、一種類のセラミックグリーンシートでアンテナを形成することが可
能となる。

【0022】

ワイヤレス温度センサの製造方法では、蓋を形成する工程は、第二のセラミックグリ
ーンシートの他方の面上に、第二の電極パッドと導通し、且つ、温度検出素子及び容器本体
に熱的に接続する熱伝導層を形成してもよい。

【0023】

上記の構成により、容器本体から蓋への熱伝導性をさらに高める熱伝導層を形成する
ことができ、温度測定の応答性が更に向上したワイヤレス温度センサを製造するこ
とが可能となる。 40

【0024】

ワイヤレス温度センサの製造方法では、温度検出素子を熱伝導層上の第二のピアホール
の上に固定する工程をさらに有してもよい。

【0025】

上記の構成により、ピアホールによって蓋の内部に移動する熱量を減ずることが可能と
なるため、温度測定の応答性が向上し、且つ、熱の影響によるアンテナ特性の変動が低減
されたワイヤレス温度センサを製造することができる。

【0026】

ワイヤレス温度センサの製造方法では、アンテナ電極を覆う保護層を第二のセラミックグリーンシート上に形成する工程を更に有してもよい。

【0027】

上記の構成により、ワイヤレス温度センサ表面に金属体が露出しないので、耐静電気特性が向上するともに、金属破片等の導電性を有する障害物の付着による動作異常を防ぐことができ、信頼性の高いワイヤレス温度センサを製造することが可能となる。

【0028】

本発明に係るワイヤレス温度センサは、第一のセラミック基板から形成された容器本体と、第一のセラミック基板よりも焼成温度が低い第二のセラミック基板で形成された蓋と、アンテナと、温度検出素子と、を備え、第一のセラミック基板は、第二のセラミック基板よりも熱伝導率が高く、アンテナは、蓋に一体的に形成されたアンテナ電極及びGND電極を含み、温度検出素子は、アンテナ電極及びGND電極に電気的に接続され、容器本体と蓋とが貼り合わされることによって容器本体及び蓋の内部に固定されていることを特徴とする。10

【0029】

上記の構成により、高い熱伝導性を有する容器本体及び優れた送受信機能（高周波特性）を有する蓋を、各々異なるセラミック材で形成し、温度測定の応答性及び送受信効率の両者が優れたワイヤレス温度センサを製造することが可能となる。

【0030】

ワイヤレス温度センサでは、温度検出素子は、容器本体の内側に接触するように、容器本体及び蓋の内部に固定されていてもよい。20

【0031】

上記の構成により、温度測定の応答性が更に向上したワイヤレス温度センサを提供することが可能となる。

【0032】

ワイヤレス温度センサでは、容器本体は、蓋と貼り合わされる側と反対側に開口部を有してもよい。

【0033】

上記の構成により、温度測定の応答性が更に向上したワイヤレス温度センサを提供することが可能となる。30

【0034】

ワイヤレス温度センサは、容器本体と温度検出素子との間に配置された熱伝導体をさらに備えてよい。

【0035】

上記の構成により、温度測定の応答性が更に向上したワイヤレス温度センサを提供することが可能となる。

【0036】

ワイヤレス温度センサでは、容器本体は、ポーラス構造又はメッシュ構造を有していてもよい。

【0037】

上記の構成により、環境温度（雰囲気温度）をより正確に測定することが可能となる。40

【0038】

ワイヤレス温度センサでは、第一のセラミック基板は、HTCC (High Temperature Cofired Ceramics) であり、第二のセラミック基板は、LTCC (Low Temperature Cofired Ceramics) であってもよい。

【0039】

上記の構成により、容器本体は例えばアルミナ系セラミック等の高温焼成のセラミック材で構成し、蓋は例えば酸化アルミニウム (Al_2O_3) にホウ素 (B) やシリコン (Si) 等を添加した高周波特性の良い低温焼成のセラミックスで構成できる。したがって、そ50

それぞれの特性を活かしたワイヤレス温度センサを実現することができる。

特に、蓋に用いられるL T C Cの焼成温度は低温であるので、アンテナ機構の導体として電気伝導度が高い銀（A g）や銅（C u）を使用することが可能であり、アンテナ機構を構成する上で極めて有利となる。

【0040】

ワイヤレス温度センサでは、アンテナのアンテナ電極の材料は、銀（A g）又は銅（C u）であってもよい。

【0041】

上記の構成により、A g又はC uは導体抵抗率が低い（電気伝導率が高い）ため、誘電正接の低いL T C Cを選択することによって、ワイヤレス温度センサの送受信効率（高周波特性）が更に向上する。10

【0042】

ワイヤレス温度センサでは、容器本体と蓋とは熱的に接続され、温度検出素子と蓋とは熱的に接続されていてもよい。

【0043】

上記の構成により、測定対象物の熱は、容器本体及び蓋を経由して温度検出素子に伝導されるので、ワイヤレス温度センサの温度測定の応答性が更に向上する。

【0044】

ワイヤレス温度センサでは、アンテナ電極は第二のセラミック基板の表面に形成され、G N D電極は第二のセラミック基板の内層に形成されてもよい。20

【0045】

上記の構成により、マイクロストリップアンテナが構成され高利得にもかかわらず小型かつ薄型であり、ワイヤレス温度センサ全体の小型薄型化が達成される。

【0046】

ワイヤレス温度センサでは、第二のセラミック基板の裏面に形成された第一の配線電極及び第二の配線電極をさらに備え、第一の配線電極は温度検出素子とアンテナ電極とにそれぞれ電気的に接続され、第二の配線電極は温度検出素子とG N D電極とにそれぞれ電気的に接続されていてもよい。

【0047】

上記の構成により、ノイズ耐性や高電圧耐性が向上し、ワイヤレス温度センサの信頼性が高まる。30

【0048】

ワイヤレス温度センサでは、第二の配線電極は温度検出素子及び容器本体に熱的に接続されていてもよい。

【0049】

上記の構成により、温度測定の応答性が更に向上したワイヤレス温度センサを提供することが可能となる。

【0050】

ワイヤレス温度では、第二のセラミック基板内に形成され、G N D電極及び第二の配線電極と導通するピアホールをさらに備え、温度検出素子は、第二の配線電極上のピアホールの上に固定されてもよい。40

【0051】

上記の構成により、ピアホールによって蓋の内部に移動する熱量を減ずることが可能となるため、温度測定の応答性が向上し、且つ、熱の影響によるアンテナ特性の変動が低減されたワイヤレス温度センサを提供することが可能となる。

【0052】

ワイヤレス温度センサは、アンテナ電極を覆う保護層をさらに備えてよい。

【0053】

上記の構成により、ワイヤレス温度センサ表面に金属体が露出しないので、耐静電気特性が向上するともに、金属破片等の導電性を有する障害物の付着による動作異常を防ぐこ50

とができ、ワイヤレス温度センサの信頼性が向上する。

【発明の効果】

【0054】

本発明によれば、高い熱伝導性を有する容器本体及び優れた送受信機能（高周波特性）を有する蓋を、各々異なるセラミック材で形成し、温度測定の応答性及び送受信効率の両面において優れた特性を有するワイヤレス温度センサを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0055】

【図1】ワイヤレス温度センサ1の構造を説明するための図である。

【図2】(a)は温度検出素子30の平面図であり、(b)は温度検出素子30の図2(a)に示すC-C線に沿った断面図であり、(c)は温度検出素子30の図2(a)に示すD-D線に沿った断面図である。 10

【図3】ワイヤレス温度センサ1の平面図であり、(b)はワイヤレス温度センサ1の側面図である。

【図4】ワイヤレス温度センサ1の図3(b)に示すB-B線に沿った断面図である。

【図5】ワイヤレス温度センサ1による温度検出方法を説明するための図である。

【図6】弾性表面波素子における反射弾性表面波強度Rwpの時間的变化を示すグラフである。

【図7】ワイヤレス温度センサ1を用いた温度測定システムの構成を説明するための図である。 20

【図8】ワイヤレス温度センサ1の製造工程の概要を示すフローチャートである。

【図9】ワイヤレス温度センサ1の容器本体組み立て及び高温焼成工程を説明するための図である。

【図10】ワイヤレス温度センサ1の蓋組み立て及び低温焼成工程を説明するための図である。

【図11】ワイヤレス温度センサ1の温度検出素子30の実装及び全体組み立て工程を説明するための図である。

【図12】他のワイヤレス温度センサ2の構造を説明するための図である。

【図13】ワイヤレス温度センサ2の蓋組み立て及び低温焼成工程を説明するための図である。 30

【図14】更に他のワイヤレス温度センサ3の構造を説明するための図である。

【図15】(a)はワイヤレス温度センサ2の図示しない測定対象物からの熱の伝搬経路を模式的に表した断面図であり、(b)はワイヤレス温度センサ3の図示しない測定対象物からの熱の伝搬経路を模式的に表した断面図である。

【図16】更に他のワイヤレス温度センサ4の構造を説明するための図である。

【図17】ワイヤレス温度センサ4の蓋組み立て及び低温焼成工程を説明するための図である。

【図18】更に他のワイヤレス温度センサ5の構造を説明するための図である。

【図19】ワイヤレス温度センサ5の温度検出素子実装工程を説明するための図である。

【図20】更に他のワイヤレス温度センサ6の構造を説明するための図である。 40

【図21】ワイヤレス温度センサ6を図20の方向6Dから観た図である。

【図22】更に他のワイヤレス温度センサ7の構造を説明するための図である。

【図23】ワイヤレス温度センサ7の温度検出素子実装及び全体組み立て工程を説明するための図である。

【図24】更に他のワイヤレス温度センサ8の構造を説明するための図である。

【図25】従来例のワイヤレス温度測定モジュールの構造を説明するための図である。

【発明を実施するための形態】

【0056】

以下、図面を参照しつつ、本発明に係るワイヤレス温度センサの実施の形態を詳述する。ただし、本発明の技術的範囲はそれらの実施の形態に限定されず、特許請求の範囲に記 50

載された発明とその均等物に及ぶ点に留意されたい。なお、各図面の寸法は正確な寸法を反映したものではなく、説明のため部品の大きさが誇張して描かれることがあり、又、説明のため一部の部品を省略することがある。同一要素には同一番号を付し重複する説明は省略する。

【0057】

図1は、ワイヤレス温度センサ1の構造を説明するための図である。なお、図1に示す図は、ワイヤレス温度センサ1の図3(a)に示すA-A線に沿った断面図である。

【0058】

図1に示す様に、ワイヤレス温度センサ1は、容器本体20と蓋10とからなる容器50と、容器50の内部に固定された温度検出素子30とを有する。温度検出素子30は、蓋10に実装されている。
10

【0059】

容器本体20は、第一のセラミック基板であり、一般にHTCCとして知られている高温焼成セラミック材であるAl₂O₃で形成されている。容器本体20には、後述する方法で本体キャビティ20cが形成されている。容器本体20には、Al₂O₃に限らず、窒化アルミニウム(AlN)等の、後述するLTCCよりも熱伝導率が高い他のHTCCを用いることもできる。

【0060】

蓋10は、アンテナ電極層11、上層体12、GND電極層13、及び内層体14を積層して形成されたマイクロストリップアンテナである。マイクロストリップアンテナ(以下、アンテナと称する。)は、平面アンテナやパッチアンテナとも呼ばれ、小型薄型化が可能でありながら高利得であって帯域が狭く広い指向性を有するアンテナである。上層体12及び内層体14は一体となって第二のセラミック基板を構成する。なお、上層体12及び内層体14は、後述の焼成によって実際には図中の端部で境界無く一体的に形成されるが、便宜上、図1では上層体12及び内層体14の間に境界を示している。
20

【0061】

蓋10の主要素である上層体12及び内層体14は、各々が略1mmの厚さを有し、いずれも一般にLTCCとして知られている低温焼成セラミック材であるCaO-Al₂O₃-SiO₂-B₂O₃にAl₂O₃を加えた材料によって形成される。しかしながら、これに限定されず、上層体12及び内層体14は、他のLTCCを用いて形成しても良い。他のLTCCとしては、BaO-Al₂O₃-SiO₂-Bi₂O₃、BaO-TiO₂-ZnO、BaO-Nd₂O₃-Bi₂O₃-TiO₂、及びBaO-R₂O₃-TiO₂(Rはアルカリ金属)等が含まれる。なお、後述の様に、蓋10に形成される導体パターンには電気伝導率が高いAg又はCuを用いることが好ましいため、Cuの融点(約1083)やAgの融点(約961)より低い焼成温度を有するLTCCが好ましい。上層体12及び内層体14の各々の厚さは、略1mmに限らず、使用されるセラミック材によって異なるが、アンテナとしての特性を確保するのに充分な厚みであればよい。
30

【0062】

アンテナ電極層11は、Cuで形成された、厚さ10~15μm程度の電極層である。アンテナ電極層11は、他の厚さであってもよい。アンテナ電極層11は、上層体12と内層体14とを貫通する第一のピアホールであるアンテナビアホール11hを通じて、内層体14の蓋実装面15mに設けられた第一の電極パッドである蓋ボンディングパッド15aに、電気的に接続されている。アンテナビアホール11h及び蓋ボンディングパッド15aは、Cuで形成されている。
40

【0063】

GND電極層13は、Cuで形成された、厚さ10~15μm程度の電極層である。GND電極層13は、他の厚さであってもよい。GND電極層13は、内層体14を貫通する第二のピアホールであるGNDピアホール13hを通じて、内層体14の蓋実装面15mに設けられた第二の電極パッドである蓋ボンディングパッド15bに、電気的に接続されている。GND電極層13は、アンテナビアホール11hを貫通させるためのGNDパ
50

ターン開口部 13w を備えている。なお、GNDパターン開口部 13w は、上層体 12 又は内層体 14 を形成するセラミック材が充填されていてもよい。GNDビアホール 13h 及び蓋ポンディングパッド 15b は、Cu で形成されている。

【0064】

上述の導体パターン（すなわち、アンテナ電極層 11、アンテナビアホール 11h、及び蓋ポンディングパッド 15a、並びに、GND電極層 13、GNDビアホール 13h、及び蓋ポンディングパッド 15b）は、Cu を用いて形成されているが、他の金属を用いてもよい。導体パターンには、電気伝導率が高いAg 又はCu を用いることが好ましい。

【0065】

温度検出素子 30 は、蓋 10 の内層体 14 の蓋実装面 15m に、例えば金属ろう付け法等の接合方法により実装されている。温度検出素子 30 の素子ポンディングパッド 34a は、ポンディングワイヤ 35a によって、蓋ポンディングパッド 15a に接続されている。温度検出素子 30 の素子ポンディングパッド 34b は、ポンディングワイヤ 35b によって、蓋ポンディングパッド 15b に接続されている。したがって、温度検出素子 30 の素子ポンディングパッド 34a はアンテナ電極層 11 と、且つ、温度検出素子 30 の素子ポンディングパッド 34b は GND 電極層 13 と、それぞれ電気的に接続されている。

【0066】

図 2 (a) は温度検出素子 30 の平面図であり、図 2 (b) は温度検出素子 30 の図 2 (a) に示す C - C 線に沿った断面図であり、図 2 (c) は温度検出素子 30 の図 2 (a) に示す D - D 線に沿った断面図である。

【0067】

図 2 (a) において、温度検出素子 30 は弹性表面波素子であり、弹性表面波素子基板 31、弹性表面波素子基板 31 の表面に設けられた櫛形電極 32a、32b、及び反射体 33 を有する。櫛形電極 32a の端部には素子ポンディングパッド 34a が、且つ、櫛形電極 32b の端部には素子ポンディングパッド 34b が、それぞれ形成されている。

【0068】

弹性表面波素子基板 31 は、ニオブ酸リチウム (LiNbO₃) の単結晶によって形成され、平面視寸法が約 10mm × 10mm で厚みが約 2mm の矩形板形状を有する。弹性表面波素子基板 31 には、これに限らず、圧電性物質の単結晶基板、又は、ガラス基板若しくは Si 基板の上に圧電性物質の薄膜を形成した基板等を用いても良い。圧電性物質には、例えば、タンタル酸リチウム (LiTaO₃)、水晶 (SiO₂)、ランガサイト (La₃Ga₅SiO₁₄)、ランガタイト (La₃Ta_{0.5}Ga_{5.5}O₁₄) 等が含まれるが、これらに限られない。

【0069】

櫛形電極 32a 及び 32b は、弹性表面波素子基板 31 の一方の表面に、二対の電極が交互に配置される様に形成されている。櫛形電極 32a 及び 32b は、Cu を用いて、スパッタリング法により形成されている。しかしながら、櫛形電極 32a 及び 32b は、Au、Ti、Ni、クロム (Cr)、アルミニウム (Al) 等の Cu 以外の電極材料を用いて形成してもよく、又、スパッタリング法以外の製膜方法により形成してもよい。

【0070】

櫛形電極 32a 及び 櫛形電極 32b の電極間距離 d は、弹性表面波素子が励起する弹性表面波の波長に応じた値が必要である。弹性表面波の伝搬速度 v、波長 λ、櫛形電極の励振周波数 f とすると $v = f \times \lambda$ 、 $d = \lambda / 2$ の関係がある。例えば、ニオブ酸リチウムの場合では、励振周波数が 2.45GHz とすると、d を約 0.8 μm とする必要がある。

【0071】

隣接する櫛形電極 32a、32b の各電極幅及び各電極間距離は等間隔であるのが好ましい。上記の場合、各電極幅は各電極間距離 d の半分である約 0.4 μm とするのがより好ましい。伝搬速度 v は弹性表面波を発生させる弹性表面波素子基板 31 の材質によって異なるので、電極間距離 d は任意の材料、周波数の違いにより適宜選択可能である。

10

20

30

40

50

【0072】

反射体33は、弹性表面波素子基板31の櫛形電極32a及び32bが形成された表面に、櫛形電極32a及び櫛形電極32bと略同寸法に形成されている。反射体33は、櫛形電極32a及び32bと同様に、Cuを用いて、スパッタリング法により形成されている。しかしながら、反射体33は、Au、Ti、Ni、クロム(Cr)、アルミニウム(Al)等のCu以外の電極材料を用いて形成してもよく、又、スパッタリング法以外の製膜方法により形成してもよい。

【0073】

反射体33は、櫛形電極32a及び32bに印加された高周波信号によって、弹性表面波素子基板31の表面に誘起された弹性表面波を反射し、再び櫛形電極32a及び32bを通じて外部に測定情報である応答信号を送信するために設けられる。なお、弹性表面波素子による温度測定の原理については後述する。

10

【0074】

図3(a)はワイヤレス温度センサ1の平面図であり、図3(b)はワイヤレス温度センサ1の側面図である。

【0075】

図3(a)に示す様に、略 $30\text{mm} \times 30\text{mm}$ のワイヤレス温度センサ1の上面、すなわち蓋10の表面に、寸法が略 $20\text{mm} \times 20\text{mm}$ のアンテナ電極層11が設けられている。ワイヤレス温度センサ1の外形寸法は、略 $30\text{mm} \times 30\text{mm}$ に限らず、弹性表面素子を実装するに充分な大きさであればよい。好適なアンテナ電極層11の外形寸法は蓋10の誘電率によって異なるが、上記寸法(略 $20\text{mm} \times 20\text{mm}$)は、蓋10の比誘電率が例えば9.8程度の場合に好適な寸法である。しかしながら、アンテナ電極層11の寸法はこれに限られない。

20

【0076】

図3(b)に示す様に、ワイヤレス温度センサ1の容器50は蓋10及び容器本体20から構成される。ワイヤレス温度センサ1の全体の厚さは略8mmであるが、これに限らず、任意に設定することができる。

【0077】

図4は、ワイヤレス温度センサ1の図3(b)に示すB-B線に沿った断面図である。なお、図3(b)では、B-B断面の位置を理解しやすいように上層体12と内層体14の境界を破線で示す。

30

【0078】

図4に示す様に、GND電極層13は、内層体14の上部すなわち上層体12に対向する側の表面に設けられ、GNDパターン開口部13wは、アンテナビアホール11hを貫通させるためGND電極層13の中央左に設けられている。GND電極層13の寸法は略 $25\text{mm} \times 25\text{mm}$ であるが、これに限られない。なお、高周波特性のさらなる向上のために、GND電極層13の形状はより大きくすることが好ましい。

【0079】

図5は、ワイヤレス温度センサ1による温度検出方法を説明するための図である。

【0080】

40

ワイヤレス温度センサ1の温度検出方法は、弹性表面波素子基板31を伝搬する弹性表面波の伝搬速度が温度に依存するとの原理に基づく。換言すると、励起弹性表面波Tw及び反射弹性表面波Rwの伝搬時間が弹性表面波素子基板31の温度に依存することを利用する。そのため、予め「伝搬時間対弹性表面波素子基板温度」の校正表を作成しておく。

【0081】

まず、図示しない外部装置が、上述したアンテナ(アンテナ電極層11、上層体12、GND電極層13、及び内層体14で構成されるマイクロストリップアンテナ)に固有の励起周波数を含む高周波信号を送信する。図5に示す様に、当該アンテナによって受信した高周波信号は、ボンディングワイヤ35a及び35bを通じて櫛形電極32a及び櫛形電極32bに印加され、弹性表面波素子基板31に電気-機械変換効果をもたらす。すな

50

わち、弾性表面波素子基板 3 1 の表面に、櫛形電極の電極間距離 d で決定される励起弾性表面波 $T w$ が発生する。

【 0 0 8 2 】

励起弾性表面波 $T w$ は、弾性表面波素子基板 3 1 の表面を伝搬し、反射体 3 3 で反射して、反射弾性表面波 $R w$ となって再び櫛形電極 3 2 a 及び櫛形電極 3 2 b に戻る。次いで、反射弾性表面波 $R w$ の一部は、弾性表面波素子基板 3 1 に機械 - 電気変換効果をもたらし、高周波信号に変換され、当該アンテナにより外部に応答信号が発信される。一方、反射弾性表面波 $R w$ のうち高周波信号に変換されなかった一部は、櫛形電極 3 2 a 及び櫛形電極 3 2 b によって反射され、弾性表面波素子 3 1 上を再び反射体 3 3 へ向かって進行する。以下、反射弾性表面波 $R w$ は、弾性表面波素子基板 3 1 上で反射体 3 3 と櫛形電極 3 2 a 及び 3 2 bとの間を往来しつつ、その一部が徐々に櫛形電極 3 2 a 及び 3 2 b によって高周波信号に変換されながら、減衰していく。10

【 0 0 8 3 】

アンテナによって発信された応答信号が上記外部装置に達し、上記外部装置が応答信号を受信すると、上記外部装置は、高周波信号を送信してから応答信号を受信するまでの時間を計測する。

【 0 0 8 4 】

高周波信号を送信してから応答信号を受信するまでの時間を計測したら、高周波信号を送信してから応答信号を受信するまでの時間から、弾性表面波素子における弾性表面波の伝搬時間を算出する。そして、予め作成しておいた「伝搬時間対弾性表面波素子基板温度」の校正表に基づいて、算出した伝搬時間から弾性表面波素子基板 3 1 の温度を求める。そして、弾性表面波素子基板 3 1 の温度に基づいて、弾性表面波素子基板 3 1 を装着した対象物の測定温度を決定する。20

【 0 0 8 5 】

図 6 は、弾性表面波素子における反射弾性表面波強度 $R w p$ の時間的变化を示すグラフである。

【 0 0 8 6 】

図 6 に示すグラフでは、縦軸が反射弾性表面波 $R w$ の強度 $R w p$ を示しており、横軸が弾性表面波の伝搬時間 T を示している。反射弾性表面波 $R w$ は櫛形電極 3 2 a 及び櫛形電極 3 2 b と反射体 3 3 との間で反射を繰り返すので、時刻 $T 1$ ~ 時刻 $T 3$ の複数のタイミングで反射弾性表面波 $R w$ が観測される。反射弾性表面波 $R w$ の強度 $R w p$ は、時刻 $T 1$ における $R w 1$ 、すなわち、一番最初に検出される反射弾性表面波 $R w$ の強度が最も大きく、測定に有利である。30

【 0 0 8 7 】

図 7 は、ワイヤレス温度センサ 1 を用いた温度測定システムの構成を説明するための図である。

【 0 0 8 8 】

温度表示装置 4 0 は、複数のワイヤレス温度センサのそれぞれに温度測定を行うための高周波信号を発信し、各ワイヤレス温度センサの応答信号を受信し、且つ、上記校正表に基づいて各ワイヤレス温度センサの測定温度を表示する構成となっている。40

【 0 0 8 9 】

図 7 に示す例では、温度表示装置 4 0 の測定温度の表示部は一つであり、当該表示部は、複数のワイヤレス温度センサの中からスイッチ等によって選択された所定のワイヤレス温度センサが検知する温度を表示する。しかしながら、複数のワイヤレス温度センサのそれぞれに対応する個別の表示部を温度表示装置 4 0 に設けてよい。

【 0 0 9 0 】

図 7 に示す例では、ワイヤレス温度センサ 1 A ~ 1 C の三個を使用し、各々弾性表面波伝搬距離 L が異なる様に設計されている。各々のワイヤレス温度センサにはそれぞれの「伝搬時間対弾性表面波素子基板温度」の構成表がある。

【 0 0 9 1 】

10

20

30

40

50

温度表示装置 4 0 から各ワイヤレス温度センサに固有の励起周波数を含む高周波信号を送信する。各ワイヤレス温度センサから弾性表面波の伝搬時間分遅れた応答信号が生じる。なお、ワイヤレス温度センサ 1 A ~ 1 C は、測定対象物（図示せず）との間で熱勾配を生じない様に、測定対象物に密着させて装着するのが好ましい。

【0092】

弾性表面波伝搬距離 L を変えることにより、各ワイヤレス温度センサではそれぞれ異なる伝搬時間をかけて櫛型電極 3 2 a、3 2 b から反射体 3 3 を往復する。この伝搬時間の差からワイヤレス温度センサ 1 A ~ 1 C を区別することができる。さらに、この伝搬時間からそれぞれのワイヤレス温度センサに対応する「伝搬時間対弾性表面波素子基板温度」の校正表から測定対象物（図示せず）の温度を測定することができる。 10

【0093】

上述の様に、各ワイヤレス温度センサの弾性表面波伝搬距離 L が異なる様に設計する方法以外にも、各ワイヤレス温度センサの動作周波数が異なる様に設計してもよい。これは、例えば、櫛型電極 3 2 a、3 2 b の電極間距離 d を変化させることにより実現できる。櫛型電極の電極間距離 d を変えることにより、各ワイヤレス温度センサは固有の高周波信号 f_1 ~ 高周波信号 f_3 によってのみ励起される。したがって、温度表示装置 4 0 に周波数掃引機能（図示せず）を設けることにより、高周波信号 f_1 ~ 高周波信号 f_3 を順次送受信し、測定対象物（図示せず）の温度を測定することができる。

【0094】

以上、温度測定に弾性表面波素子基板 3 1 の弾性表面波伝搬時間の温度特性を用いる方法を説明した。しかしながら、温度によるインピーダンス変調機能を反射体 3 3 に設け、反射弾性表面波強度 R_{wp} の絶対値に基づいて温度を測定する方法や、圧電素子や強誘電素子で共振回路を形成し、共振周波数の温度特性を用いる方法等も有効である。 20

【0095】

図 8 は、ワイヤレス温度センサ 1 の製造工程の概要を示すフローチャートである。

【0096】

図 8 に示す様に、ワイヤレス温度センサ 1 の製造工程は、容器本体組み立て及び高温焼成工程 ST 1 と、蓋組み立て及び低温焼成工程 ST 2 と、温度検出素子実装及び全体組み立て工程 ST 3 とから構成される。 30

【0097】

容器本体組み立て及び高温焼成工程 ST 1 は、容器本体 2 0 を形成する工程である。蓋組み立て及び低温焼成工程 ST 2 は、蓋 1 0 を形成する工程である。温度検出素子実装及び全体組み立て工程 ST 3 は、温度検出素子 3 0 をアンテナ電極 1 1 及び GND 電極 1 3 に電気的に接続する工程と、温度検出素子 3 0 が容器本体 2 0 及び蓋 1 0 の内部に固定されるように、容器本体 2 0 と蓋 1 0 とを貼り合わせる工程である。なお、容器本体組み立て及び高温焼成工程 ST 1 と蓋組み立て及び低温焼成工程 ST 2 とは、逆の順序で実施しても、また同時に実施しても良い。

【0098】

図 9 は、ワイヤレス温度センサ 1 の容器本体組み立て及び高温焼成工程 ST 1 を説明するための図である。以下では、ワイヤレス温度センサを三個同時に作製した後に個片化する例を用いて製造方法を説明する。 40

【0099】

まず、図 9 (a) に示す様に、セラミック材、ガラスフィラー、バインダー、及び溶剤を混合攪拌させて作成した第一のセラミックグリーンシートである HTCC を用いて、本体底部集合基板 2 1 b を形成する。

【0100】

次に、図 9 (b) に示す様に、HTCC のセラミックグリーンシートを用いて本体側部集合基板 2 2 b を形成し、本体側部集合基板 2 2 b に複数の本体キャビティ 2 0 c を設ける。

【0101】

10

20

30

40

50

次に、図9(c)に示す様に、本体底部集合基板21bと本体側部集合基板22bとを重ねて約1610で焼成する高温焼成工程を行う。焼成後は、図9(d)に示す集合容器本体20bが得られる。

【0102】

図10は、ワイヤレス温度センサ1の蓋組み立て及び低温焼成工程ST2を説明するための図である。

【0103】

まず、図10(a)に示すように、LTCCLから成るセラミックグリーンシートを用いて上層体集合基板12bを形成し、Cuを用いて複数のアンテナビアホール11hを設ける。

10

【0104】

次に、図10(b)に示す様に、アンテナ電極形成工程として、図10(a)で作製した上層体集合基板12bにCuを用いた複数の導体パターンであるアンテナ電極層11を印刷形成し、各アンテナ電極層11と各アンテナビアホール11hとを接続する。

【0105】

次に、図10(c)に示す様に、LTCCLから成るセラミックグリーンシートを用いて内層体集合基板14bを形成する。更に、ビアホール形成工程として、内層体集合基板14bに、アンテナ電極層11と接続するための複数のアンテナビアホール11h及びGND電極層13と接続するための複数のGNDビアホール13hをCuを用いて形成する。

20

【0106】

次に、図10(d)に示す様に、GND電極形成工程として、作製した内層体集合基板14bにCuを用いた複数の導体パターンであるGND電極層13を印刷形成する。GND電極層13のアンテナビアホール11hに跨る部分には、GNDパターン開口部13wを設け、GNDパターン開口部13w内にアンテナビアホール11hを形成する。更に、各GND電極層13と各GNDビアホール13hとを接続する。

【0107】

次に、図10(e)に示す様に、内層体集合基板14bの上部に上層体集合基板12bを重ね、各アンテナビアホール11hを接続する。内層体集合基板14b及び上層体集合基板12bが積層したものを第二のセラミックグリーンシートとする。次に、各アンテナビアホール11hにCuを用いた蓋ボンディングパッド15aを、又、各GNDビアホール13hにCuを用いた蓋ボンディングパッド15bを、それぞれ形成する電極パッド形成工程を行う。そして、低温焼成工程として、上層体集合基板12b及び内層体集合基板14bに適した約890で焼成し、図10(f)に示す様に集合蓋10bが得られる。

30

【0108】

上述した焼成温度(約890)では、Ag、Cuのいずれについても、ワイヤレス温度センサのアンテナ特性に実質的な影響を及ぼす様な変化は生じない。

【0109】

上層体集合基板12b及び内層体集合基板14bは上記焼成により一体となるが、便宜上、図には上層体集合基板12b及び内層体集合基板14bの間に境界を示している。

40

【0110】

図11は、ワイヤレス温度センサ1の温度検出素子30の実装及び全体組み立て工程ST3を説明するための図である。

【0111】

図11(a)に示す様に、集合蓋10bの蓋実装面15mに複数の温度検出素子30を、チタン(Ti)とニッケル(Ni)との合金を用いた金属ろう付け法により実装する。なお、金属ろう付け法に用いる合金はこれらに限定されず、他の金属を用いてもよい。

【0112】

更に、各温度検出素子30の素子ボンディングパッド34a及び集合蓋10bの蓋ボンディングパッド15aをボンディングワイヤ35aで接続する。同様に、各温度検出素子30の素子ボンディングパッド34b及び集合蓋10bの蓋ボンディングパッド15bを

50

ポンディングワイヤ35bで接続する。

【0113】

次に、図11(b)及び(c)に示す様に、集合容器本体20b、及び、温度検出素子30を実装した集合蓋10bを、温度検出素子30の位置に本体キャビティ20cが合う様に重ねて接合し、集合ワイヤレス温度センサ1bを得る。

【0114】

集合容器本体20b及び集合蓋10bは、例えば、熱伝導性の高い接合層である金(Au)及び錫(Sn)を接着面に形成し、共晶接合によって接合する。AuとSnは高い熱伝導率を有するため、集合容器本体20b及び集合蓋10bは熱的に接続される。この様に、熱伝導性のよい熱伝搬帯を接合箇所に採用することによって、温度検出素子30は、集合蓋10bに固定されながらも、集合容器本体20bと互いに熱的に接続される。なお、集合容器本体20b及び集合蓋10bを接合するための材料や接合方法は、金属ろう付け法や、材料間を高温下で加圧融着する固相接合法等の他の接合方法を用いることもできる。

10

【0115】

次に、図11(c)に示す様に、組み立てられた集合ワイヤレス温度センサ1bを裁断線d cに沿って分割し、図11(d)に示す個片化したワイヤレス温度センサ1を得る。なお、上述の例では、一度に三個のワイヤレス温度センサを製造する方法を述べたが、一度に製造するワイヤレス温度センサの数量を更に増やすことも可能である。

【0116】

20

ワイヤレス温度センサ1の構造は、第一のセラミック基板である容器本体20の構成材料として、焼成温度が1610と高く且つ熱伝導率が18W/(m·K)と高いAl₂O₃をHTCCとして用いた。したがって、ワイヤレス温度センサ1の温度測定の応答性が向上する。

【0117】

ワイヤレス温度センサ1の第二のセラミック基板(上層体12及び内層体14)は、例えば、CaO-Al₂O₃-SiO₂-B₂O₃にAl₂O₃を加えた材料の様にLTCCで構成されている。当該LTCCの焼成温度は890なので、導体として電気抵抗が1.6μcmと極めて低いCuを使用することが可能となる。

【0118】

30

これにより、LTCCの誘電正接(tan)が0.0003と低い特質を活かすことができるため、高周波特性ひいてはアンテナ特性をさらに向上することができる。また、全体組み立てには共晶接合を用いたので各要素への影響もなく、温度測定の応答性及び送受信効率の両面が向上するワイヤレス温度センサ1を提供することができる。

【0119】

図12は、他のワイヤレス温度センサ2の構造を説明するための図である。

【0120】

ワイヤレス温度センサ2は、上述のワイヤレス温度センサ1の変形例である。以下では、ワイヤレス温度センサ2について、ワイヤレス温度センサ1と異なる点について説明し、ワイヤレス温度センサ1と同様の点については適宜説明を省略する。

40

【0121】

図12に示すワイヤレス温度センサ2と図1に示すワイヤレス温度センサ1との差異は第一の配線電極及び第二の配線電極の有無の点であり、他は同様である。

【0122】

図12に示す様に、ワイヤレス温度センサ2では、内層体14の下部には、第一の配線電極17a及び第二の配線電極17bが設けられている。

【0123】

第一の配線電極17a及び第二の配線電極17bは、内層体14の温度検出素子30が実装される蓋実装面15maに、Cuを用いて設けられている。第一の配線電極17a及び第二の配線電極17bには、Cuに限らず、他の金属を用いてもよい。

50

【0124】

第二の配線電極 17 b は、略 $25\text{ mm} \times 25\text{ mm}$ の寸法を有しており、端部において容器本体 20 と熱的に接続している熱伝導層である。第二の配線電極 17 b には、第一の配線電極 17 a を貫通するための配線電極層開口部 17 w が設けられている。

【0125】

温度検出素子 30 は、第二の配線電極 17 b に熱的に接続されるように金属ろう付けされている。温度検出素子 30 の素子ボンディングパッド 34 a は、ボンディングワイヤ 35 a を介して、第一の配線電極 17 a に電気的に接続されている。温度検出素子 30 の素子ボンディングパッド 34 b は、ボンディングワイヤ 35 b を介して、第二の配線電極 17 b に電気的に接続されている。10

【0126】

図 13 を用いて、ワイヤレス温度センサ 2 の蓋組み立て及び低温焼成工程を説明する。なお、ワイヤレス温度センサ 2 の製造方法のうち他の工程（容器本体組み立て及び高温焼成工程、並びに、温度検出素子実装及び全体組み立て工程）は、ワイヤレス温度センサ 1 と同様であるので、説明を省略する。

【0127】

まず、図 13 (a) に示す様に、アンテナ電極層 11 及びアンテナビアホール 11 h を有する上層体集合基板 12 b を形成する。上層体集合基板 12 b の製造方法は、ワイヤレス温度センサ 1 と同様であるので、説明を省略する。

【0128】

次に、図 13 (b) に示す様に、GND 電極層 13、GND ビアホール 13 h、及びアンテナビアホール 11 h を有する内層体集合基板 14 A b の下面に第一の配線電極 17 a 及び第二の配線電極 17 b を形成する。20

【0129】

次に、図 13 (c) に示すように、各アンテナビアホール 11 h が接続する様に上層体集合基板 12 b 及び内層体集合基板 14 A b を積層させた第二のセラミックグリーンシートを約 890 μm で焼成し、集合蓋 10 A b を得る。

【0130】

ワイヤレス温度センサ 2 では、第一の配線電極 17 a 及び第二の配線電極 17 b を有する配線電極層 17 が、内層体 14 の下部に設けられている。第二の配線電極 17 b は、容器本体 20 及び温度検出素子 30 のそれぞれと熱的に接続されている熱伝導層である。そのため、容器本体 20 に伝わった測定対象物の熱は、容器本体 20 から第二の配線電極 17 b を介して温度検出素子 30 へ伝わることができる。したがって、熱が蓋 10 A b 内に散逸することを防ぎ、ワイヤレス温度センサ 2 としての熱応答性が更に向上する。30

【0131】

ワイヤレス温度センサ 2 では、温度検出素子 30 が第二の配線電極 17 b に接続されているので、耐ノイズ性が向上し、温度センサとしての特性と信頼性が向上する。

【0132】

図 14 は、更に他のワイヤレス温度センサ 3 の構造を説明するための図である。

【0133】

ワイヤレス温度センサ 3 は上述のワイヤレス温度センサ 2 の変形例である。以下では、ワイヤレス温度センサ 3 について、ワイヤレス温度センサ 2 と異なる点について説明し、ワイヤレス温度センサ 2 と同様の点については適宜説明を省略する。

【0134】

図 14 に示すワイヤレス温度センサ 3 と図 12 に示すワイヤレス温度センサ 2 との差異は、GND ビアホールの位置の点であり、他は同様である。

【0135】

図 14 に示す様に、ワイヤレス温度センサ 3 では、温度検出素子 30 は GND ビアホール 13 h の上に固定されている。ここで、「GND ビアホール 13 h の上に固定されている」とは、図 14 に示す様に、温度検出素子 30 の略中心の位置が、GND ビアホール 13 h の上に固定されている。40

10

20

30

40

50

3 h の略中心の位置に等しい場合を含むが、これに限られない。例えば、GND ピアホール 13 h の略中心の位置が温度検出素子 30 の領域に含まれる場合や、GND ピアホール 13 h の領域が温度検出素子 30 の領域に含まれる場合も、これに含まれる。

【 0136 】

GND ピアホール 13 h の位置は、蓋 10 A の略中心付近に限らず、任意に配置することができる。温度検出素子 30 は、GND ピアホール 13 h の位置に合わせて、「GND ピアホール 13 h の上に固定」することができる。

【 0137 】

図 15 (a) はワイヤレス温度センサ 2 の、図示しない測定対象物からの熱の伝搬経路を模式的に表した断面図である。図 15 (b) はワイヤレス温度センサ 3 の、図示しない測定対象物からの熱の伝搬経路を模式的に表した断面図である。なお図 15 (a) 及び図 15 (b) においては、説明のため断面を表すハッチングを省略している。10

【 0138 】

図 15 (a) に示す様に、ワイヤレス温度センサ 2 では、H に示す様に、図示しない測定対象物から容器本体 20 に伝わった熱が、容器本体 20 内部を移動し、やがて第二の配線電極 17 b と伝わる。第二の配線電極 17 b へと伝わった熱は、第二の配線電極 17 b 内部を温度検出素子 30 に向かって移動するが、当該熱の一部は、H 1 に示す様に、GND ピアホール 13 h を通じて上層体 12 に向かって移動する。これは、Cu で形成された GND ピアホール 13 h の熱抵抗が低いためである。20

【 0139 】

図 15 (b) に示す様に、ワイヤレス温度センサ 3 では、H に示す様に、図示しない測定対象物から容器本体 20 に伝わった熱が、容器本体 20 内部を移動し、やがて第二の配線電極 17 b へと伝わる。第二の配線電極 17 b へと伝わった熱は、H 2 に示す様に、第二の配線電極 17 b 内部を温度検出素子 30 に向かって移動する。このとき、温度検出素子 30 に至る経路の途中に、熱抵抗が低い GND ピアホール 13 h は存在しないため、熱の殆どが第二の配線電極 17 b を経由して温度検出素子 30 に流入する。20

【 0140 】

このように、ワイヤレス温度センサ 3 では、温度検出素子 30 は GND ピアホール 13 h の上に固定されているため、ピアホールによって蓋 10 の内部に移動する熱量を減ずることが可能となる。したがって、ワイヤレス温度センサ 3 では、温度測定の応答性が向上し、且つ、熱の影響によるアンテナ特性の変動が低減される。30

【 0141 】

図 16 は、更に他のワイヤレス温度センサ 4 の構造を説明するための図である。

【 0142 】

ワイヤレス温度センサ 4 は、上述のワイヤレス温度センサ 2 の変形例である。以下では、ワイヤレス温度センサ 4 について、ワイヤレス温度センサ 2 と異なる点について説明し、ワイヤレス温度センサ 2 と同様の点については適宜説明を省略する。

【 0143 】

図 16 に示すワイヤレス温度センサ 4 と図 12 に示すワイヤレス温度センサ 2 との差異は、保護層の有無の点であり、他は同様である。40

【 0144 】

図 16 に示す様に、ワイヤレス温度センサ 4 では、アンテナ電極層 11 及び上層体 12 の上部に保護層 16 が設けられている。保護層 16 は、上層体 12 及び内層体 14 と同様に CaO - Al₂O₃ - SiO₂ - B₂O₃ に Al₂O₃ を加えた材料によって形成される。しかしながら、保護層 16 は、他の L T C C によって形成されてもよいし、又、SiO₂ や TiO₂ 等の膜によって形成されてもよい。

【 0145 】

以下、図 17 を用いて、ワイヤレス温度センサ 4 の蓋組み立て及び低温焼成工程について説明する。

【 0146 】

10

20

30

40

50

まず、図17(a)に示す様に、上層体集合基板12b及び内層体集合基板14Abを互いに積層する。

【0147】

次に、図17(b)に示す様に、CaO-Al₂O₃-SiO₂-B₂O₃にAl₂O₃を加えた材料等のLTCCのセラミックグリーンシートを用いて集合保護層16bを形成する。

【0148】

次に、図17(c)に示す様に、図17(a)で用意した積層体の上に集合保護層16bを重ね、約890℃で焼成し、集合蓋10Pbを得る。

【0149】

なお、SiO₂やTiO₂等の膜によって保護層16が形成される場合は、スパッタリング法等によって、図17(a)で用意した積層体の上層体集合基板12bの上に保護層16を直接形成してもよい。

【0150】

ワイヤレス温度センサ4では、金属体であるアンテナ電極層11が保護層16によって保護されるため、耐静電気特性が向上し、又、金属破片等の導電性の異物の付着によるセンサの動作異常が軽減されるため、耐久性及び信頼性が向上する。

【0151】

図18は、更に他のワイヤレス温度センサ5の構造を説明するための図である。

【0152】

ワイヤレス温度センサ5は、上述のワイヤレス温度センサ1の変形例である。以下では、ワイヤレス温度センサ5について、ワイヤレス温度センサ1と異なる点について説明し、ワイヤレス温度センサ5と同様の点については適宜説明を省略する。

【0153】

図18に示すワイヤレス温度センサ5と図1に示すワイヤレス温度センサ1との差異は、温度検出素子の実装方法の点、及び、温度検出素子と容器本体との接触の点であり、他は同様である。

【0154】

図18に示す様に、温度検出素子30は、櫛形電極32a、32b及び反射体33等が設けられた面を蓋10に対向させて、蓋10にフリップチップ実装されている。素子ボンディングパッド34aは金バンプ36aを介して蓋ボンディングパッド15aに、素子ボンディングパッド34bは金バンプ36bを介して蓋ボンディングパッド15bに、それぞれ接続されている。

【0155】

図18に示す様に、ワイヤレス温度センサ4では、温度検出素子30の蓋10に対向した面とは反対側の面は、容器本体20に接触している。しかしながら、温度検出素子30と容器本体20とは互いに接触していないとも、両者の間で直接の熱伝導が生じる程度に互いに近接していてもよい。温度検出素子30の容器本体20に接触又は近接する箇所、及び、近接の場合には温度検出素子30と容器本体20との距離は、両者の間で直接の熱伝導が生じる限り、任意に設計することができる。

【0156】

以下、図19を用いて、ワイヤレス温度センサ5の温度検出素子実装工程を説明する。なお、ワイヤレス温度センサ5の製造方法の他の工程（容器本体組み立て及び高温焼成工程、蓋組み立て及び低温焼成、並びに、全体組み立て工程）は、ワイヤレス温度センサ1と同様であるので、説明を省略する。なお、容器本体20の内側の空間の厚みは、実装面15mから温度検出素子30の蓋10とは反対側の面までの高さに相当する長さにしておくものとする。以下では説明の便宜上、一個のワイヤレス温度センサの製造工程を説明するが、複数のワイヤレス温度センサを同時に作成した後に個片化する製造方法を用いることも可能である。

【0157】

10

20

30

40

50

まず、図19(a)に示す様に、温度検出素子30の素子ボンディングパッド34aに金バンプ36aを、温度検出素子30の素子ボンディングパッド34bに金バンプ36bを、それぞれ形成する。

【0158】

次に、図19(b)に示す様に、温度検出素子30を反転して、金バンプ36aが蓋ボンディングパッド15aに、金バンプ36bが蓋ボンディングパッド15bに、それぞれ接觸するように、温度検出素子30を蓋実装面15mに載置する。

【0159】

次に、超音波振動により、各ボンディングパッド(15a、15b、34a、34b)及び金バンプ36a、36bを融着及び接合することにより、図19(c)に示す様に、温度検出素子30を蓋10に実装する。以上で、ワイヤレス温度センサ45における温度検出素子実装工程が終了する。10

【0160】

ワイヤレス温度センサ5では、温度検出素子30と容器本体20とは、互いに接觸し、又は、両者の間で直接の熱伝導が生じる程度に互いに近接している。そのため、測定対象物から容器本体20へと伝わった熱は、図18のH3に示す様に、容器本体20から温度検出素子30へ直接移動することが可能である。したがって、ワイヤレス温度センサにおける温度測定の応答性が向上する。

【0161】

図20は、更に他のワイヤレス温度センサ6の構造を説明するための図であり、図2120は、ワイヤレス温度センサ6を図20の方向6Dから観た図である。

【0162】

ワイヤレス温度センサ6は、上述のワイヤレス温度センサ5の変形例である。以下では、ワイヤレス温度センサ6について、ワイヤレス温度センサ5と異なる点について説明し、ワイヤレス温度センサ5と同様の点については適宜説明を省略する。

【0163】

図20に示すワイヤレス温度センサ6と図18に示すワイヤレス温度センサ5との差異は、容器本体の蓋に貼り合わされる側と反対側に設けられた開口部の有無の点であり、他は同様である。

【0164】

ワイヤレス温度センサ6の容器本体20Aは、蓋10に対向する面とは反対側に、矩形状の開口部20AWを有している。そのため、図21に示す様に、温度検出素子30は外部に露出している。30

【0165】

開口部20AWの形状は、矩形状に限らず、円形、多角形、又は不規則な形等の任意の形状であつてよい。容器本体20Aは、例えば、図9(c)を用いて説明した本体底部集積基板21bを用いずに容器本体を作成することにより得ることができるが、他の方法によつて作成することも可能である。

【0166】

温度検出素子30の縁には、温度検出素子30と蓋10との間を埋める様に封止樹脂70が設けられており、蓋10、温度検出素子30、及び封止樹脂70によって気密封止された空間6Sが形成されている。空間6Sは、櫛形電極32a、32b及び反射体33をその内部に含んでいる。40

【0167】

ワイヤレス温度センサ6では、容器本体20Aの蓋10に貼り合わされる側と反対側に開口部20AWが設けられ、温度検出素子30が外部に露出しているため、温度測定時に、温度検出素子30を測定対象物の近くに配置することができる。したがつて、測定対象物の熱が温度検出素子30に伝わりやすくなり、ワイヤレス温度センサの熱応答性が向上する。

【0168】

10

20

30

40

50

ワイヤレス温度センサ6では、櫛形電極32a、32b及び反射体33は、封止樹脂70によって気密封止された空間6Sに含まれるため、外部の気体又は流体は空間6Sに侵入することができない。したがって、ワイヤレス温度センサのアンテナ特性の安定性が向上する。なお、空間6Sは真空であってもよく、空間6Sが真空である場合、ワイヤレス温度センサのアンテナ特性の安定性は更に向かう。

【0169】

図22は、更に他のワイヤレス温度センサ7の構造を説明するための図である。

【0170】

ワイヤレス温度センサ7は、上述のワイヤレス温度センサ5の変形例である。以下では、ワイヤレス温度センサ7について、ワイヤレス温度センサ5と異なる点について説明し、ワイヤレス温度センサ5と同様の点については適宜説明を省略する。10

【0171】

図22に示すワイヤレス温度センサ7と図18に示すワイヤレス温度センサ5との差異は、熱伝導体の有無の点であり、他は同様である。

【0172】

図22に示す様に、ワイヤレス温度センサ7は、温度検出素子30と容器本体20との間に配置された熱伝導体60を更に有している。熱伝導体60は、温度検出素子30及び容器本体20のいずれにも熱的に接続されており、例えば、高熱伝導性の樹脂により接着されている。あるいは、熱伝導体60は、温度検出素子30及び容器本体20に接着されなくとも、これらに挟持されていてもよい。20

【0173】

熱伝導体60は、高い熱伝導率を有する銀ペーストによって形成されている。しかしながら、熱伝導体60は、銀ペーストに限らず、エポキシ樹脂、シリコン樹脂、セラミック材、金属、及び耐熱樹脂等の高い熱伝導率を有する物質によって形成されてもよい。

【0174】

更に、熱伝導体60は、蓋10及び容器本体20の気密性を保つために熱膨張率が小さいことが好ましい。

【0175】

以下、図23を用いて、ワイヤレス温度センサ7の温度検出素子実装及び全体組み立て工程を説明する。なお、ワイヤレス温度センサ7の製造方法の他の工程（容器本体組み立て及び高温焼成工程、並びに、蓋組み立て及び低温焼成工程）は、ワイヤレス温度センサ1と同様であるので、説明を省略する。30

【0176】

まず、図23(a)に示す様に、温度検出素子30を蓋10にフリップチップ実装する。なお、当該工程は、図19(a)～(d)を用いて上述した工程と同様であるので、説明を省略する。

【0177】

次に、図23(b)に示す様に、温度検出素子30の蓋10とは反対側の面に、バインダーに銀粒子を混入したものを焼成して形成した銀ペーストである熱伝導体60を、高熱伝導性の樹脂を用いて接着する。40

【0178】

次に、図23(c)に示す様に、温度検出素子30の位置に本体キャビティ20cが合う様に、容器本体20を温度検出素子30が実装された蓋10に重ねて接合し、図22に示すワイヤレス温度センサ7を得る。なお、接合方法は、図11(b)及び(c)を用いて上述した方法と同様であるので、説明を省略する。

【0179】

なお、上述の方法とは異なり、容器本体20の底に熱伝導体60を接着した後、熱伝導体60が温度検出素子30に接する様に、蓋10及び容器本体20を重ねて接合し、ワイヤレス温度センサ7を得ても良い。

【0180】

10

20

30

40

50

ワイヤレス温度センサ7では、熱伝導体60が温度検出素子30と容器本体20との間に配置されているため、容器本体20に伝わった測定対象物の熱は熱伝導体60を介して温度検出素子30へ伝わる。したがって、測定対象物の熱が温度検出素子30に伝わりやすくなり、ワイヤレス温度センサの熱応答性が向上する。

【0181】

図24は、更に他のワイヤレス温度センサ8の構造を説明するための図である。

【0182】

ワイヤレス温度センサ8は、上述のワイヤレス温度センサ5の変形例である。以下では、ワイヤレス温度センサ8について、ワイヤレス温度センサ5と異なる点について説明し、ワイヤレス温度センサ5と同様の点については適宜説明を省略する。

10

【0183】

図24に示すワイヤレス温度センサ8と図18に示すワイヤレス温度センサ5との差異は、容器本体の構造の点であり、他は同様である。

【0184】

ワイヤレス温度センサ8の容器本体20Bは、ワイヤレス温度センサ1の容器本体20と同様に、HTCCであるAl₂O₃で形成される。しかしながら、容器本体20Bは、容器本体20とは異なり、気体又は流体を通過させることができ可能な構造であるポーラス（多孔質）構造を有する。例えば、容器本体20Bの一部が金属によって形成される場合には、気体又は流体を通過させることができ可能な構造としてメッシュ構造を採用してもよい。このように、容器本体20Bの構造として、容器本体20Bを形成する物質に合わせて、気体又は流体を通過させることができ可能な構造を設計することができる。

20

【0185】

ワイヤレス温度センサ8の温度検出素子30の縁には、温度検出素子30と蓋10との間を埋める様に封止樹脂70が設けられており、蓋10、温度検出素子30、及び封止樹脂70によって気密封止された空間8Sが形成されている。空間8Sは、櫛形電極32a、32b及び反射体33をその内部に含んでいる。

【0186】

ワイヤレス温度センサ8は、容器本体20Bが気体又は流体を通過させる構造を有している。その為、図24のH4に示す様に、ワイヤレス温度センサ8の周囲の気体又は流体は、容器本体20Bを通過して蓋10及び容器本体20Bに囲まれた空間（空間8Sを除く）に出入りすることが可能となる。したがって、温度検出素子30が当該気体又は流体の温度を直接検出することができるため、ワイヤレス温度センサ8により、環境温度（雰囲気温度）をより正確に測定することができる。

30

【0187】

ワイヤレス温度センサ8では、櫛形電極32a、32b及び反射体33は、封止樹脂70によって気密封止された空間7Sに含まれる。そのため、容器本体20Bを通過して蓋10及び容器本体20Bに囲まれた空間に流入する気体又は流体は、空間8Sに侵入することができない。したがって、ワイヤレス温度センサのアンテナ特性の安定性が向上する。なお、空間8Sは真空であってもよく、空間8Sが真空である場合、ワイヤレス温度センサのアンテナ特性の安定性が更に向上する。

40

【0188】

上述したワイヤレス温度センサ1～8は、温度測定のリモートセンシングを必要とする装置に適用可能である。

【0189】

当業者は、本発明の精神及び範囲から外れることなく、様々な変更、置換、及び修正をこれに加えることが可能であり、実施形態を適宜組み合わせてもよいことを理解されたい。

【符号の説明】

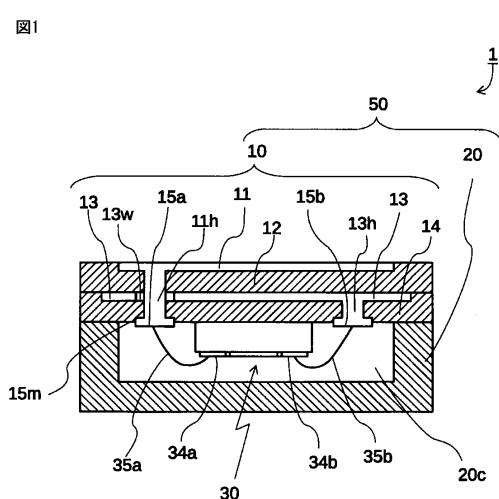
【0190】

1、2、3、4、5、6、7、8 ワイヤレス温度センサ

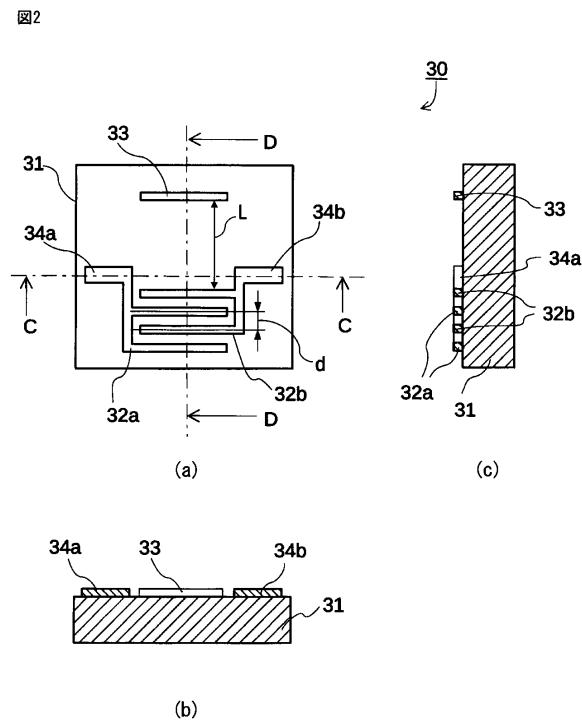
50

| | | |
|-----------------|--------------------|----|
| 1 b | 集合ワイヤレス温度センサ | |
| 1 0、1 0 A、1 0 P | 蓋 | |
| 1 1 | アンテナ電極 | |
| 1 1 h | アンテナビアホール | |
| 1 2 | 上層体 | |
| 1 2 b | 上層体集合基板 | |
| 1 3 | GND電極 | |
| 1 3 h | GNDビアホール | |
| 1 3 w | GNDパターン開口部 | |
| 1 4 | 内層体 | 10 |
| 1 4 b | 内層体集合基板 | |
| 1 5 a、1 5 b | 蓋ポンディングパッド | |
| 1 5 m、1 5 m a | 蓋実装面 | |
| 1 6 | 保護層 | |
| 1 6 b | 集合保護層 | |
| 1 7 w | 配線電極層開口部 | |
| 1 7 a | 第一の配線電極 | |
| 1 7 b | 第二の配線電極 | |
| 2 0、2 0 A、2 0 B | 容器本体 | |
| 2 0 A W | 開口部 | 20 |
| 2 0 b | 集合容器本体 | |
| 2 0 c | 本体キャビティ | |
| 2 1 b | 本体底部集合基板 | |
| 2 2 b | 本体側部集合基板 | |
| 3 0 | 温度検出素子 | |
| 3 1 | 弹性表面波素子基板 | |
| 3 2 a、3 2 b | 櫛形電極 | |
| 3 3 | 反射体 | |
| 3 4 a、3 4 b | 素子ポンディングパッド | |
| 3 5 a | ポンディングワイヤ | 30 |
| 4 0 | 温度表示装置 | |
| 5 0、5 0 A、5 0 P | 容器 | |
| T w | 励起弹性表面波 | |
| R w | 反射弹性表面波 | |
| R w p | 反射弹性表面波強度 | |
| T 1、T 2、T 3 | 時刻 | |
| d、d 1、d 2、d 3 | 電極間距離 | |
| f 1、f 2、f 3 | 高周波信号 | |
| t | 伝搬時間 | |
| S T 1 | 容器本体組み立て及び高温焼成工程 | 40 |
| S T 2 | 蓋組み立て及び低温焼成工程 | |
| S T 3 | 温度検出素子実装及び全体組み立て工程 | |
| d c | 裁断線 | |

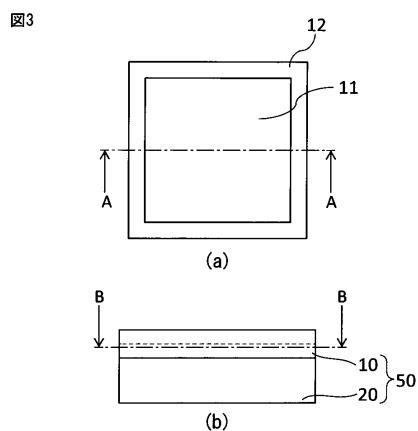
【図1】



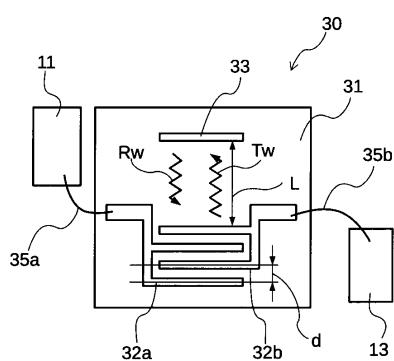
【図2】



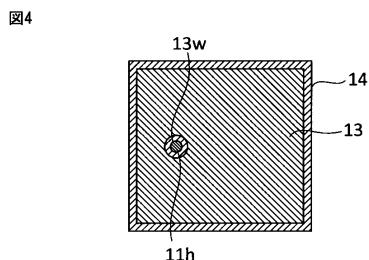
【図3】



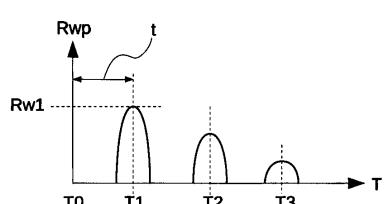
【図5】



【図4】

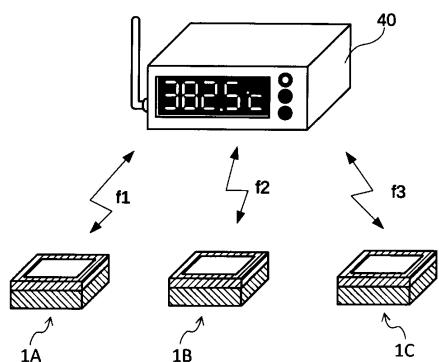


【図6】



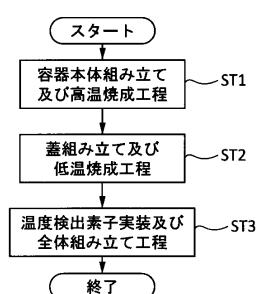
【図7】

図7



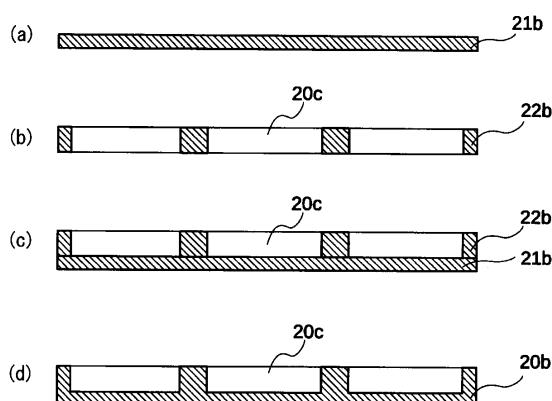
【図8】

図8



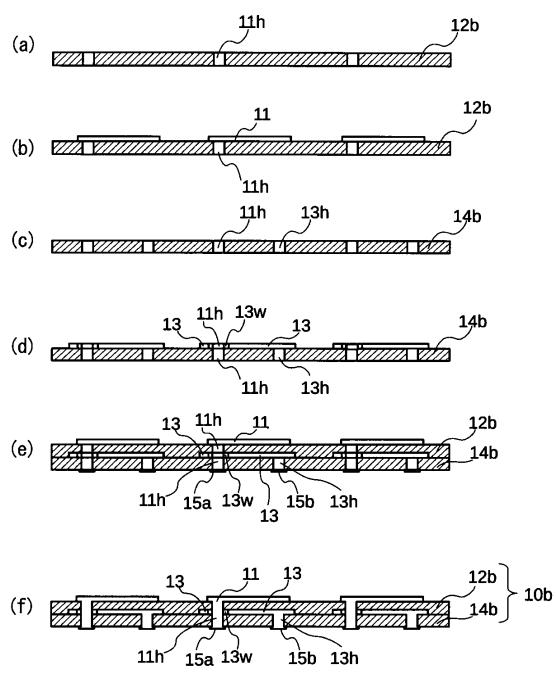
【図9】

図9



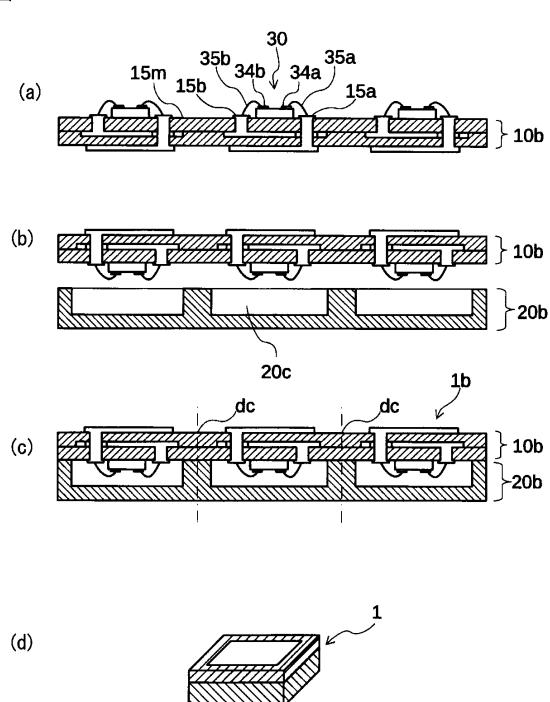
【図10】

図10



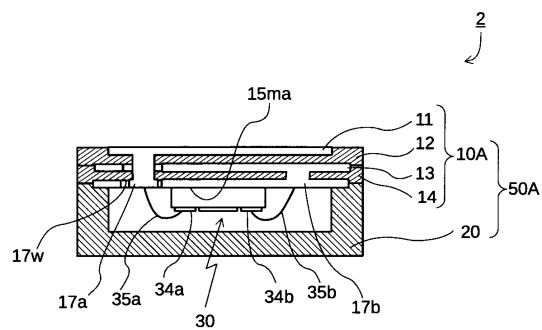
【図11】

図11



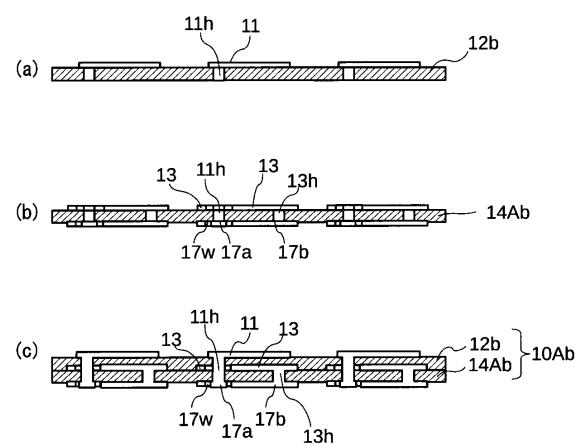
【図12】

図12



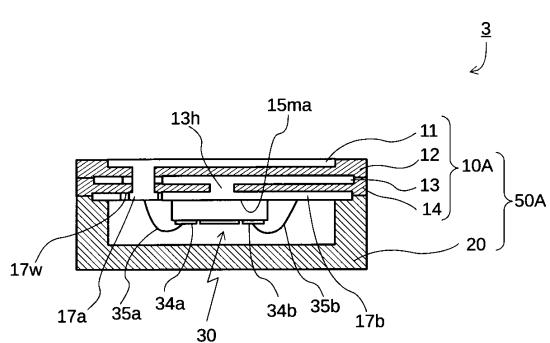
【図13】

図13



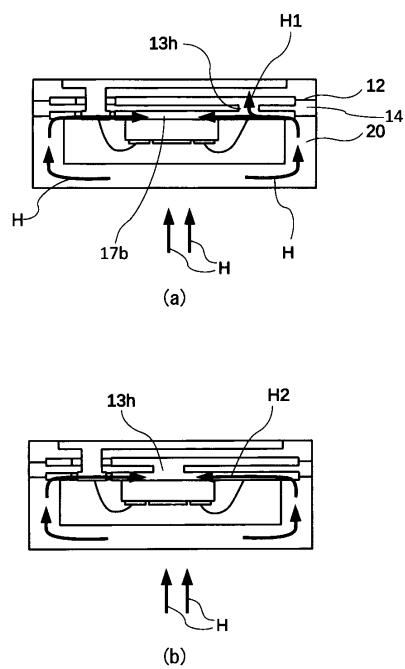
【図14】

図14



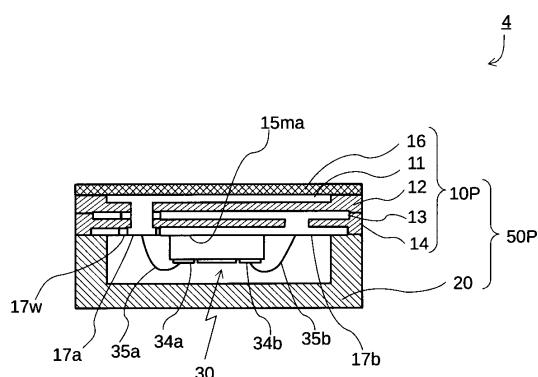
【図15】

図15



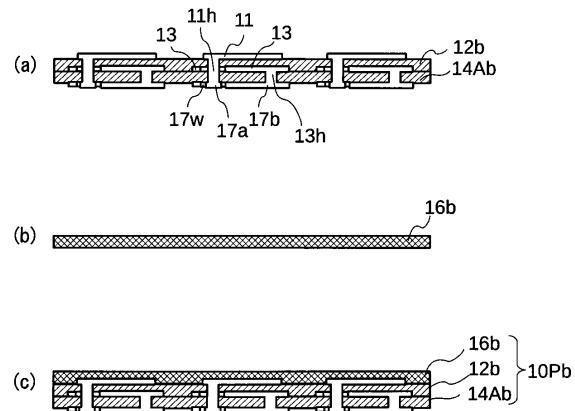
【図16】

図16



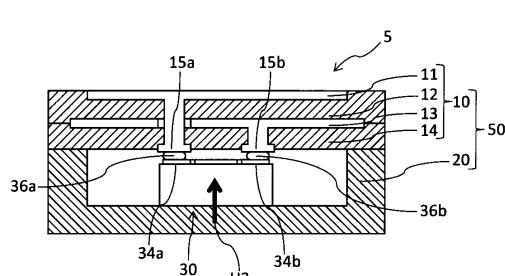
【図17】

図17



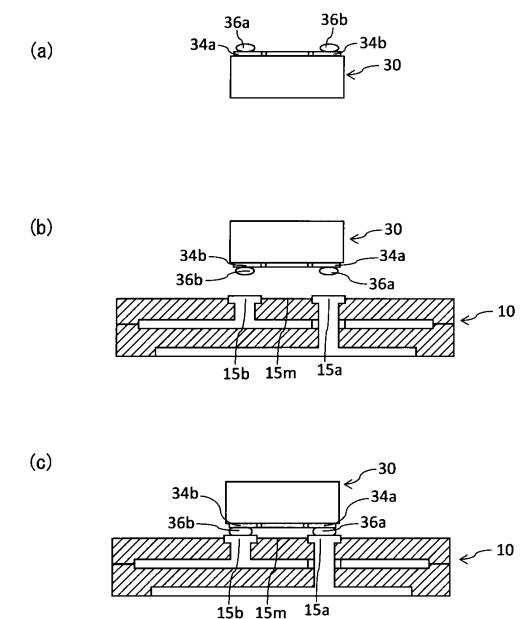
【図18】

図18



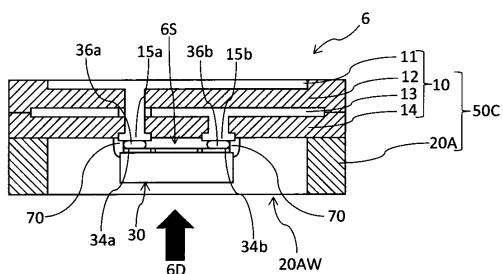
【図19】

図19



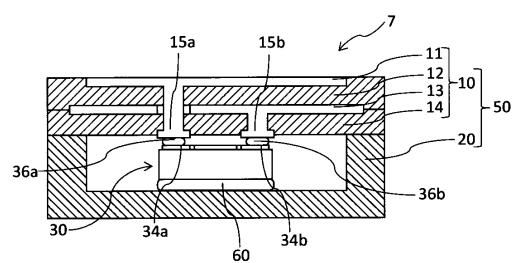
【図20】

図20



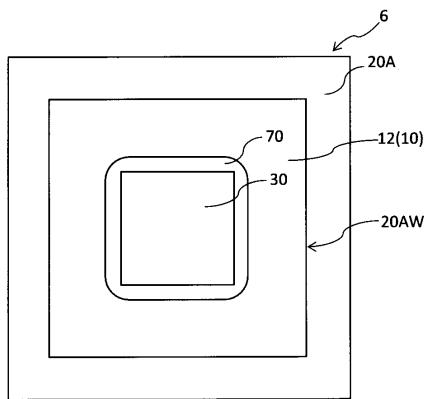
【図22】

図22



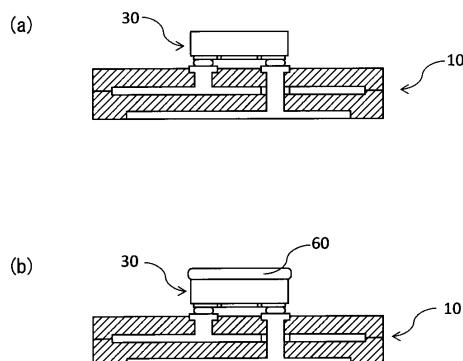
【図21】

図21



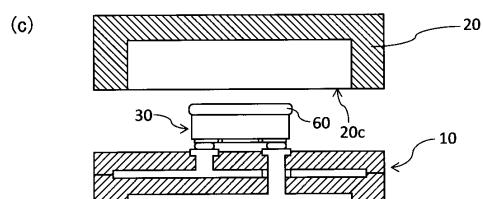
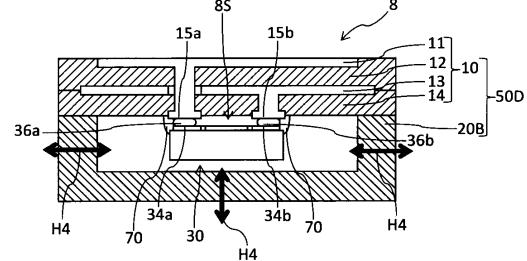
【図23】

図23



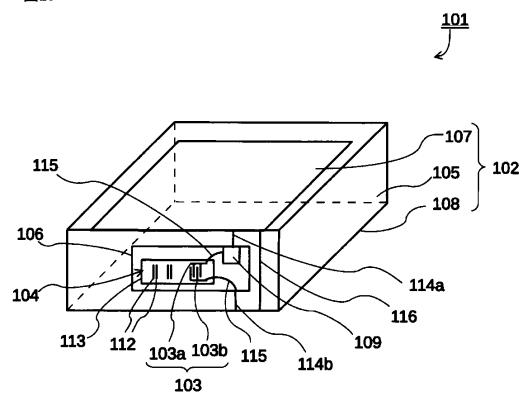
【図24】

図24



【図25】

図25



フロントページの続き

(72)発明者 小峰 伸一

東京都西東京市田無町六丁目1番12号 シチズンホールディングス株式会社内

(72)発明者 野々垣 陽一

東京都西東京市田無町六丁目1番12号 シチズンホールディングス株式会社内

(72)発明者 早田 智史

東京都西東京市田無町六丁目1番12号 シチズンホールディングス株式会社内

(72)発明者 木下 嘉将

東京都西東京市田無町六丁目1番12号 シチズンホールディングス株式会社内

審査官 深田 高義

(56)参考文献 特表2004-515757(JP,A)

特開2006-259156(JP,A)

米国特許出願公開第2013/0077222(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 01 K 1 / 02

G 01 K 1 / 08

G 01 K 7 / 32