

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4160901号

(P4160901)

(45) 発行日 平成20年10月8日(2008.10.8)

(24) 登録日 平成20年7月25日(2008.7.25)

(51) Int.Cl. F I  
**B 2 8 B 1/16 (2006.01)** B 2 8 B 1/16  
**B 2 8 B 1/30 (2006.01)** B 2 8 B 1/30 1 O 1

請求項の数 38 (全 26 頁)

|               |                               |           |                       |
|---------------|-------------------------------|-----------|-----------------------|
| (21) 出願番号     | 特願2003-532422 (P2003-532422)  | (73) 特許権者 | 504090341             |
| (86) (22) 出願日 | 平成14年10月1日(2002.10.1)         |           | ヘラエウス インコーポレイテッド      |
| (65) 公表番号     | 特表2005-504656 (P2005-504656A) |           | HERAEUS INCORPORATE   |
| (43) 公表日      | 平成17年2月17日(2005.2.17)         |           | D                     |
| (86) 国際出願番号   | PCT/US2002/031141             |           | アメリカ合衆国 ペンシルバニア 194   |
| (87) 国際公開番号   | W02003/029166                 |           | 28, ウェスト コンショホッケン, ユニ |
| (87) 国際公開日    | 平成15年4月10日(2003.4.10)         |           | オン ヒル ロード 24          |
| 審査請求日         | 平成16年3月8日(2004.3.8)           |           | 24 Union Hill Road,   |
| (31) 優先権主張番号  | 60/326, 350                   |           | West Conshohocken, P  |
| (32) 優先日      | 平成13年10月1日(2001.10.1)         |           | A 19428, U. S. A      |
| (33) 優先権主張国   | 米国 (US)                       | (74) 代理人  | 100087653             |
| (31) 優先権主張番号  | 60/362, 656                   |           | 弁理士 鈴江 正二             |
| (32) 優先日      | 平成14年3月8日(2002.3.8)           | (74) 代理人  | 100121474             |
| (33) 優先権主張国   | 米国 (US)                       |           | 弁理士 木村 俊之             |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 マイクロエレクトロニクス用自己拘束型非焼結低温ガラスセラミックテープ及びその製法ならびに用途

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

x-y平面とz方向の厚さを備えた、低温セラミック共焼成に用いられる一体構造(モノリシック)のグリーンテープであって、

第1セラミックと、第1ガラスと、第1有機バインダとの粒子を含む少なくとも一つの低温セラミック層と、

耐火セラミックと、上記の第1ガラス用の湿潤剤と第2有機バインダとの粒子を含む少なくとも一つの自己拘束層とからなるものにおいて、

耐火セラミックは低温セラミック層の焼成温度では焼結せず、低温セラミックの焼成温度でグリーンテープを焼成すると、上記の層はz方向には過密化するが、x-y平面での収縮は、外側から拘束しなくても約1%未満であり、第1ガラスの湿潤剤がメタ珪酸リチウムであるもの。

【請求項 2】

請求項1に記載のテープであって、2つの低温セラミック層の間に1つの自己拘束層が挟まれてなるもの。

【請求項 3】

請求項2に記載のテープであって、2つの低温セラミック層がほぼ同じ組成であるもの。

【請求項 4】

請求項2に記載のテープであって、少なくとも一つの自己拘束層が約20 μm以上の厚さを有するもの。

## 【請求項 5】

請求項 1 に記載のテープであって、更に、グリーンテープの少なくとも一つの外側平面に付着された 1 つ以上の電子回路構成要素を含むもの。

## 【請求項 6】

請求項 5 に記載のテープであって、上記の少なくとも 1 つの構成要素が、抵抗体、コンデンサ、可変抵抗器、誘導体、誘電構造体および金属製導電パターンからなるグループから選ばれているもの。

## 【請求項 7】

請求項 1 に記載のテープであって、耐火セラミックが、無機酸化物、金属の珪酸塩、金属の炭化物、金属の臭化物、金属の窒化物および鉍物からなるグループから選ばれるもの。

10

## 【請求項 8】

請求項 7 に記載のテープであって、無機酸化物が、アルミナ、ジルコニア、チタニア、灰長石、ムライト、ペロブスカイトおよびシリカからなるグループから選ばれるもの。

## 【請求項 9】

請求項 1 に記載のテープであって、第 1 有機バインダと第 2 有機バインダとの少なくとも一方が高分子樹脂と、可塑剤と分散剤とからなるグループから選択された少なくとも一つのものとからなるもの。

## 【請求項 10】

請求項 1 に記載のテープであって、焼成すると  $x-y$  平面での収縮が約 0.2 % 以下であるもの。

20

## 【請求項 11】

請求項 1 に記載のテープであって、少なくとも 1 つの自己拘束層が少なくとも一つのガラスを含むもの。

## 【請求項 12】

請求項 1 に記載のテープであって、第 1 セラミックと耐火セラミックとが同じ物質であるもの。

## 【請求項 13】

請求項 1 に記載のテープであって、少なくとも一つの低温セラミック層が、更に、核形成剤を含むもの。

## 【請求項 14】

30

請求項 13 に記載のテープであって、核形成剤が、チタニア、ジルコニア、灰長石、モリブデン酸化物、タングステン酸化物およびマグネシウム・コバルト尖晶石からなるグループから選ばれるもの。

## 【請求項 15】

一体構造の多層グリーンテープの作製方法であって、

(a) 第 1 セラミック、第 1 ガラス、第 1 有機バインダと第 1 溶媒との粒子からなる第 1 スラリーを形成し、

(b) 耐火セラミック、第 2 有機バインダおよび第 2 溶媒の粒子並びにメタ珪酸リチウムからなる第 1 ガラス用の湿潤剤で構成してなる第 2 スラリーを形成し、

(c) 第 1 および第 2 スラリーの一方の第 1 層をスロット型を介してキャリアに積層し、

40

(d) 第 1 および第 2 スラリーの他方の第 2 層をスロット型を介して上記の一方のスラリー上に、このスラリーがキャリア上で未だ湿ってはいるが、第 2 層とは実質的に分離した状態にあるうちに積層させ、

(e) 実質的に溶媒を除去するがバインダは除去しないように積層スラリーを乾燥するもの。

## 【請求項 16】

請求項 15 に記載の作成方法であって、工程(c)と(d)とがほぼ同時におこなわれるもの。

## 【請求項 17】

請求項 15 に記載の作成方法であって、工程(c)の一方のスラリーが第 1 スラリーであって、工程(d)の他方のスラリーが第 2 スラリーであり、更に、

50

(f) 第2セラミック、第2ガラス、第3有機バインダおよび第3溶媒の粒子からなる第3スラリーを形成し、

(g) 第3スラリーの第3層をスロット型を介して、第2スラリー上に、第2スラリーが未だ湿っているが、第3層とは実質的に分離した状態にあるうちに積層させるもの。

【請求項18】

請求項17に記載の作成方法であって、工程(c)、(d)、(g)がほぼ同時に行われるもの。

【請求項19】

請求項17に記載の作成方法であって、第1スラリーおよび第3スラリーがほぼ同じ組成を有するもの。

【請求項20】

請求項15に記載の作成方法であって、耐火セラミックが、無機酸化物、金属ケイ酸塩、金属炭化物、金属臭化物、金属窒化物および鉱物からなるグループから選ばれるもの。

【請求項21】

請求項20に記載の作成の方法であって、無機酸化物が、アルミナ、ジルコニア、チタニア、灰長石、ムライト、ペロブスカイトおよびシリカからなるグループから選ばれるもの。

【請求項22】

請求項15に記載の作成方法であって、第1有機バインダと第2有機バインダとの少なくとも一方が、高分子樹脂と、可塑剤と核散剤とからなるグループから選ばれた少なくとも1つからなるもの。

【請求項23】

請求項15に記載の作成方法であって、少なくとも一つの電子回路構成要素を、グリーンテープの少なくとも一つの外側平面に付着する工程(h)を更に含むもの。

【請求項24】

請求項23に記載の作成方法であって、少なくとも一つの電子回路構成要素が、抵抗体、コンデンサ、可変抵抗器、誘電体、誘導性構造体および金属製導電パターンとからなるグループから選ばれるもの。

【請求項25】

請求項15に記載の作成方法であって、第2スラリーの層の厚さが約20 μm以上であるもの。

【請求項26】

請求項15に記載の作成方法であって、第2スラリーが、更に、少なくとも一つのガラスを含むもの。

【請求項27】

請求項15に記載の作成方法であって、第1スラリーが、更に、核形成剤を含むもの。

【請求項28】

請求項27に記載の作成方法であって、核形成剤が、チタニア、ジルコニア、灰長石、モリブデン酸化物、タングステン酸化物およびマグネシウム・コバルト尖晶石からなるグループから選ばれるもの。

【請求項29】

請求項15に記載の作成方法であって、第1セラミックと耐火セラミックが同じ物質からなるもの。

【請求項30】

多層電子回路あるいは流体圧モジュール用の一体構造物を製造する方法であって、その方法が、各々がx-y方向平面を有する複数のグリーンセラミックテープを準備し、それらのテープに電子回路構成要素を当てがい、z方向にテープを積み上げ、積み上げたテープを積層し、積層したものを加熱してテープから有機バインダを除去し、バインダの無い積層体を共焼成して実質的には、z方向にのみ収縮していて、x-y平面には収縮していない一体構造物を製造するものであって、グリーンセラミックテープを準備する工程が、自己拘束層を備えた少なくとも一つのテープを準備することからなり、共焼成工程が外側か

10

20

30

40

50

らの拘束なしに行われることを特徴とし、少なくとも一つのグリーンセラミックテープが第1セラミック、第1ガラスおよび第1有機バインダとの粒子を含む第1低温セラミック層と、耐火セラミック、メタ珪酸リチウムからなる第1ガラス用湿潤剤、第2有機バインダとの粒子を含む自己拘束層とからなるもの。

【請求項31】

請求項30に記載の製造方法であって、耐火セラミックが、無機酸化物、金属ケイ酸塩、金属炭化物、金属臭化物、金属窒化物および鉱物からなるグループから選ばれるもの。

【請求項32】

請求項31に記載の製造方法であって、無機酸化物が、アルミナ、ジルコニア、チタニア、灰長石、ムライト、ペロブスカイトおよびシリカからなるグループから選ばれるもの。

10

【請求項33】

請求項30に記載の製造方法であって、自己拘束層が、更に、1つ以上のガラスを含むもの。

【請求項34】

請求項30に記載の製造方法であって、第1低温セラミック層が、更に、核形成剤を含むもの。

【請求項35】

請求項34に記載の製造方法であって、核形成剤が、チタニア、ジルコニア、灰長石、モリブデン酸化物、タングステン酸化物およびマグネシウム・コバルト尖晶石からなるグループから選ばれるもの。

20

【請求項36】

請求項30に記載の製造方法であって、第1セラミックと耐火セラミックとが同じ物質であるもの。

【請求項37】

請求項30に記載の製造方法であって、 $x-y$ 平面の収縮が、約1%未満であるもの。

【請求項38】

請求項37に記載の製造方法であって、 $x-y$ 平面の収縮が、約0.2%以下であるもの。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

30

【0001】

本出願は、2001年10月1日出願の米国特許出願No. 60/326,350および2002年3月8日出願の米国特許出願No. 60/326,659の優先権を主張する。

【背景技術】

【0002】

積層セラミックテープの共焼成はマイクロエレクトロニクス産業では周知のモジュール製造方法である。「低温共焼成セラミック(LTCC)」の言葉は多層セラミック回路を形成するための技術のことを言う。この方法では、1枚のテープが有機バインダに均一に分散されたガラスとセラミックとから形成される。特に、このテープの2枚以上が共に積層されて回路を形成する。テープの1つの層から次の層までの電気連結を形成するため、例えば、米国特許第4,654,095 (Steinberg)に記載されているように、配線孔がテープに開けられ、厚いフィルム状の導電性ペースト(のり状のもの)が充填される。

40

【0003】

次の工程で、導電体あるいは抵抗体のような、電子回路の構成要素を形成する、厚いフィルム状のペースト(揮発性有機溶媒中の粉状金属性、セラミック性あるいはガラス性分散物)が、ついで、テープにスクリーン印刷される。完全な回路を形成するのに必要な全てのテープ層が準備されると、構成枚数のテープは、1つの層からの配線孔連結が導電体の追跡すなわち次の配線孔と必ず接触するよう一直線上に並べられ、テープの各層は加熱加圧で積層されて単一の緑色体、すなわちポリビニールブチラールあるいはアクリル材料のような有機バインダで固着された構造体を形成する。

50

## 【0004】

最終セラミック体を形成するため、上記の緑色体は焼成プロフィール(焼成温度条件)で焼成される。このプロフィールは、例えば、約850℃から900℃の最高温度に到って周囲温度に戻る。約350℃から450℃の温度範囲で、緑色体に強さを与える有機バインダは揮発あるいは燃焼する。揮発したガスを逃がすのに十分な時間を与えるため、上記の焼成温度の上昇率(単位時間当たりの温度変化)は、この温度範囲ではしばしば下降する。

## 【0005】

燃焼温度を越えると、焼成プロフィールの上昇率は増加して、その部品が最高焼成温度に達するまで加熱される。例えば、上記のLTCCテープはかなりの量のガラスを含んでおり、この量とガラス軟化点Tgが関連している。ガラスとセラミックの粉末は、温度がLTCCガラスの軟化点以上、即ちテープの最高焼成温度が、例えば、上記のTgを越える100℃から200℃の場合、焼成し始めて緻密体になる。回路体に用いられる厚膜状導電体および抵抗体材料は、有機的に結合した粉末から緻密な焼成構造体へ類似変態をする。それらの部品が最高焼成時間に留まって適切な緻密体に達すると、室温まで冷却される。

## 【0006】

LTCCテープの製造は、例えば、米国特許第5,821,181号(Ursula, et al)に記載されているようなテープ成形技術を用いて行われる。この方法では、セラミックスラリー(乾燥前のテープの無機および有機構成要素の混合物)を、ドクターブレードを用いてポリエステル・フィルム等のキャリアの上に積層させる。テープ製造にこのテープ成形技術を用いる1つの短所は、テープが段々薄くなっていくので厚さの制御が困難なことである。即ち、厚さ、正確さ、分散性が、湿ったスラリーが通過するブレードとバックニング(下地)との間の間隙の測定値である2mil (50 μm)下で成形する際、不確かになることである。よって、層の厚さ、特に内層の制御が困難になり、しばしば不正確になる。

## 【0007】

各層の正確な成形が達成できるが、米国特許第5,102,720号に記載されている、テープを個々に乾燥し、ついでそれらを積層する方法は、不経済である。よって、各層を乾燥し、熱と圧力で積層する、あるいは次の層を乾燥層の上で成形する方法は、製造方法にかなりの費用がかかるうえ、生産高も限定される。

## 【0008】

その他の製造方法は、移動するキャリア・フィルムをスラリーに浸して、このキャリア・フィルムとスラリーとの間にメニスカスを生じさせる。然しながら、湿った有機バインダとフィルムとの間で毛管力によって生じたメニスカスは、バインダをポリエステル・フィルムに固着させる。よって、他の方法と同じように、一つの層を一時乾燥させ、湿った層を乾燥層のうえで成形し、あるいはその後熱で積層させることが必要である。既知のLTCCテープの製造方法では短所があるので、この分野では、生産高を最大にし、層の厚さを緻密に制御できる、LTCCテープの改良された経済的な製造方法が必要とされている。

## 【0009】

そのLTCC技術はマイクロエレクトロニクス回路産業を越えて進歩して、現在色々に応用されている。LTCCの1つの重要な貢献は、多層テープを用いて3次元構造体を創ることができることである。例えば、生体医学装置産業は、室内での薬剤搬送システムに用いられるパート・ポンプを作動させるための凹所および通路の製造にLTCCを利用している。また、生物学および化学的材料の自動テストを容易にする生物学テストモジュールも実現している。

## 【0010】

遠隔通信産業界においても、集積光学電子モジュールが必要とされており、LTCCによれば、光学ファイバを駆動電子と共に簡単に焼成できる。よって、金属被覆、凹所、配線孔および通路を含む中規模構造体の共焼成はLTCCの主要特徴である。

10

20

30

40

50

## 【0011】

L T C C 中規模システムは、電気および流体等の 2 つ以上の媒体を、センサ、アクチュエータ(作動機)、相互連結、制御および／または信号処理によって処理することの出来る小さなパッケージ(完成品ユニット)である。小型化が、この技術の最大の駆動要因の 1 つであり、よって、数個の構成要素が一体構造物に挿入されるシステムーインーパッケージ(S I P)が可能となる。

## 【0012】

L T C C テープの魅力的な特徴は、集積回路を入れるための凹所を作製できることである。例えば、図 1 A に示されているように、単一の電子モジュール 1 5 は、凹所 1 5 A、金属製配線孔 1 5 B および金属製回路追跡線 1 5 C を、セラミック・一体構造物の表面上に含んでいる。図 1 B は、複数のマイクロエレクトロニックモジュール 1 5 を配列したパネル領域 1 7 を示す。パネル 1 7 は、全体として形成され、処理されて、個々のモジュール 1 5 に切断される。

## 【0013】

凹所により、モジュールは低い輪郭を保持できるが、保密のため蓋を頂部に乗せても良い。然し、表面あるいは犠牲的拘束焼成の間は、以下に説明するように、凹所の壁が、くびれと称する現象を呈する。くびれとは、頂面の界面から、焼成された基板面の底部までにいたる垂直の曲がりである。犠牲的に拘束された構造物の焼成中は、頂部から底部まで、煎断応力および同面引っ張り応力により応力が配分される。拘束された界面では顕著に応力が高くなっており、焼成された基板の中央に向け z 軸に沿っていくと、同面引っ張り応力に対向する拘束力が殆ど無くなっていく。よって、単一体の中央部が顕著に高密度化していき、上記の垂直の曲がりが生じる。界面に応力がより高く分布する結果、通常、層間剥離あるいは越し折れが生じる。上記の特性は、特に、セラミック構造物に凹所あるいはその他の高精度部品を造る際は望ましくない。

## 【0014】

L T C C 技術が多数の応用されているにも拘わらず、L T C C 方法は幾つかの短所がある。先ず、焼成中はセラミック単一体の寸法に顕著な変化がある。即ち、L T C C 構造物の構成粉末が、従来の非拘束あるいは自由焼成中緻密化する際、全ての寸法に収縮が生じる。その幅あるいは長さの(x-あるいはy-方向)に横断してのテープの収縮はほぼ同一で積み上げられたテープ層(z方向)の厚さを介しての収縮とは極僅かに異なっている。通常、焼成後の構造の寸法は焼成されていない緑色の状態の大きさの約 84% から 87% である。この変化とこれに関連する変化は従来の L T C C の使用にとって幾つかの短所となる。

## 【0015】

先ず、x-y 方向における収縮、 $S_{x,y}$  は、非拘束回路を創るのに用いられるグリーンテープの領域が、最終焼成領域よりも大きい因子、 $1/(1-S_{x,y})^2$  であることを必要とする。よって、自由焼成回路を創るのに用いられるグリーンテープの領域は最終回路より約 25% から 40% 大きくなくてはならない。

## 【0016】

非拘束焼成の第 2 の短所は、自由焼成回路で生じる幾何学的正確さが失われることである。この正確さが失われることにより、単一の L T C C パネルサイズ、即ち、単一の L T C C 基板に埋め込まれる多数列のモジュールからなるサイズの中に、多数のマイクロエレクトロニック単品あるいは各モジュールを製造する可能性を制限する。特に、このサイズは、平面(xおよびy)の方向における収縮は、通常 10% から 15% と、その変動値、例えば、約  $\pm 0.2\%$  から  $\pm 0.4\%$  に制限される。この変動値は、L T C C 回路あるいはこの回路に置かれる装置の大きさが増加するにつれて、あるいは相互連結間ピッチ(パッケージ上の連結同士間の空間)が減少するにつれて、段々問題になってくる。例えば、パネル・サイズの寸法が 8 インチ  $\times$  8 インチ (203mm  $\times$  203mm) の場合、その変動値の結果、約  $\pm 16\text{mil}$  (41  $\mu\text{m}$ ) の位置の不正確さになる。

## 【0017】

焼成中、L T C C の収縮が不正確だと外側の部品が意図する公称位置に対して変位する。焼成後の導電体あるいは抵抗体のプリントのような焼成後の処理あるいは導電体にハンダをプリントするのに用いられるアートワークは意図する公称位置に基づいている。例えば、収縮の不正確さにより層同士間の配線孔連結の欠如あるいは、ずれ故適切な電気接触が出来なければ、回路部品の実際の焼成位置と公称位置との間に過剰な距離がある場合回路不良を生じさせることになる。あるいはまた、アートワークの特徴が大きくなって、そのような収縮変化を許容できても、回路密度は減少する結果になる。

#### 【0018】

上記の問題は、セラミック製単一構造体に埋め込まれた構成要素を共焼成する可能性および／またはその中に歪みのない凹所を創る可能性を制限する。これらの問題により、焼成工程中のセラミックパネルの寸法の不正確さを減少させるため、マイクロエレクトロニクス産業界を拘束方法に頼るよう駆り立てた。上記の収縮問題に対応しこれを回避しようとして、種々のそのような拘束方法がこの業界で用いられた。

10

#### 【0019】

例えば、圧力で補助する焼成および外側の負荷をセラミックテープのモジュールにかけることが米国特許第4,340,436号に記載されている。また、x-y寸法を含むセラミックパネルの周囲を機械的にクランプすることが、ヨーロッパ特許第0243858号に記載されている。

#### 【0020】

この種の方法は、製造業者に幾つかの潜在的問題および短所をもたらす。プラテン(天板)の存在によりL T C C の表面と直接接触する導電体あるいは抵抗体に機能上の欠陥を生じさせるので、プラテン接触ジオメトリ(幾何学的配置)は注意深く制御しなければならないし、グリーンテープと整列させなければならない。機械的なクランプ技術では、異なる回路には異なるプラテンの設計が必要となる。最後に、バッチ的に焼成される拘束された構造体各々に別のプラテンを用いなければならない。

20

#### 【発明の開示】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0021】

また、焼成後、簡単に取り除ける、L T C C パネルに取り付けられる多孔性接触シートの使用が米国特許第6,139,666号に記載されている。また、米国特許第6,205,032号および米国公開公報第2001/0018797号に記載されているように、付着した層を追加の焼成を用いて拘束する拘束用セラミック・コアの使用を図っている。

30

#### 【0022】

L T C C 回路のx-yジオメトリを拘束するもう1つの技術では、犠牲的拘束テープ層をL T C C 回路体の頂面と底面とに積層させる。この技術は、例えば、全てMikeska, et al.の発明に係る米国特許第5,085,720号、同第5,254,191号、同第5,383,474号および同第5,474,741号に記載されている。犠牲テープ層は、それ自体L T C C 焼成工程では焼結しない多孔性、高温耐火性セラミック粉末から形成される。その犠牲テープは焼成プロフィールでは焼結も緻密化もしないので、その緑色状態のジオメトリを維持する。

40

#### 【0023】

然し、犠牲的耐火テープがその下のL T C C テープのx-yジオメトリを拘束するためには、少なくとも2つの条件を満たされなければならない。第1に、材料を機械的に結合するため2つのテープ材料間に十分な摩擦がなくてはならない。第2に、L T C C 焼成中に犠牲テープの耐火構成要素を溶かし、焼結させ、緻密化させるL T C C テープのガラス構成要素は、犠牲テープ層を飽和させてはならない。

#### 【0024】

上記の外側からの拘束方法の全ては、重大な欠点を持っている。例えば、圧力で補助される焼成及び周囲からの拘束は、セラミックの機械的収縮を防止するため炉を特別に適合させるか、外側の装置が必要である。その他の方法は凹所用テープを形成するため耐火性

50

セラミック多孔性型材の作製を必要とする。

【0025】

最後に、犠牲的テープ方法を用いる製造業者には幾つかの潜在的問題が存在する。焼成後、犠牲的テープ層は回路体から、その後の製造過程を渉外しない程十分にだが、残りのLTCC体を損傷するほど強くはなく、取り除かなければならない。機械的クランプ技術のプラテンのように、犠牲テープは、LTCC回路体の表面に置かれる導電体あるいは抵抗体と適合しない。よって、これらの表面部品は、犠牲層を取り除いた後プリントし、焼成しなければならない。これにより、製造ラインの方法工程の数が増え、その後の焼成費用が高くなる(炉の費用)。方法の産出高および簡素化の点から見て、これらの部品をグリーンテープ上にプリントしこれらを回路の残りと共に焼成することが好ましい。また、犠牲テープは、焼成後、殆ど機械的強さを持たないので、LTCC回路の本体に組み込むことができない。これにより、拘束の度合いは、拘束層からの距離が増えると悪化するので、この方法で拘束できる本体の厚さが制限される。最後に、耐火性セラミック犠牲テープの接触シートはLTCCテープの表面を汚染する可能性を持っており、犠牲層の除去あるいは掃除および磨耗は各モジュールのコストの一因となりそれに反映される。

10

【0026】

よって、現在用いられている方法の欠点と制限とを有しない、低温での共焼成セラミックの拘束焼成方法がこの業界で必要とされている。そのような技術は、配線孔を開けている間およびプリントしている間設定されたx-y寸法を確実に維持しなければならない。加えて、その方法は、セラミック部分での寸法の不正確さを減少させ、寸法誤差およびずれを回避するため、回路展開および製造工程の多くを無くさなければならない。

20

【課題を解決するための手段】

【0027】

低温セラミック共焼成にもちいられ、x-y平面とz方向の厚さを有するモノリシック(一体構造)・グリーンテープが提供されている。このテープは第1セラミック、第1ガラス、第1有機バインダの粒子を含む1つ以上の低温セラミック層と、耐火セラミックと、上記の第1ガラス用湿潤剤および第2有機バインダとの粒子を含む少なくとも一つの自己拘束層とからなる。耐火セラミックは、低温セラミック層の焼成温度で焼結せず、低温セラミック層の焼成温度でグリーンテープを焼成すると、上記の層状体はz方向に緻密化するが、外側から拘束しなくてもx-y平面での収縮は約1%未満であり、第1ガラスの湿潤剤がメタ珪酸リチウムである。

30

【0028】

緻密で、モノリシックで、低温共焼成され、自己拘束され、多数の構成要素からなり、積み上げられた2層以上の多層セラミック基板、特に、上記の一体構造のグリーンテープで、各々の上に少なくとも1つの電子回路構成要素が取り付けられているものからなる構造物が提供されている。各基板は、第1セラミックと、第1ガラスとの焼成粒子を含む少なくとも一つの低温セラミック層と、耐火セラミックと、第1ガラスの湿潤剤との粒子を含む少なくとも一つの自己拘束層とからなる。上記の耐火セラミックと湿潤剤とはすくなくとも部分的に第1ガラスと融合する。

【0029】

一体構造で、多層のグリーンテープの製造方法も提供されている。

この方法は、

(a) 第1セラミックと、第1ガラスと、第1有機バインダと第1溶媒との粒子からなる第1スラリーを形成し、

(b) 耐火セラミックと、第2有機バインダと、第2溶媒との粒子並びにメタ珪酸リチウムからなる第1ガラス用の湿潤剤で構成してなる第2スラリーを形成し、

(c) 第1スラリーと第2スラリーとの一方からなる第1層をスロット型を介してキャリアに積層し、

(d) 第1スラリーと第2スラリーとの他方からなる第2層を、上記の一方のスラリーが、まだキャリア上で湿った状態にあるが、上記の第1層と第2層とが実質的に分離して

40

50

いる間に、スロット型を介してその一方のスラリーに積層し、

(e) 積層したスラリーを乾燥して、溶媒を実質的に取り除くが、バインダは取り除かないことからなる。

#### 【0030】

最後に、多層電子回路あるいは流体圧モジュール用の焼成されたモノリシック構造体を製造する方法であって、各々 $x-y$ 平面を有する複数のグリーンセラミックテープを準備し、電子回路構成要素をそのテープに当てがい、そうしたテープを $z$ 方向に積み上げ、積み上げたテープを積層し、積み上げて積層したテープを加熱してテープから有機バインダを取り除き、バインダを取り除いた積層体を共焼成して、収縮が実質的には $z$ 方向におきているが $x-y$ 平面にはおきていないモノリシック構造体を製造するものにおいて、グリーンセラミックテープを準備する工程が自己拘束層を備えた1つ以上のテープを準備することからなり、共焼成工程が外側から拘束されることなく実施されることを改良点として提供されている。

10

#### 【発明を実施するための最良の形態】

#### 【0031】

以下の本発明の詳細な説明は、添付の図面と共に読むとより良く理解できる。本発明を図示するため、図面には現在好ましい実施例が示されているが、図示されている正確な装置および手段に限定されない。

図1Aは、凹所と頂部のプリントされた金属製導電体と配管孔とを特色とする代表的な単一モジュールの略斜視図をしめし、図1Bは、図1Aの幾つかの多層のマイクロエレクトロニクス・モジュールを組み込んだパネルの略平面図を示す。

20

図2は、本発明に係る3層テープの概略横断面図を示し、図3は、本発明に係る3層テープの厚さ率に対する収縮制御の相互関連のグラフを示している。

図4A、図4B、図4C、及び図4Dは、本発明に係る自己拘束型多構成部品構造体の略横断面図を示し、図5は、本発明に係る湿式(wet on wet)セラミック同時積層方法の概略図を示している。

#### 【0032】

上で説明したように、電子モジュール産業界は収縮の問題の経済的で、手間のかからない解決策を未だ発見していない。理想的な解決策は、通常のLTCCのように、積み上げ、積層、プリントおよび配線孔充填のような方法工程で処理される単一の収縮しないセラミック材料である。けれど、そのテープを標準のLTCC温度で金属被覆すると同時に共焼成すると、その長所はもっと大きくなる。更に、高周波における低誘電性損失ならびに能動的小および受動的構成要素の統合のような問題を解決できると共に、パネルのサイズが大きくなるにつれて寸法が不正確にならないようにできる単一のテープも、また、望ましい。

30

#### 【0033】

本発明はこれらの目的を達成するものであり、特に、一体構造のグリーンテープを提供するものである。このテープは、マイクロエレクトロニクスのように応用される、埋め込まれた導電体パターンを含む多層セラミック構造体の構成に用いられる。以下にもっと詳細に記載するように、このグリーンテープは従来の単一層LTCCテープと同様に処理されるが、焼成後も幾何学的 $x-y$ 寸法を維持する。その理由は、テープそのものが自己拘束されているので、現在実施されている外側から拘束する焼成製造技術が直面している幾つかの問題を軽減するからである。例えば、本発明による自己拘束されたグリーンテープは、これから形成される構造体の平面性を改善でき、表面導電体、表面抵抗体、表面誘電マスク、埋め込まれた受動/能動構成要素および内側の凹所とを含む、従来の圧膜フィルム金属被覆物から構成されたセラミック多層回路と個々のモジュールの構造に用いられる。本発明により改良されたテープは、また、ハンダ付け性、接着性、導電性および抵抗性を含む、その中あるいはその上にプリントされた金属製導電パターンの特性を高める。

40

#### 【0034】

[グリーンテープ]

50

低温共焼成用の単一グリーンテープは“自己拘束型”と称する。その理由は、以下に更に詳細に説明するように、実質的に、焼成中は、x-y方向にテープの収縮は起こらず、よって、本目的を達成するため外側からの拘束が必要でない。このテープは2層以上からなる。第1層は、第1セラミックと、第1ガラスと、第1有機バインダの粒子を含む低温セラミック層である。低温セラミック層を構成するセラミックとガラスとは共に、低温セラミック層の“無機組成物”と称され、その組成はグリーンテープの最終用途によって決定される。第1層の無機組成は当業者には既知の従来のLTCCのものや、特定の用途に変形されたLTCCテープの組成あるいは新規の組成でもよい。よって、第1層は“低温セラミック”あるいは“LTCC”層と称する。

#### 【0035】

##### [ガラス]

上記の低温セラミック層に用いられる特定のガラスはグリーンテープの所望の用途に基づいて選択される。ガラスは、単体酸化物からなる非晶物であり、その単体酸化物の性質が、T<sub>g</sub>(ガラスの遷移温度)、粘度、多孔性、透明性、比誘電率および熱膨張係数(TCE)等のガラスの物理特性を決定する。そのようなガラスの物理特性は所望の特定の用途により制御される。例えば、ガラスは、焼成中適切な熱処理で失透して、その構造が結晶状になる。ガラスは、また、焼成温度でテープ中の耐火構成要素と反応するよう処理でき、こうして高周波では低誘電性損失等の特性を備えた異なる結晶相を生じさせる。その他の用途として、コンデンサ用に高い誘電率を与えるよう処理できる。本発明で用いられるガラスの最も重要な物理特性は、その粘度と湿潤角度であり、これらは、当業者により幾つかの無機酸化物の組み合わせ物と混合して変化させることができる。ケイ酸塩ガラス(これに限定するものではないが)のようなこの分野で既知のどの種類のガラスでもLTCC層中に用いることができ、より好ましくは、ホウケイ酸鉛、ホウ珪酸カルシウム等のホウ珪酸ガラス、あるいはホウ珪酸リチウムガラスである。

#### 【0036】

##### [セラミック]

LTCC層での第2無機材料は、セラミックであり、このセラミックはガラスより高い融点温度を有し、ガラスの補完剤として使用される。セラミックの幾つかはガラスと反応させるためのものである一方、セラミックは、また、充填剤としての役割をなす。セラミックは、また、強度、TCE(熱膨張係数)、あるいは熱周波数係数(Tf)、即ち温度変化に対する周波数応答のシフト等の、グリーンテープの全体的特性に影響を与える特別な目的を有する。セラミックは、例えば、アルミナ、チタニアあるいはシリカのようなものでよいが、当業界で既知の多くのセラミックが低温セラミック層に含めるのに適切である。

#### 【0037】

##### [核形成用剤]

好ましい実施例では、LTCC層の無機組成物は更に核形成剤を含む。核形成剤は、通常、LTCC層の無機組成に組み入れられ、焼成すると、ガラス構造体の一体部分となる貴金属あるいは遷移金属の酸化物である。核形成剤は、焼成工程中ガラスが失透して所望の結晶相を形成するのを早め、その所望の結晶相の体積密度を増加させ、あるいはより多くて、より小さい結晶粒子を形成させて結晶構造の粒子サイズを制御するのに用いられる。好ましい核形成剤はチタニアで、これは、LTCC層と自己拘束層との間の多孔度を減少させるのに効果的な量そのLTCC層に含められる。その他の核形成剤、例えば、ジルコニア、灰晶石、モリブデン酸化物、タングステン酸化物、マグネシウム・コバルト尖晶石、あるいはそれらの組み合わせ物も、また、低温セラミック層に含められる。どの核形成剤を選択するかはLTCC層に存在するガラスとセラミックとの特定の種類次第である。

#### 【0038】

理論に縛られたくないが、グリーンテープを焼成すると、以下に記載するように、核形成剤の存在により、新規な結晶構造を有する新規なセラミック材料がLTCC層に形成されるものと思われる。この新規な材料により、グリーンテープから形成される最終生産物

が素晴らしい誘電性特性を呈する。一実施例では、核形成剤がチタニアで、焼成すると灰長石がL T C C層に形成される。核形成剤が無いと、焼成された材料は、大きな容積密度の所望の結晶相を有するよりむしろ、よりガラス化する。このガラス化した材料は所望の誘電性特性を有さず、結晶相より弱くなる傾向にある。更に、銀は、結晶材料中よりガラス化材料中の方がはるかに移動性が高いため、銀の導電体を用いて、グリーンテープから形成された回路の信頼性に悪影響を及ぼす。然し、L T C C層中のガラスがあまりに早くあるいはあまりに完全に失透すると、また、問題が発生する。特に、結晶相は焼成中材料の流れを阻害するので、結晶相が早く現れすぎると拘束層にガラスが十分に流れず、緻密な構造が形成されない。ガラス含有量が低すぎるL T C C材料は、より多くのガラスを含んだ材料より表面粗さが高くなり、この表面粗さが幾つかの用途には問題を生じさせる。無機組成物に核形成剤が存在するとこれらの潜在的問題の幾つかを軽減する。

10

#### 【0039】

また、チタニアのような核形成剤をL T C C層の無機組成に含めると、その粘度と、L T C C層と自己拘束層との間の多孔性（面間多孔性）とに積極的に影響を与えらる。核形成剤があまり多すぎると、その結果面間多孔性が過度になり、開放通路を形成してしまう。これらの開放通路は構造体の機械的強さを減少させ、水が焼成された構造体に浸透して信頼性について深刻なリスクとなる。高度の多孔性(100%)は、また、多層構造体の層間剥離を生じさせて、その構成層に分離させてしまう。通常、焼成された構造体の多孔度の全容積画分を減少させることが望ましい。また、存在する多孔性は、連結した通路より分離した気泡状であることが重要である。L T C Cの無機組成物中に7%のチタニアを含めると多量の望ましくない開放面間孔が形成する。チタニアの量を約5%に減少させると、面間多孔度は減少するが、でも開放孔が幾らかの領域に残る。然し、L T C C層に2.7%のチタニアしか含めないと面間多孔度を所望のレベルに減少し、開放孔を無くしてしまう。チタニアの含有量を更に減少させると、焼成構造体の密度を更に改善するが、焼成L T C C層中のガラスの含有量が望ましくない程高くなる。

20

#### 【0040】

##### [有機バインダ]

低温セラミック層の最終構成要素は、有機バインダで、この中にガラスとセラミックの粒子が懸濁される。この有機バインダは、高分子樹脂と、可塑剤および／または分散剤からなる。有機バインダの構成要素は、約100から約500℃の温度で分解するか燃焼し尽すか蒸発する。この有機バインダは、例えば、米国特許第4,769,294号、同第5,387,474号および同第4,536,535号に記載されているような工業標準のL T C C化学形態に基づくか、グリーンテープの特定の無機組成および所望の用途に基づいて改良してもよい。有機バインダの各構成要素は、通常グリーン・ハンドリングとして知られている、テープの特定の特徵に影響を及ぼす。これらの特徴には、キャリア・フィルムの剥離、結合率、脆性、強固さ等のパラメータを含む。これらバインダの構成要素の選択と調節は当業者の技術範囲内である。

30

#### 【0041】

例えば、焼成時のテープの収縮は高分子樹脂の選択によって影響される。代表的な高分子樹脂は多くの種類の高分子材料を含む。例えば、ブチラール、セルロース、シリコン重合体、アクリル化合物、高分子ポリエステル、アクリル重合体、共重合体および多重重合体である。重合体の性質に関係なく、固体の有機体に対する割合を最大にするため出来る限り少ないバインダを用いることが望ましい。こうすると粒子重装(packing)を改善し、焼成時の収縮を減少させる。然し、テープの処理特性、例えば、脆性とグリーン剥離(緑色シートが焼成前に剥離すること)が低下するのを回避するため、約80重量%の固体には約20重量%以下のバインダを用いることが好ましい。

40

#### 【0042】

本発明のグリーンテープの第2層は、また、自己拘束層と称される。ここで用いられているように、“自己拘束”の言葉は、自己拘束層が、外側からの拘束の必要なしに焼成中x-y方向に少なくとも一つの隣接L T C C層を拘束できる能力のことを言う。外側の拘

50

束とは、緑色体に加えられる外側からの物質あるいは物理的拘束等である。ここで用いられている“外側からの拘束”とは緑色体層のx-y平面の拘束を遂げるため緑色体に加えられるが、焼成後は取り除かれる物質、装置あるいは力のことを言う。外側からの拘束は多層緑色体の内側に加えられると考えられるが、焼成後は、モノリシック構造体の一部として残らない。それに対し、本発明の自己拘束層は焼成されたモノリシック構造体と一体の部分として残る。

#### 【0043】

この自己拘束層は、耐火セラミックと、第1層中のガラスの湿潤剤と、有機バインダとの粒子を含む。このバインダは、前に述べたように、高分子樹脂と可塑剤および／または分散剤とを含む、第1層中のバインダと同じでも異なるものでもよい。然し、自己拘束層中の有機バインダは、グリーンテープを形成するのに用いられる低温セラミック層中の有機バインダと同じ組成を有することが好ましい。自己拘束層の有機バインダは、また、既知の化学形態でもよいし、あるいは自己拘束層の無機組成物に基づいて考案されたものでもよい。

#### 【0044】

##### [耐火セラミック]

耐火セラミックは、低温セラミック層の焼成温度、例えば、約750から約900℃では焼結しない。本質的には、どの高融点材料でも適切であり、これには、軟化点が約1000℃以上、より好ましくは、1500℃以上である結晶性あるいは非晶性の高融点ガラスあるいは高温ガラス材料が含まれる。特に、耐火セラミック材料は、絶対(Kelvin)焼成温度の約1.3倍以上の融点を有するのが好ましい。例えば、自己拘束層に用いられる、好ましい耐火セラミックは、無機酸化物、金属珪酸塩、金属炭化物、金属臭化物、金属窒化物、鉱物および塩である。耐火セラミックの例には $Mg_xO_y$  (マグネシア)、 $Be_xO_y$  (ベリリア)、 $Al_xN_y$  (窒化アルミニウム)、 $B_xN_y$  (窒化ホウ素)、 $BaO \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$  (セルシアン)、 $CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$  (灰長石)、 $2MgO \cdot SiO_2$  (クドカンラン石)、ホウ化カルシウム、チタン化バリウム、あるいは $CaO \cdot SiO_2$  (珪灰石)を含む。これらの化学式では、xとyとは特定の元素の相対的割合を示す。ペロブスカイトもまた本発明の耐火セラミックとして用いられる。“ペロブスカイト”の言葉は、当業者には、 $CaTiO_3$ 、 $BaTiO_3$ 、 $SrTiO_3$ のような化学式 $ABO_3$ と $LaAlO_3$ とを有する無機酸化物のファミリーを記載するものと当業者には理解される。最も好ましい耐火セラミックは、アルミナ、ジルコニア、チタニア、シリカ、灰長石、ムライトおよびこれらの誘導体のような無機酸化物である。

#### 【0045】

好ましい実施例では、グリーンテープの自己拘束層における耐火セラミックとLTCC層におけるセラミックとは、形成された構造体の所望の材料相溶性(熱膨張係数の合致等)とガラスとセラミックとの間の化学的相溶性を考えて同じ材料であるので、焼成工程中ガラスとセラミックとの間の反応によって望ましくない相が形成しない。

#### 【0046】

##### [湿潤剤]

グリーンテープの自己拘束層の無機組成物の第2構成要素は、LTCC層のガラス用の湿潤剤である。湿潤剤があると、グリーンテープを焼成する際、LTCC層から他方の微小多孔性自己拘束層へのガラスの流れを促進してセラミックのマトリックスを形成する。例えば、シリカや、酸化リチウム、酸化ナトリウム、酸化カリウム、酸化セシウム等のアルカリ金属酸化物および珪酸塩(アルカリ金属およびアルカリ土類金属の両方)が、本発明の好ましい湿潤剤であり、メタ珪酸リチウム( $Li_2SiO_3$ )が最も好ましい。然し、特定のグリーンテープ用の特定の湿潤剤は、第1層に用いられる特定のガラスに基づいて選択され、当業者が知っているどのガラス用の湿潤剤でもよい。特に、湿潤剤は、LTCC構造体を焼成するのに用いられる温度、例えば、約850℃から約900℃の温度では第1ガラスによって溶解されないのが好ましい。湿潤剤がなければ、ガラスは十分に自己拘束層に浸透していかない。

## 【0047】

湿潤剤が無い場合は、自己拘束層は、多層テープのその構成層への剥離を回避するため非常に薄くなくてはならない(約20 μm以下)。メタ珪酸リチウムのような湿潤剤を組み込むことによって、ガラスのセラミックへの移動が増加し、層間剥離しない、より厚い層状物が作製される。以下に説明するように、より厚い層状物のほうが、焼成時x-y収縮を軽減するのにより効果的である。

## 【0048】

過剰のガラスあるいは可動浮遊ガラスの制限と焼成されたテープの表面のガラスの量の減少とが本発明の重要な面である。従来のガラス・セラミックLTCCテープの焼成中は、テープのガラス粒子の全てが反応し結晶化しないで、ある割合の不反応ガラスが浮遊したまま残り、よってテープの表面に向けて移動する。ガラスの移動あるいは不反応ガラスの制御は表面の金属被覆を共焼成する際特に望ましくない。焼成中は、伝導体追跡およびパッドを構成する金属製無機粒子中に高密度化が生じる。ガラスが導体に移動して流れ込んでいくと、表面に取り付けられる構成要素に導体がハンダ付けできなくなる。更に、金属被覆に非導電ガラス相があると導電性も弱められる。同じ原理が表面にプリントされる抵抗体にも当てはまる。抵抗体における抵抗は、焼成中抵抗体にガラスが移動するにつれて変化する。よって、テープの外層へガラスが移動するのを防ぐことが望ましい。

## 【0049】

従って、本発明の3層テープにおける中央の層の厚さの正確さにより、過剰なガラスがテープの表面に移動するのを制御できる。この過剰なガラスは、中央の層の厚さで制御される量テープの中央に含められ、よって、表面にプリントされる部品の導電性と抵抗性が顕著に良くなる。

## 【0050】

グリーンテープの自己拘束層での粒子結合(packing)は高い方が望ましい。粒子結合は、また、結合密度として知られており、固体粒子の容積画分のことを言い、粒子のサイズ、形および分布により決定される。耐火セラミックの粒子サイズは広範囲にあるのが好ましい。より小さい粒子の存在は圧縮強さをよくし、よって、より大きな粒子間接触が自己拘束層の容積密度を良くする。更に、最大の結合密度を得るには、不規則な形をした耐火固体粒子を60容量%以上有することが好ましい。

## 【0051】

一実施例では、1つの自己拘束層は更に1つ以上のガラスを含み、このガラスは当業者の知っているどんなガラスでもよい。このガラスは湿潤剤の作用をなす。前に述べた湿潤剤とは違って、自己拘束層に使用されているガラスはLTCC層に使用されているガラスに溶け込んでいく。よって、ガラスは、自己拘束層の耐火セラミックの平均粒子サイズの約1/10の平均粒子サイズを有するのが好ましく、そうするとガラスの塊がテープの積層中大きなセラミック粒子同士の隙間位置に押し込められ、ガラス粒子が溶ける際生じる収縮を軽減できる。

## 【0052】

好ましい実施例では、図2に示されているように、グリーンテープ体は2枚の第1低温セラミック層あるいはLTCC層に挟まれた1枚の自己拘束層を備える。このような3層構造体では、各層を上層、中間層及び下層と言う。図2に示されている3層構造体は、上方の低温セラミック層20と、中間の自己拘束層22と、下方の低温セラミック層24とを含む。一実施例では、上下の低温セラミック層はほぼ同じ組成を有する。

## 【0053】

中間の自己拘束層は約20 μm以上の厚さを有するのが好ましい。中間層の厚さはグリーンテープの収縮に重要な影響を及ぼす。図3は、3層のグリーンテープの層の厚さの比に対する5インチX5インチ(約12.7cm×12.7cm)のパネルサイズに対するx-y収縮率を示すグラフである。中間層の厚さが上下層の厚さの合計に対し増加するにつれ、x-y収縮が減少することが分かる。例えば、5.3mil(135 μm)の厚さの3層テープでは、12.5 μmの厚さの中間自己拘束層だと0.5%の収縮率であり、30 μmの厚さの中

間層だと0.17%の収縮率となる。

【0054】

約750℃から約900℃のような、低温セラミック層の焼成温度でグリーンテープを焼成すると、テープの各層はz(厚さ)方向に高密度化するが、層のx-y面での収縮は約1%未満であり、より好ましくは約0.2%以下である。

【0055】

理論に束縛されたくないが、焼成時のx-y面での低収縮は以下のように説明される。焼成中、層から有機バインダが揮発した後、LTCC層の無機構成要素が焼成され、高密度化し始め、ガラスの粒子の粘度が顕著に減少し、ガラスの粒子が化学的に反応し、結晶化(失透)し始める。更に、粒子サイズが増加し、孔の形と大きさが変化して、その結果圧縮された粒子が高密度化する。同時に、中間層における粒子同士の毛管力と自己拘束層のガラスとその他の材料との間の湿潤力とにより、ガラスが十分な粘性を有すると、自己拘束層に流れ込んでいく。好ましい高結合密度、自己拘束層における高固体含有量、内在する粒子間接触、層同士の摩擦の結果、グリーンテープは強制的にz方向のみに高密度化する。

10

【0056】

そのような低収縮レベルを達成するためには、テープの特定の構成要素は互いに補完するように注意して選択されなければならない。例えば、LTCC層のガラスは、誘電定数、保密性、焼成の可能性、反応性および結晶化性等の誘電特性の要件を満たさなければならない。第2に、ガラスの耐火セラミックに対する粘性と濡れ性(附着性)のような特性が重要である。ガラスの濡れ性は液体と固体の界面、すなわち粘性ガラスと耐火セラミックとの界面の付着による。最後に、耐火セラミックの密に結合した多孔構造体が重要である。前にも述べたように、耐火セラミックの結合の性質により、ガラスの、自己拘束層の密に結合した耐火セラミックへの浸透が行われると共に、制御される。

20

【0057】

グリーンテープの2つ以上の層に加えて、テープの少なくとも一つの外側平面に付着される少なくとも一つの電子回路構成要素を備えてもよい。例えば、抵抗体、コンデンサ、可変抵抗器、誘電体、金属性導体パターン、あるいは、強磁性要素あるいは鉄偏析要素を有するあるいは有さない誘電体あるいは変成器のような誘電構造体であるが、これらに限定するものではない。誘電構造体とは導電体を流れる電流が導電体の周りに磁界を生じさせ、その結果電流の変化(インダクタンス)に対向する電圧となる構造体を記載するものと、当業者は理解する。その他の回路部品あるいは受動構成要素も、また、使用できる。例えば、導波管、表面弾性装置、共振器あるいはミキサである。更に、半導体装置もグリーンテープの表面に取り付けられる。また、グリーンテープの製造中層状物の1つ以上の内面に回路構成要素を当てがうことも考えられる。

30

【0058】

本発明による多層グリーンテープの好ましい製造方法は、同時湿式(wet on wet)セラミック方法である。この方法では、層は以下に記載するように、スロット型により当てがわれる。然し、どの既知のテープの形成方法も使用できる。例えば、複数の層をドクター・ブレード(塗布機)を用いて、あるいはノズル噴霧のようなその他のすべり(slip)積層法によって湿式方法でキャリアに当てがうことができる。3層の濡れたテープを殆ど逐次的に安定剤を用いてあるいは複数のドクター・ブレードを用いて逐次的に成形することができるが、前にも述べたようにテープ成形技術には、多層テープの中間層の厚さの制御が難しく、しばしば不正確になる短所がある。別の方法では、層状物を形成し、濡れた状態か乾燥した状態で積み上げるが、費用が高つく。

40

【0059】

本発明のグリーンテープは自己拘束されているので、LTCCテープの処理業界では既知の一般的方法が、追加の拘束機構の必要なくLTCCテープから構造体を製造するのに用いられる。よって、この新規なグリーンテープは、寸法誤差およびずれを回避するため必要な回路展開および製造工程の多くを削除することによってセラミック物質における寸

50

法上の不正確さの原因と取り組んで、製造コストを下げている。更に、本発明は表面に外側から拘束材料を取り付けも積層することもないので、表面の導電体を誘電テープと共に共焼成でき、よって、焼成サイクルの数を減らしている。

#### 【0060】

本発明のグリーンテープの目立った特性は、表面導電体の共焼成の際焼成された基板の反りの制御と平面性に関する。“反り”の言葉は焼成された基板が $x-y$ 平面から曲がることを言い、例えば、或る距離に亘っての $z$ 方向における最大の偏向点により定量化される。反りは、導電体と誘電テープとの間で焼成率が合致しないことにより生じる。普通の非拘束テープを焼成中は、焼成率の不一致が誘電体にせん断応力を引き起こすと思われる。これらの平面内の引っ張り応力に焼成中の柔らかい弾性テープでは対抗できなくて、アーチ状に曲がる。本発明によるグリーンテープの中間の自己拘束層の密度の高い結合構造と固体組成物により、層の内在する頑丈さが導電体の焼成率の不一致を克服し、その結果、テープに課される力に対抗できる。後からテープに流れ込んでいく低温セラミック層のガラスは、この内在する強さを補強する。

10

#### 【0061】

同じ原理が透き通し(show-through)にも当てはまる。透き通しとは、特定のプリントされた部品の反りあるいは曲がりである。透き通しは、例えば、部品の距離に亘る最大の偏向によって定量化される。本発明の自己拘束テープは、種々の銀ペーストと異なる焼成率を用いて事実上反りや透き通しがゼロであることが分かった。

20

#### 【0062】

前にも述べたように、従来の拘束方法では、LTCCテープから作製された構造体には、集積回路をその中に入れるには望ましくない凹所を含むという特性が生じる。本発明による自己拘束グリーンテープを用いると、曲がりのような特性を克服する。特に、自己拘束方法では、平面内の応力あるいは力が局部化され、構造体の全体に亘って均一に配分されるので、凹所とその周壁をほぼ真っ直ぐにする。拘束層が、複数層から作製された構造体の上から下まで均一に分布されると、焼成の平面内引っ張り力に耐え得る。拘束層の分布がモジュール内に増えるにつれて、曲がりが顕著に減少する。

#### 【0063】

##### [モノリシック（一体）構造体]

自己拘束グリーンテープに加えて、高密度、一体的で、低温で共焼成され、自己拘束された複数構成要素の構造体も本発明により提供されている。この構造体は2枚以上の多層セラミック基板を積み上げてなり、各基板には1つ以上の電子回路構成要素がその上あるいはその中に取り付けられている。これらの構成要素は、前に述べたように、例えば、抵抗体、コンデンサ、可変抵抗器、誘電体、金属性導電パターンあるいは強磁性体ないし鉄偏析要素を有するあるいは有しない誘導体あるいは変成器のような誘導性構造体である。各多層のセラミック基板は、第1セラミックと第1ガラスの焼成された粒子を含む少なくとも一つの低温セラミック層と、耐火セラミックおよび上記の第1ガラス用の湿潤剤の粒子を含む自己拘束層とからなる。多構成要素構造体に用いられるセラミック、ガラス、耐火セラミックおよび湿潤剤は前に述べている。好ましい実施例では、第1の低温セラミック層のセラミックと、自己拘束層の耐火セラミックとは同じ組成である。更に好ましいのは、第1低温セラミック層が更に核形成剤を含むことである。核形成剤の例は、前にも述べたように、チタニア、ジルコニア、灰長石、モリブデン酸化物、タングステン酸化物、マグネシウム・コバルト尖晶石である。これらはLTCC層と自己拘束層との間の多孔度を小さくするのに効果的な量で入れられている。

30

40

#### 【0064】

この多構成要素構造体は、前に述べたグリーンテープのような多層セラミック基板を積み上げ、この積み上げた物を、自己拘束層の耐火セラミックおよび湿潤剤が部分的にガラスと融合して、高密度のモノリシック構造体を形成するよう焼成して形成される。この構造体は自己拘束されている。その理由は、積み上げた多層のセラミック基板を焼成すると、 $x-y$ 平面での望ましくない収縮が約1%未満であり、好ましい実施例では、約0.2

50

%未満である。何等の追加の材料も外側の拘束も加えておらないのにである。前述のように、z方向には望ましい収縮が生じていて、層を高密度化して、緻密な一体構造体を産出する。

#### 【0065】

また、上記のモノリシック構造体は2つの第1低温セラミック層の間に1つの自己拘束層を挟んで3層構造体としても良い。図4Aに見られるように、そのような3層構造体は、低温セラミック層である上下層10と、耐火セラミックを含む中間の自己拘束層12を含んでいる。図4Bに示されているように、その積み上げられた層が、第2セラミックおよび第2ガラスの焼成された粒子を含む単一の層からなる1つ以上の追加基板14を更に含むこともまた、本発明の範囲内である。この追加の基板は積層体の1つ以上の低温セラミック層と当接する。そのセラミックとガラスは低温セラミック層の物と同じでも異なっているとしても良い。一実施例では、追加の基板は、従来のLTCCテープでもよい。その他の可能な形態(図4C)では、その積層体は、同じでも異なっているとしてもよい2つ以上の追加の基板14及び16を含んでいてもよく、一方は、積層体の上に、他方は、積層体の下に位置する。また、図4Dに示されているように、その追加の基板14を2つの多層基板の間に当接させて配置することもできる。

#### 【0066】

そのような形態は、“clad(クラッド)”(張り合わせ)構造と言われている。この構造では、多層基板(例えば、本発明によるグリーンテープであるが、これに限定されない)が従来のLTCCテープと共に積み上げられ、その積層体が、焼成時x-y平面で収縮しないように共焼成される。これらのクラッド構造体により使用者は所望の用途に基づいて特に市販されているLTCCテープを選択し、そのテープを自己拘束させて、外側からの拘束技術あるいは、前に述べたそれに伴う短所も無く構造体を形成できる。

#### 【0067】

##### [グリーンテープの作製方法]

本発明は、従来の製造方法で前に述べた問題を解決する、一体の多層グリーンテープを製造する方法を提供する。このようなテープは多層マイクロエレクトロニクス回路モジュールの構成に用いられる。この方法は、第1セラミック、第1ガラス、第1有機バインダおよび第1溶媒との粒子からなる第1スラリーと、耐火セラミック、第2有機バインダおよび第2溶媒との粒子からなる第2スラリーとを形成することからなる。セラミック、ガラス、有機バインダ、耐火セラミックは前に述べたものである。第1および第2スラリーの有機バインダは、同じでも異なっているとしてもよく、各スラリーの特定の構成要素に基づいて選択される。然し、第1スラリーの有機バインダと第2スラリーの有機バインダは同じ組成なのが好ましい。溶媒は、バインダ樹脂を溶解できる当業界で知られているいずれの高速蒸発(高蒸気圧)溶媒でもよく、メタノール、エタノール、ブタノールのようなアルコール、メチル・イソブチル・ケトンあるいはメチル・エチル・ケトンのようなケトンを含むもの。あるいは、その他の溶媒で、これらに限定されるものではないが、例えば、シクロヘキサノン・トルエン・エーテルあるいはグリコール・エーテル、グリコール・エーテルの酢酸塩、あるいはこれらの溶媒の混合物で、その構成溶媒の相対的割合は蒸発率を制御あるいは緩和するように調節される。

#### 【0068】

好ましい実施例では、第2スラリーは、前に述べたように、第1ガラスの湿潤剤を更に含む。湿潤剤の例は、シリカ、酸化リチウム、酸化ナトリウム、酸化カリウムあるいは酸化セシウムのようなアルカリ金属酸化物、又はケイ酸塩(アルカリ金属あるいはアルカリ土類金属)であって、メタ珪酸リチウムが最も好ましい。前にも述べたように、第2スラリーは、更に、少なくとも一つのガラスを含んでも良い。更に、第1スラリーは、核形成剤を含んでも良く、その例は、前述のように、チタニア、ジルコニア、灰長石、モリブデン酸化物、タングステン酸化物、マグネシウム・コバルト尖晶石である。好ましい実施例では、第1スラリーのセラミックと第2スラリーの耐火セラミックとは同じである。

#### 【0069】

この方法は、更に、スラリーの一方の第1層をスロット型を介してキャリアに積層させ、他方のスラリーの第2層を、第1層のスラリーが湿った状態であるが、第2層とは実質的に分離した状態で、第1層にスロット型を介して積層する。キャリアは、ポリエステル・フィルムのような有機キャリア・フィルムでも、この業界で知られたどの適切なキャリアでもよい。最後に、この方法は、積層したスラリーを乾燥して、バインダではなく溶媒を実質的に取り除く。その後、所望であれば、乾燥したテープをロールに巻き取る。テープの乾燥は、テープの上方の雰囲気飽和する前に溶媒を取り除く高温空気流と、テープの温度を約80℃まで徐々に上げて行く放射熱器とを組み合わせで行うのが好ましい。然し、当業界で知られているどの乾燥方法も本発明の方法に用いられる。好ましい実施例では、2つの層の積層はほぼ同時に行われる。

10

#### 【0070】

一実施例では、この方法は更に、第2セラミック、第2ガラス、第3有機バインダと第3溶媒の粒子からなる第3スラリーを形成することを含む。好ましい実施例では、第1スラリーと第3スラリーとはほぼ同じ組成を有するが、第3スラリーの組成は第1スラリーの組成とは別個に選択しても良い。この方法は、更に、第3スラリーの第3層を、第2スラリーの第2層に、第2層が湿っているが、第3層とはほぼ分離した状態で、スロット型を介して積層する。これら全ての3つの層はほぼ同時に積層するのが好ましい。一実施例では、第1(あるいは第1と第3の)スラリーは従来のLTCCテープの構成要素からなっており、よって、本発明は、従来のLTCCテープの特性を維持する自己拘束多層テープを形成するための改良方法を提供するものである。

20

#### 【0071】

図5を参照すれば、“湿式セラミック方法”と称する、単一で、3層のグリーンテープの作製方法の好ましい実施例がより良く理解できる。その湿式セラミック方法は、普通の成形技術の変形例で、湿ったセラミックをスロット型を介して射出して、ポリエステル・フィルムの上に積層させる。セラミック・スラリー1A、2A、および3Aは、別個のタンク1、2、3に入れられて、封じられる。スラリー1Aと3Aとはほぼ同じ組成を有することが好ましいが、異なる組成でもよい。スラリー2Aは、耐火セラミックを含み、中間の自己拘束層を形成する。各スラリー1A、2Aおよび3Aは無機組成物、有機バインダおよび溶媒の混合物を含む。タンクは各々スラリーを別個のポンプにより3つのスロット型に供給させる。3つのスロット型は特定の形態に互いに隣接して配置されている。3つのセラミック・スラリーは移動キャリア・フィルム5上に同時に排出される。図5のキャリア・フィルム5は、水平に対し約45°の角度で上方に移動するように示されているが、異なる角度、水平あるいは垂直にでも移動させることができる。

30

#### 【0072】

図5に示されているように、下層のスラリー1Aは、ポンプ1Bによりスロット型形態4の下部に供給され、フィルム5に隣接する下方位置に積層され、フィルム5上に第1層8を形成する。中間層スラリー2Aはポンプ2Bによりスロット型形態4の中間に供給され、キャリア・フィルム5上の第1層8に積層される。スラリー2Aは、よって、キャリア・フィルム5上に中間層7を形成する。最後に、上層のスラリー3Aはポンプ3Bによりスロット型形態4の上に供給され、キャリア・フィルム5上の中間層7に積層される。スラリー3Aは、キャリア・フィルム5上の上層6を形成するため積層される。これらのスラリーは共押し出し加工と類似する方法でほぼ同時に積層される。

40

#### 【0073】

そのような方法を用いると、キャリア・フィルムと粘性の流体スラリーとの表面張力は、型とフィルムとの界面でメニスカスを生じさせ、耐火スラリーが、テープが特定の速度で移動するにつれて、運ばれる。個々のスラリーの粘度が高いので、相互の混合は生じず、3つの耐火スラリーがほぼ同時に積層される。好ましいスラリーの粘度は約3000±500センチポアズ(cps)である。キャリア・フィルムの速度は複合テープの乾燥パラメータによる。テープが厚ければ厚いほど、適切な乾燥ができるようキャリアはより遅く移動させなければならない。一定のキャリア速度を維持することにより、各層の所望の厚さ

50

が各タンクに対するポンプ圧を個別に調節することにより得られる。ポンプ圧は更にポンプの角速度RPMによって制御される。

#### 【0074】

この記載は本発明の好ましい実施例に関するものであるが、変形も可能で、日常の実験で当業者により決定できるものである。例えば、湿ったスラリーの粘度は約500と600cpsとの間で変更可能である。また、ポンプの種類および圧力は、スロット型の位置が、分離していたり、2つの型が一緒になっていたり、3つ以上の型が一緒になっていたりする場合で、変更できる。

#### 【0075】

前述のように熱と空気流とを組み合わせる積層体を含むフィルムを乾燥した後、この方法は、更に、少なくとも一つの電子回路構成要素を、グリーンテープの少なくとも一方の外側平面に付着する。この構成要素は前述のものでよい。

#### 【0076】

本発明の方法は自己拘束テープを製造するのにもちいられ、この自己拘束テープでは、(第2スラリーから形成された)中間層が20 $\mu$ m以上の厚さを有する。上で説明したように、中間層の厚さは最終焼成時のx-y収縮量を制御するのに重要である。

#### 【0077】

最後に、この発明は、多層電子回路あるいは流体圧モジュール用のモノリシック構造体の製造方法の改良を提供する。流体圧モジュールは構造体に形成された通路および／または凹所を含み、これらにより流体が構造体を通して流れて出力装置あるいはテープに形成されたバルブやポンプを有する構造体を冷却できる。これらの通路および／または凹所は、積層工程前、テープに所望の形で、ワックスやポリエチレン等の有機材料から形成された構造体を配置することにより形成される。これらの追加の構造体は有機バインダが焼失すると消え、開放通路および／または凹所を残す。これらは焼成後も残存する。

#### 【0078】

そのようなモノリシック構造体の従来の製造方法は、x-y平面を有する複数のグリーンテープを準備し、それらのテープに電子回路構成要素を当てがい、そのテープをz方向に積み上げ、積み上げたテープを積層し、この積層体を加熱してテープから有機バインダを除去し、バインダの無い積層体を共焼成して、実質的にはz方向のみに収縮し、x-y方向には殆ど収縮しないモノリシック構造体を製造する。この従来の方法は、外側からの拘束、例えば、クランプ圧あるいは犠牲層を積層体に施す必要がある。本発明の改良点は自己拘束層を備えたグリーンテープを提供し、外側からの拘束無しに共焼成することを含む。積層体を形成するグリーンテープの1つ以上が、第1セラミック、第1ガラスおよび第1有機バインダの粒子を含む低温セラミック層からなることが好ましい。自己拘束層は、耐火セラミック、テープ内の第1ガラス用湿潤剤と第2有機バインダとの粒子からなるのが好ましい。そのテープと自己拘束層のこれらの構成要素は前述したものである。前述べたように、低温セラミック層が核形成剤を含み、低温セラミック層のセラミックと自己拘束層の耐火セラミックが同じであり、自己拘束層が更にガラスを含むことが好ましい。

#### 【0079】

圧力や犠牲層のような外側の拘束をテープに含めなくてはならない従来の拘束焼成法に対し、自己拘束層を用いる本発明の改良は、そのような外側からの物理的ないし物質的拘束の必要無しにx-y平面での収縮を約1%未満、好ましくは0.2%未満に減少させる。

#### 【0080】

本発明は、以下の特定の実験例によりより良く理解できるが、これに限定するものではない。

#### 【実施例】

#### 【0081】

##### [実験例1]

上下(外側)の低温セラミック層と中間の自己拘束層とを含む3層のテープを以下のようにして作製した。外側層を作製するため、336.65ポンドのスラリーを表1に示されている最初から8番目までの構成成分を水冷式メディア・ミルで組み合わせて作製する。このミルは(Premier Mills社から市販されていて)混合を補助する媒体として回転軸上のアルミナ板とジルコニア・ペレットとを含む。生じた混合物を9.9時間粉碎した。次いで、最後の2つの構成要素を3分の1ずつ混合物に加え、新たに加えた材料が上面には見えなくなるまで加える毎に混合した。完全に加えた後、もう2時間混合を続けて3620 cpsの粘度の均一なスラリーを得た。この粘度は20 rpmで回転する5番スピンドルを備えたBrookfield Viscometerを用いて判定した。そしてこのスラリーを均一に分けて、ポンプで2つの別のタンクに入れた。

10

【0082】

【表1】

外層用スラリーの構成

| 構成成分                        | 重量パーセント |
|-----------------------------|---------|
| メチルエチルケトン(溶剤)               | 8.13    |
| エタノール(溶剤)                   | 7.60    |
| アルミナ                        | 29.26   |
| ガラス                         | 32.81   |
| 二酸化チタン                      | 1.75    |
| 青色顔料                        | 0.29    |
| 分散剤                         | 1.98    |
| 潤滑剤                         | 2.10    |
| バインダーと可塑剤及び<br>MEKを予め混合したもの | 16.08   |

20

【0083】

中間の拘束層用のスラリーを、メディア・ミルを用いて表2に挙げられている構成成分を混合して同様に作製し、168ポンドのスラリーを得た。最初の6つの構成成分を加えてから、5時間粉碎を行った。最後の2つの構成成分を前に述べたように加えて、更に2時間混合し、ポンプで第3のタンクに入れた。このスラリーの粘度を上記のようにして測定すると1500 cpsであった。

30

【0084】

【表 2】

内層用スラリーの構成

| 構成成分                        | 重量パーセント |
|-----------------------------|---------|
| アルミナ                        | 56.98   |
| ケイ酸リチウム                     | 7.12    |
| メチルエチルケトン(溶剤)               | 8.83    |
| エタノール(溶剤)                   | 7.70    |
| 分散剤 A                       | 1.05    |
| 潤滑剤                         | 1.20    |
| 分散剤 B                       | 1.05    |
| バインダーと可塑剤及び<br>MEKを予め混合したもの | 16.07   |

10

## 【0085】

3つのタンクのスラリーをポンプで、相互に隣接する2つの別のスロット型に入れ、10フィート／分の速度で垂直に移動する1.44 mil厚さのMylar(商標)ポリエステル・フィルム(DuPont社から市販されている)に同時に排出した。一方のスロット型は下側低温セラミック層および中間自己拘束セラミック層を形成するスラリーを積層するのに使い、第2のスロット型は上側低温セラミック層を積層するのに使用した。

20

## 【0086】

次いで、3つのスラリー層を含むテープを4つの異なる温度と空気流との加熱室を順々に通過させて乾燥した。それらの温度及び空気流は、各々、48.8℃(500cfm)、54.4℃(500cfm)、54.4℃(3000cfm)および76.7℃(2000cfm)であった。乾燥後、上、中、下の各層の厚さは、約2.3mil、約1.6milおよび約2.3milと判定された。

30

## 【0087】

できたテープを5インチX5インチの分割片に切断し、4枚の分割片を積み上げ、15分間4000psiの圧力、70℃の温度で積層し、以下の条件で焼成した。温度を周囲温度から1℃／分の割合で450℃まで上げていき、有機構成成分を取り除き、次いで、7.5℃／分で870℃まで上げた。30分間温度を870℃に一定に保持した後、10℃／分の割合で温度を周囲温度まで下げた。焼成後、テープのx-y方向の収縮は、各々、0.154±0.0049%と0.138±0.0133%であることが分かった。

## 【0088】

## [実験例2-6]

異なる構成成分を有する低温セラミックテープの拘束能力を調査するため、5つの3層テープを用意した。その3層テープでは、上下層は、表3に示されている組成物を有する市販のLTCテープであった。各テープでは、ガラス／セラミック構成物は表3に示されている種々のガラス、充填剤、核形成剤を含んでいた。各LTCテープの物理特性は表5に示されている。

40

## 【0089】

各中間自己拘束層を作製するため、表4に示されている有機および無機構成成分を、固体／有機割合64.1%で、アルミナを媒体として24時間ボールミルにより作製した。そのスラリーをドクター・ブレードを用いて、1.4mil厚さのMylarポリエステル・フィルム(Dupont社から市販されている)上にテープ状に成形し、1.6milの厚さの層を形成した。

50

## 【0090】

3層テープを形成するため、2つの同じLTCC層の間に自己拘束層を挟んで積み上げ、その積み上げた物を15分間、40,000ポンドの圧力、70℃の温度で加熱して、3層のグリーンテープを形成した。そのテープを実験例1に記載した温度条件で焼成し、測定してx-y方向の収縮を判定した。

## 【0091】

表5のデータによって分かるように、本発明による5つの全ての3層テープのx-y方向の収縮は約0.2%以下であり、或る場合では、0.12%でしかなかった。この収縮は拘束されていないLTCCテープの収縮より劇的にひくい。更に、適切な中間拘束層を作製することにより、種々の異なる種類の市販のLTCCテープを拘束できることが分かる。

10

## 【0092】

【表 3】

## L T C Cテープの構成

|                                              |                                    | TAPE1 | TAPE2 | TAPE3 | TAPE4 | TAPE5                    |   |
|----------------------------------------------|------------------------------------|-------|-------|-------|-------|--------------------------|---|
| Casting<br>Solution<br>Composition           | Glass/Ceramic Mixture <sup>a</sup> | 63.5  | 57.97 | 65.34 | 47.1  | 36.00+24.00 <sup>b</sup> |   |
|                                              | Acrylic polymer                    | 7.0   | —     | 6.97  | 4.8   | —                        |   |
|                                              | Butyral Resin                      | —     | 3.96  | —     | —     | —                        |   |
|                                              | Methyl Ethyl Ketone                | 15.4  | —     | 15.40 | 3.1   | —                        |   |
|                                              | Dioctyl Phthalate                  | 1.4   | —     | 1.38  | 1.8   | —                        |   |
|                                              | Methyl Isobutyl Ketone             | —     | 27.51 | —     | —     | —                        |   |
|                                              | Isopropanol                        | —     | —     | —     | 2.4   | —                        |   |
|                                              | Methylene Chloride                 | —     | —     | —     | 2.8   | —                        |   |
|                                              | Freon                              | —     | —     | —     | 4.2   | —                        |   |
|                                              | Trichloroethylene                  | —     | —     | —     | 33.8  | —                        |   |
|                                              | Surfactant                         | 2.0   | —     | 2.03  | —     | x                        |   |
|                                              | Plasticizer                        | 1.1   | 1.39  | —     | —     | x                        |   |
|                                              | Methanol                           | —     | 9.17  | 7.82  | —     | —                        |   |
|                                              | Dialkylene Glycol                  | —     | —     | 1.06  | —     | —                        |   |
|                                              | Solvent                            | —     | —     | —     | —     | x                        |   |
|                                              | Binder                             | —     | —     | —     | —     | x                        |   |
|                                              | Ethanol                            | 7.8   | —     | —     | —     | —                        |   |
| Glass/<br>Ceramic<br>Components <sup>a</sup> | SiO <sub>2</sub>                   | x     | x     | x     | x     | x                        | x |
|                                              | BaO                                | x     | x     | x     | x     |                          |   |
|                                              | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>     |       | x     | x     | x     |                          |   |
|                                              | B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>      | x     | x     | x     | x     | x                        | x |
|                                              | CaO                                | x     | x     | x     | x     | x                        |   |
|                                              | SrO                                | x     | x     | x     |       |                          |   |
|                                              | MgO                                |       | x     |       | x     |                          |   |
|                                              | K <sub>2</sub> O                   | x     | x     |       |       |                          | x |
|                                              | PbO                                |       | x     |       | x     |                          |   |
|                                              | ZnO                                |       |       |       | x     |                          |   |
|                                              | Li <sub>2</sub> O                  |       |       |       |       |                          | x |
|                                              | Na <sub>2</sub> O                  |       |       |       |       |                          | x |
| Filler/<br>Nucleating<br>Agent <sup>a</sup>  | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> A   | x     | x     |       |       |                          |   |
|                                              | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> B   | x     |       | x     |       |                          |   |
|                                              | TiO <sub>2</sub>                   | x     | x     | x     |       |                          |   |
|                                              | Mullite                            |       |       |       | x     |                          |   |
|                                              | Cu <sub>2</sub> O                  |       |       |       |       |                          |   |
|                                              | SiO <sub>2</sub>                   |       | x     | x     |       |                          |   |
|                                              | CaB <sub>2</sub> O <sub>4</sub>    |       |       |       |       | x                        |   |

<sup>a</sup> Glass/Ceramic Mixture は glass/ceramic の組成と filler/nucleating agents を含む<sup>b</sup> TAPE5 は 結晶質ガラスと非晶質ガラスの両方を含む

【表 4】

## 自己拘束層のスラリー構成

|                |                                | TAPE1 | TAPE2 | TAPE3 | TAPE4 | TAPE5 |
|----------------|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 有機成分<br>(相対比率) | Acrylic polymer                | 7.0   | 7.0   | 7.0   | 7.0   | 7.0   |
|                | Butyral Resin                  | —     | —     | —     | —     | —     |
|                | Methyl Ethyl Ketone            | 15.4  | 15.4  | 15.4  | 15.4  | 15.4  |
|                | Dioctyl Phthalate              | 1.4   | 1.4   | 1.4   | 1.4   | 1.4   |
|                | Surfactant                     | 2.0   | 2.0   | 2.0   | 2.0   | 2.0   |
|                | Plasticizer                    | 1.1   | 1.1   | 1.1   | 1.1   | 1.1   |
|                | Ethanol                        | 7.8   | 7.8   | 7.8   | 7.8   | 7.8   |
| 無機成分<br>(相対比率) | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 90.0  | 60.5  | 60.5  | 60.5  | 90    |
|                | Li <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 10.0  | 27.5  | 27.5  | 27.5  | 10    |
|                | Glass                          | —     | 10    | 10    | 10    | —     |

10

【0094】

【表 5】

## LTCCテープと三層テープの特性

20

|                              |               | TAPE1 | TAPE2  | TAPE3  | TAPE4 | TAPE5 |
|------------------------------|---------------|-------|--------|--------|-------|-------|
| LTCC Tape Properties         | TCE (ppm/°C)  | 5.6   | 6.7    | 6.8    | 6.0   | 7.0   |
|                              | x-y Shrinkage | 14%   | 14.40% | 14.40% | 13%   | 15%   |
| Tri-layer Tape X-Y Shrinkage |               | 0.12% | 0.20%  | 0.20%  | 0.19% | 0.23% |

【0095】

従来の犠牲的拘束方法と、本発明による一体構造拘束との間には幾つかの重要な相違点がある。例えば、犠牲的方法では、拘束物質を焼成後除去するが、一体方法では、最終構造体の一部となる。犠牲的方法では、拘束物質は、焼成後引っ張り強さを有さないが、一体方法で用いられる拘束物質は、焼成後、その周りのLTCCテープに類似する機械的特性を有する。更に、犠牲的拘束では、拘束物質へのガラスの融合が減少するが、一体方法では、ガラスの浸透は飽和する。加えて、犠牲的拘束物質は常に最終回路体に対して外側にあるが、一体方法では、拘束物質が回路内にある。最後に、犠牲的方法では、拘束物質は、LTCCの焼成温度よりかなり高い温度で焼成されるのに、一体方法で用いられる拘束物質は、焼成温度以下の温度で融合し、焼成後、最終構造体の一体部分となる。

30

【0096】

とりわけ、これらの相違点が、従来の焼成方法に対し、本発明による一体拘束方法の種々の長所となる。特に、均一なLTCCテープの従来の自由焼成に比べ、一体拘束方法は2つ以上の長所を有する。第1は、x-y収縮が、約10%～15%の従来の収縮レベルから、約1%未満、また、約0.2%未満でさえであった。第2に、x-y方向の収縮の変化は、約0.2%～0.4%から約0.1%未満に減少できる。

40

【0097】

機械的に拘束した焼成に比べ、拘束が一体化された方法は、焼成する一群の各別個の部分上に適切にプラテンを配置する必要が無いという長所を有する。

【0098】

最後に、犠牲拘束層を用いる拘束した焼成に比べ、拘束が一体化された方法は、拘束物質を焼成後取り除く必要が無く、導電体および抵抗体を、拘束を一体化したLTCC構造体の表面で共に焼成できるので有利である。加えて、LTCCテープの表面でのみ拘束す

50

るのではなく、拘束が一体化した物質は構造体をその一部分の厚さに亘って均一に支持し、より大きな部分厚さと新規な構造を形成することが出来る。

【0099】

本発明による自己拘束されたグリーンテープは、拘束焼成された部分を用いる広範囲の用途および多層セラミック構造体中における回路形成に関連するどんな用途にも用いられる。層同士間での不整合が無いので、この技術は、セラミック構造体形成に続く工程には特に重要である。用途には多数の応用を含み、例えば、収縮しない中間構造体を創る生体学分野、電子機械的装置、および検出器用である。

【0100】

よって、この発明は、グリーンテープとその用途ならびに製造方法を提供する。これは、セラミック部分での寸法上の不正確の原因の多くを回避し、寸法上の誤差及びずれを回避するために、回路展開と製造工程の多くを削除するので、より経済的である。

本発明の収縮しないテープは、2方向、xとyにおける内側の収縮を阻止するために特に設計されている物質構造体を有する。

【0101】

本発明による物質は多数の長所を有する。それには、非焼成粒子により機械的に弱体化しないので、層間剥離が起こらず、犠牲的物質を取り除くことも無く、共焼成された導電体との間隙が制御できると共にこれと両立でき、本発明のグリーンテープを厚く積み上げることができ、物質を埋め込んだ場合表面付着がよくなる。よって、本発明は、多くの長所を備えるが、既知の方法および物質の欠点を有しない物と方法を提供する。

【0102】

上に述べた実施例には、その広い発明概念から逸脱することなく変更が可能であることは当業者には感得できることである。よって、この発明は開示した特定の実施例に限定されず、添付クレームに定義されている本発明の精神と範囲内の変形例をも含むものである。

【図面の簡単な説明】

【0103】

【図1】図1Aは、凹所と頂部のプリントされた金属製導電体と配管孔とを特色とする代表的な単一モジュールの概略斜視図であり、図1Bは、図1Aの幾つかの多層のマイクロエレクトロニクス・モジュールを組み込んだパネルの略平面図である。

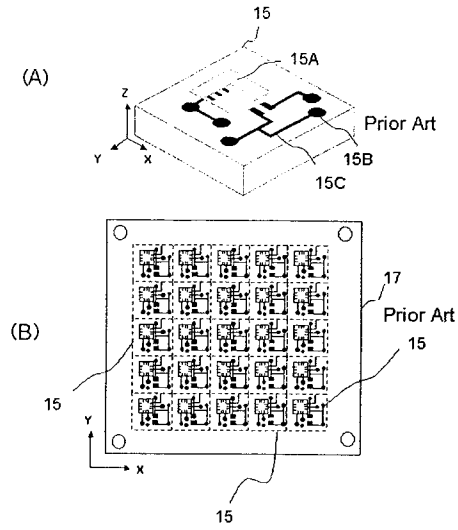
【図2】本発明による3層テープの略横断面図である。

【図3】本発明による3層テープの厚さ率に対する収縮制御の相互関連のグラフである。

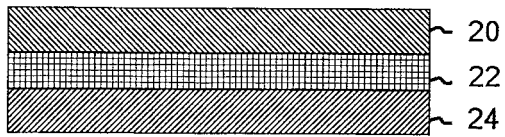
【図4】図4A、図4B、図4C、図4Dは、それぞれ本発明に係る自己拘束型多構成部品構造体の略横断面図である。

【図5】本発明による湿式(wet on wet)セラミック同時積層方法の概略図。

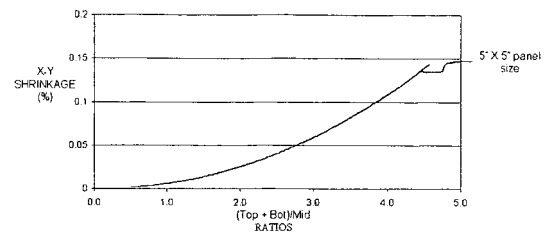
【図 1】



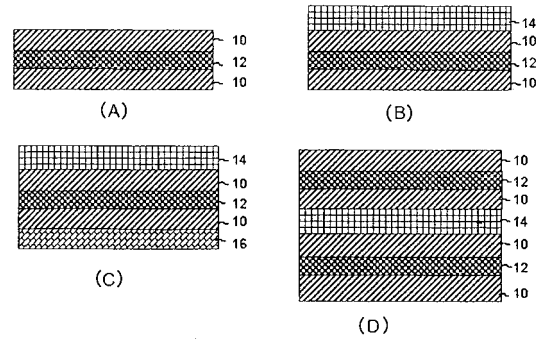
【図 2】



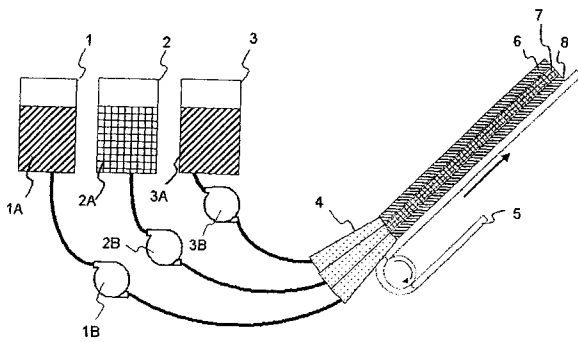
【図 3】



【図 4】



【図 5】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 ラウツェンハイザー, フランス ピー  
アメリカ合衆国 ペンシルバニア 19426, カレッジヴィル, アシュレイ コート 3844
- (72)発明者 ホックハイマー, トーマス ジェイ  
アメリカ合衆国 ペンシルバニア 19335, ダウニングタウン, セイブルック レーン 520
- (72)発明者 アマヤ, エドマー エム  
アメリカ合衆国 ペンシルバニア 19406, キング オブ プロシア, ヒルトップ ドライヴ 361

審査官 村守 宏文

- (56)参考文献 特開2002-094244 (JP, A)  
特開2001-119143 (JP, A)  
特開昭60-260465 (JP, A)  
特開2000-025157 (JP, A)  
特開2001-030419 (JP, A)  
特開2005-109462 (JP, A)  
特開2001-121640 (JP, A)  
特開2001-047423 (JP, A)  
特開2001-250683 (JP, A)  
特開平05-238849 (JP, A)  
特開昭61-286263 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B28B 1/16  
B28B 1/30  
B28B 11/00  
H05K 3/46