

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4557002号  
(P4557002)

(45) 発行日 平成22年10月6日(2010.10.6)

(24) 登録日 平成22年7月30日(2010.7.30)

(51) Int.Cl.	F I
H05K 3/46 (2006.01)	H05K 3/46 H
B32B 18/00 (2006.01)	H05K 3/46 T
	B32B 18/00 D

請求項の数 20 (全 29 頁)

(21) 出願番号	特願2007-507603 (P2007-507603)	(73) 特許権者	000006231
(86) (22) 出願日	平成18年6月20日(2006.6.20)		株式会社村田製作所
(86) 国際出願番号	PCT/JP2006/312301		京都府長岡京市東神足1丁目10番1号
(87) 国際公開番号	W02007/004414	(74) 代理人	100085143
(87) 国際公開日	平成19年1月11日(2007.1.11)		弁理士 小柴 雅昭
審査請求日	平成19年2月5日(2007.2.5)	(72) 発明者	中尾 修也
(31) 優先権主張番号	特願2005-194148 (P2005-194148)		日本国京都府長岡京市東神足1丁目10番1号 株式会社村田製作所内
(32) 優先日	平成17年7月1日(2005.7.1)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	審査官	藤田 和英
(31) 優先権主張番号	特願2006-124764 (P2006-124764)		
(32) 優先日	平成18年4月28日(2006.4.28)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 多層セラミック基板およびその製造方法ならびに多層セラミック基板作製用複合グリーンシート

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

結晶化ガラス材料および第1のセラミック材料を含む第1の粉体の集合体をもって構成される基材層と、

前記結晶化ガラス材料を溶融させ得る温度では焼結しない第2のセラミック材料を含む第2の粉体の集合体をもって構成される拘束層と、

前記結晶化ガラス材料の溶融物の粘度を下げるように作用する粘度低下物質を含む第3の粉体の集合体をもって構成される介在層と、

前記基材層、前記拘束層および前記介在層の少なくとも1つの主面に沿って形成される導体膜とを備え、

前記粘度低下物質は、前記基材層に含まれる前記結晶化ガラス材料よりも低粘度の低粘度ガラス材料および/または前記基材層に含まれる前記結晶化ガラス材料よりも低融点の低融点ガラス材料を含み、

前記介在層は、その一方主面が前記基材層に接し、かつその他方主面が前記拘束層に接するように位置して、

前記第1の粉体の少なくとも一部は、焼結状態であり、

前記第2の粉体は、未焼結状態にあるが、前記結晶化ガラス材料を含む前記第1の粉体の一部および前記第3の粉体の一部が前記拘束層に拡散あるいは流動することによって、互いに固着されている、

多層セラミック基板。

【請求項 2】

前記基材層に含まれる前記結晶化ガラス材料の一部は、前記拘束層の全域に拡散あるいは流動しており、前記第 2 の粉体のすべてが、前記結晶化ガラス材料の一部によって互いに固着されている、請求項 1 に記載の多層セラミック基板。

【請求項 3】

前記結晶化ガラス材料は、前記第 1 の粉体の少なくとも一部を焼結させるための焼成工程より前の段階でガラス化されていたものを含む、請求項 1 に記載の多層セラミック基板。

【請求項 4】

前記結晶化ガラス材料は、前記第 1 の粉体の少なくとも一部を焼結させるための焼成工程により熔融してガラス化されたものを含む、請求項 1 に記載の多層セラミック基板。

【請求項 5】

複数の前記基材層を備え、積層方向に隣り合う前記基材層間において、前記介在層、前記拘束層および前記介在層がこの順序で積層されている積層構造部分を備える、請求項 1 に記載の多層セラミック基板。

【請求項 6】

前記介在層、前記拘束層および前記介在層を介在させて積層方向に隣り合う前記基材層の各々における単位体積あたりの前記結晶化ガラス材料の含有量は、互いに等しい、請求項 5 に記載の多層セラミック基板。

【請求項 7】

複数の前記拘束層を備え、積層方向に隣り合う前記拘束層間において、前記介在層、前記基材層および前記介在層がこの順序で積層されている積層構造部分を備える、請求項 1 に記載の多層セラミック基板。

【請求項 8】

前記拘束層は前記基材層より薄い、請求項 1 に記載の多層セラミック基板。

【請求項 9】

その少なくとも一方の主面に沿って開口を位置させているキャビティをさらに備える、請求項 1 に記載の多層セラミック基板。

【請求項 10】

前記基材層の熱膨張係数と前記介在層の熱膨張係数との差は絶対値で  $2.0 \text{ ppm} /$  以下であり、かつ、前記拘束層の熱膨張係数と前記介在層の熱膨張係数との差は絶対値で  $2.0 \text{ ppm} /$  以下である、請求項 1 に記載の多層セラミック基板。

【請求項 11】

結晶化ガラス材料または焼成によって熔融してガラス化されることにより結晶化ガラス材料となり得るガラス成分および第 1 のセラミック材料を含む第 1 の粉体を含む、生の状態にある基材層と、前記結晶化ガラス材料を熔融させ得る温度では焼結しない第 2 のセラミック材料を含む第 2 の粉体を含む、生の状態にある拘束層と、前記結晶化ガラス材料の熔融物の粘度を下げるように作用する粘度低下物質を含む第 3 の粉体を含む、生の状態にある介在層と、前記基材層、前記拘束層および前記介在層の少なくとも 1 つの主面に沿って形成される導体膜とを備え、前記介在層は、その一方主面が前記基材層に接し、かつその他方主面が前記拘束層に接するように位置している、そのような生の積層体を作製する、積層体作製工程と、

前記第 1 の粉体の少なくとも一部を焼結させるとともに、前記結晶化ガラス材料を含む前記第 1 の粉体の一部および前記第 3 の粉体の一部を前記拘束層に拡散あるいは流動させることによって、前記第 2 の粉体を、焼結させずに、互いに固着させるように、前記生の積層体を所定の温度で焼成する、焼成工程とを備え、

前記粘度低下物質は、前記基材層に含まれる前記結晶化ガラス材料よりも低粘度の低粘度ガラス材料および/または前記基材層に含まれる前記結晶化ガラス材料よりも低融点の

10

20

30

40

50

低融点ガラス材料を含み、前記焼成工程は、前記低粘度ガラス材料および／または低融点ガラス材料が前記結晶化ガラス材料に混ざることによって、前記結晶化ガラス材料の溶融物の粘度を下げる工程を備える、  
多層セラミック基板の製造方法。

【請求項 1 2】

前記焼成工程において、前記基材層に含まれる前記結晶化ガラス材料の一部は、前記拘束層の全域に拡散あるいは流動し、前記第 2 の粉体のすべてを互いに固着させる、請求項 1 1 に記載の多層セラミック基板の製造方法。

【請求項 1 3】

前記焼成工程は、前記結晶化ガラス材料となり得るガラス成分を溶融してガラス化する工程を含む、請求項 1 1 に記載の多層セラミック基板の製造方法。

10

【請求項 1 4】

前記生の積層体は複数の前記基材層を備え、積層方向に隣り合う前記基材層間において、前記介在層、前記拘束層および前記介在層がこの順序で積層されており、前記焼成工程の後、前記介在層、前記拘束層および前記介在層を介在させて積層方向に隣り合う前記基材層の各々における単位体積あたりの前記結晶化ガラス材料の含有量は、互いに等しくなるように、前記基材層の各厚みが設定される、請求項 1 1 に記載の多層セラミック基板の製造方法。

【請求項 1 5】

前記生の積層体は、前記導体膜に電氣的に接続されかつ特定の前記基材層を厚み方向に貫通するように設けられるビアホール導体を備えるとともに、その両主面上に形成されかつ前記拘束層と同じ組成を有する収縮抑制層を備え、前記焼成工程の後、未焼結の前記収縮抑制層を除去する工程をさらに備える、請求項 1 1 に記載の多層セラミック基板の製造方法。

20

【請求項 1 6】

前記ビアホール導体は、前記生の積層体の積層方向における最も端に位置する前記基材層に設けられるものを含む、請求項 1 5 に記載の多層セラミック基板の製造方法。

【請求項 1 7】

前記生の積層体において、前記基材層が前記収縮抑制層に接している、請求項 1 5 に記載の多層セラミック基板の製造方法。

30

【請求項 1 8】

前記焼成工程の後、前記基材層の熱膨張係数と前記介在層の熱膨張係数との差は絶対値で  $2.0 \text{ ppm} /$  以下となり、かつ、前記拘束層の熱膨張係数と前記介在層の熱膨張係数との差は絶対値で  $2.0 \text{ ppm} /$  以下となるようにされる、請求項 1 1 に記載の多層セラミック基板の製造方法。

【請求項 1 9】

結晶化ガラス材料または焼成によって溶融してガラス化されることにより結晶化ガラス材料となり得るガラス成分および第 1 のセラミック材料を含む第 1 の粉体を含む、生の状態にある基材層と、前記結晶化ガラス材料を溶融させ得る温度では焼結しない第 2 のセラミック材料を含む第 2 の粉体を含む、生の状態にある拘束層と、前記結晶化ガラス材料の溶融物の粘度を下げるように作用する粘度低下物質を含む第 3 の粉体を含む、生の状態にある介在層とを備え、前記粘度低下物質は、前記基材層に含まれる前記結晶化ガラス材料よりも低粘度の低粘度ガラス材料および／または前記基材層に含まれる前記結晶化ガラス材料よりも低融点の低融点ガラス材料を含み、前記介在層は、その一方主面が前記基材層に接し、かつその他方主面が前記拘束層に接するように位置している、多層セラミック基板作製用複合グリーンシート。

40

【請求項 2 0】

結晶化ガラス材料または焼成によって溶融してガラス化されることにより結晶化ガラス材料となり得るガラス成分および第 1 のセラミック材料を含む第 1 の粉体を含む、生の状態にある基材層と、前記結晶化ガラス材料を溶融させ得る温度では焼結しない第 2 のセラ

50

ミック材料を含む第2の粉体を含む、生の状態にある拘束層と、前記結晶化ガラス材料の溶融物の粘度を下げるように作用する粘度低下物質を含む第3の粉体を含む、生の状態にある介在層とを備え、前記粘度低下物質は、前記基材層に含まれる前記結晶化ガラス材料よりも低粘度の低粘度ガラス材料および/または前記基材層に含まれる前記結晶化ガラス材料よりも低融点の低融点ガラス材料を含み、第1の前記基材層、第1の前記介在層、前記拘束層、第2の前記介在層および第2の前記基材層がこの順序で積層されている、多層セラミック基板作製用複合グリーンシート。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、多層セラミック基板およびその製造方法ならびに多層セラミック基板作製用複合グリーンシートに関するもので、特に、いわゆる無収縮プロセスを適用して製造される多層セラミック基板およびその製造方法ならびに多層セラミック基板作製用複合グリーンシートに関するものである。

【背景技術】

【0002】

この発明にとって興味ある多層セラミック基板として、たとえば特開2000-25157号公報(特許文献1)に記載されたものがある。特許文献1には、いわゆる無収縮プロセスによる、複合積層体およびその製造方法、より特定的には、焼成による収縮が抑制されながら製造することができ、焼成後の状態でそのまま使用に供され得る、複合積層体およびその製造方法が開示されているが、1つの好ましい典型例として、次のような構造の多層セラミック基板およびその製造方法が開示されている。

【0003】

すなわち、多層セラミック基板は、ガラス材料および第1のセラミック材料を含む第1の粉体の集合体をもって構成される基材層と、上記ガラス材料を溶融させ得る温度では焼結しない第2のセラミック材料を含む第2の粉体の集合体をもって構成される拘束層とを備えている。ここで、第1の粉体の少なくとも一部は、焼結状態である。他方、第2の粉体は、未焼結状態にあるが、ガラス材料を含む第1の粉体の一部が拘束層に拡散あるいは流動することによって、互いに固着されている。

【0004】

このような多層セラミック基板を製造するため、上述の第1の粉体を含む、生の状態にある基材層と、上述の第2の粉体を含む、生の状態にある拘束層とを備える、生の積層体が作製され、次いで、この生の積層体が焼成される。この焼成工程において、第1の粉体の少なくとも一部が焼結する。また、この焼成工程において、第1の粉体の一部、典型的には、第1の粉体に含まれるガラス材料の一部が、拘束層に拡散あるいは流動する。その結果、第2の粉体は、焼結しないが、第1の粉体の一部、特にガラス材料によって互いに固着される。

【0005】

上述したような製造方法によれば、焼成工程において、第2の粉体を焼結させないので、この第2の粉体を含む拘束層が基材層の収縮を抑制するように作用し、焼成による多層セラミック基板全体としての収縮を抑制することができ、結果として、得られた多層セラミック基板の寸法のばらつきを低減することができる。また、得られた多層セラミック基板において、拘束層に含まれる第2の粉体は、ガラス材料を含む第1の粉体の一部が拘束層に拡散あるいは流動することによって、互いに固着されているので、拘束層を後で除去する必要がない。

【0006】

しかしながら、上述した特許文献1に記載の技術を採用するとき、基材層に含まれるガラス材料の種類によっては、これが拘束層に十分に浸透しないという問題に遭遇することがある。この問題の主たる原因は、ガラス材料の溶融時の粘度が高く、流動性が低いためであると考えられる。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 0 7 】

そこで、この問題を解決するため、基材層において粘度の低いガラス材料を用いることがまず考えられる。しかしながら、粘度の低いガラス材料を選択すると、たとえば、基材層において静電容量を形成しようとする場合、基材層の比誘電率が低くなりすぎ、必要とされる静電容量を得ることができないという問題を引き起こすことがある。すなわち、低粘度であり、かつ必要とされる電気的特性を満たすガラス材料を選択したり、ガラス材料の組成を調整したりすることには、非常に手間がかかり、また、技術的に困難を伴うことが多い。

## 【 0 0 0 8 】

他方、ガラス材料が拘束層に十分に浸透しないという前述した問題の解決のため、拘束層の厚みを薄くすることも考えられる。しかしながら、拘束層が薄くされた場合、拘束層による収縮抑制効果が低減されてしまう。その結果、得られた多層セラミック基板において反りが発生するなどの問題を引き起こすことがある。

10

## 【 0 0 0 9 】

特に、基材層に含まれるガラス材料が結晶化ガラス材料であるとき、結晶化ガラスは、本来的に、粘度が高いという性質を有しているので、上述した問題に対してより深刻である。

【特許文献1】特開2000-25157号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

20

## 【 0 0 1 0 】

そこで、この発明の目的は、上述したような問題を解決し得る、多層セラミック基板およびその製造方法を提供しようとすることである。

## 【 0 0 1 1 】

この発明の他の目的は、上述の多層セラミック基板の製造方法において用いられる、多層セラミック基板作製用複合グリーンシートを提供しようとすることである。

【課題を解決するための手段】

## 【 0 0 1 2 】

この発明に係る多層セラミック基板は、結晶化ガラス材料および第1のセラミック材料を含む第1の粉体の集合体をもって構成される基材層と、上記結晶化ガラス材料を溶融させ得る温度では焼結しない第2のセラミック材料を含む第2の粉体の集合体をもって構成される拘束層とを備えるとともに、上記結晶化ガラス材料の溶融物の粘度を下げるように作用する粘度低下物質を含む第3の粉体の集合体をもって構成される介在層とを備えている。多層セラミック基板は、また、基材層、拘束層および介在層の少なくとも1つの主面に沿って形成される導体膜を備えている。

30

## 【 0 0 1 3 】

上記介在層は、その一方主面が基材層に接し、かつその他方主面が拘束層に接するように位置している。そして、第1の粉体の少なくとも一部は、焼結状態である。他方、第2の粉体は、未焼結状態にあるが、上記結晶化ガラス材料を含む第1の粉体の一部および第3の粉体の一部が拘束層に拡散あるいは流動することによって、互いに固着されている。

40

## 【 0 0 1 4 】

上記粘度低下物質は、基材層に含まれる結晶化ガラス材料よりも低粘度の低粘度ガラス材料および/または基材層に含まれる結晶化ガラス材料よりも低融点の低融点ガラス材料を含むものである。

## 【 0 0 1 5 】

基材層に含まれる結晶化ガラス材料の一部は、拘束層の全域に拡散あるいは流動しており、第2の粉体のすべてが、結晶化ガラス材料の一部によって互いに固着されていることが好ましい。

## 【 0 0 1 6 】

基材層に含まれる結晶化ガラス材料は、第1の粉体の少なくとも一部を焼結させるため

50

の焼成工程より前の段階でガラス化されていたものを含んでいても、第1の粉体の少なくとも一部を焼結させるための焼成工程により溶融してガラス化されたものを含んでいてもよい。

【0017】

この発明に係る多層セラミック基板は、複数の基材層を備え、積層方向に隣り合う基材層間において、介在層、拘束層および介在層がこの順序で積層されている積層構造部分を備えていても、複数の拘束層を備え、積層方向に隣り合う拘束層間において、介在層、基材層および介在層がこの順序で積層されている積層構造部分を備えていてもよい。複数の基材層を備える場合、介在層、拘束層および介在層を介在させて積層方向に隣り合う基材層の各々における単位体積あたりの結晶化ガラス材料の含有量は、互いに等しいことが好ましい。

10

【0018】

この発明に係る多層セラミック基板において、拘束層は基材層より薄いことが好ましい。

【0019】

また、この発明は、その少なくとも一方の主面に沿って開口を位置させているキャビティをさらに備える、多層セラミック基板に有利に適用される。

【0020】

この発明に係る多層セラミック基板において、基材層の熱膨張係数と介在層の熱膨張係数との差は絶対値で  $2.0 \text{ ppm} /$  以下であり、かつ、拘束層の熱膨張係数と介在層の熱膨張係数との差は絶対値で  $2.0 \text{ ppm} /$  以下であることが好ましい。

20

【0021】

この発明は、また、多層セラミック基板の製造方法にも向けられる。この発明に係る多層セラミック基板の製造方法は、積層体作製工程と焼成工程とを備えている。

【0022】

上記積層体作製工程では、結晶化ガラス材料または焼成によって溶融してガラス化されることにより結晶化ガラス材料となり得るガラス成分および第1のセラミック材料を含む第1の粉体を含む、生の状態にある基材層と、上記結晶化ガラス材料を溶融させ得る温度では焼結しない第2のセラミック材料を含む第2の粉体を含む、生の状態にある拘束層と、上記結晶化ガラス材料の溶融物の粘度を下げるように作用する粘度低下物質を含む第3の粉体を含む、生の状態にある介在層と、基材層、拘束層および介在層の少なくとも1つの主面に沿って形成される導体膜とを備え、介在層は、その一方主面が基材層に接し、かつその他方主面が拘束層に接するように位置している、そのような生の積層体が作製される。

30

【0023】

次いで、上記焼成工程では、第1の粉体の少なくとも一部を焼結させるとともに、上記結晶化ガラス材料を含む第1の粉体の一部および第3の粉体の一部を拘束層に拡散あるいは流動させることによって、第2の粉体を、焼結させずに、互いに固着させるように、生の積層体を所定の温度で焼成することが行なわれる。

【0024】

上述の粘度低下物質は、基材層に含まれる結晶化ガラス材料よりも低粘度の低粘度ガラス材料および/または基材層に含まれる結晶化ガラス材料よりも低融点の低融点ガラス材料を含む。この場合、焼成工程では、低粘度ガラス材料および/または低融点ガラス材料が前述の基材層に含まれる結晶化ガラス材料に混ざることによって、この結晶化ガラス材料の溶融物の粘度を下げるが行なわれる。

40

【0025】

焼成工程において、基材層に含まれる結晶化ガラス材料の一部は、拘束層の全域に拡散あるいは流動し、第2の粉体のすべてを互いに固着させることが好ましい。

【0026】

前述した生の状態にある基材層において、焼成によって溶融してガラス化されることに

50

より結晶化ガラス材料となり得るガラス成分が含まれている場合、焼成工程では、このガラス成分が溶融されガラス化される。

【0027】

生の積層体が複数の基材層を備え、積層方向に隣り合う基材層間において、介在層、拘束層および介在層がこの順序で積層されている場合、焼成工程の後、介在層、拘束層および介在層を介在させて積層方向に隣り合う基材層の各々における単位体積あたりの結晶化ガラス材料の含有量が、互いに等しくなるように、基材層の各厚みが設定されることが好ましい。

【0028】

生の積層体が、導体膜に電氣的に接続されかつ特定の基材層を厚み方向に貫通するように設けられるビアホール導体を備える場合、生の積層体は、その両主面上に形成されかつ拘束層と同じ組成を有する収縮抑制層をさらに備えていることが好ましい。この場合、焼成工程の後、未焼結の収縮抑制層を除去する工程がさらに実施される。

【0029】

上述のビアホール導体が、生の積層体の積層方向における最も端に位置する基材層に設けられるものを含む場合、特に上記の収縮抑制層を用いる実施態様が有利に適用される。

【0030】

また、生の積層体において、基材層が収縮抑制層に接していることが好ましい。

【0031】

この発明に係る多層セラミック基板の製造方法において、焼成工程の後、基材層の熱膨張係数と介在層の熱膨張係数との差は絶対値で  $2.0 \text{ ppm} /$  以下となり、かつ、拘束層の熱膨張係数と介在層の熱膨張係数との差は絶対値で  $2.0 \text{ ppm} /$  以下となるようにされることが好ましい。

【0032】

この発明は、さらに、上述のような多層セラミック基板の製造方法において用いられる、多層セラミック基板作製用複合グリーンシートにも向けられる。

【0034】

この発明に係る多層セラミック基板作製用複合グリーンシートは、第1の局面では、結晶化ガラス材料または焼成によって溶融してガラス化されることにより結晶化ガラス材料となり得るガラス成分および第1のセラミック材料を含む第1の粉体を含む、生の状態にある基材層と、結晶化ガラス材料を溶融させ得る温度では焼結しない第2のセラミック材料を含む第2の粉体を含む、生の状態にある拘束層と、結晶化ガラス材料の溶融物の粘度を下げるように作用する粘度低下物質を含む第3の粉体を含む、生の状態にある介在層とを備え、上記粘度低下物質は、基材層に含まれる結晶化ガラス材料よりも低粘度の低粘度ガラス材料および/または基材層に含まれる結晶化ガラス材料よりも低融点の低融点ガラス材料を含み、上記介在層は、その一方主面が基材層に接し、かつその他方主面が拘束層に接するように位置している。

【0035】

第2の局面では、結晶化ガラス材料または焼成によって溶融してガラス化されることにより結晶化ガラス材料となり得るガラス成分および第1のセラミック材料を含む第1の粉体を含む、生の状態にある基材層と、結晶化ガラス材料を溶融させ得る温度では焼結しない第2のセラミック材料を含む第2の粉体を含む、生の状態にある拘束層と、結晶化ガラス材料の溶融物の粘度を下げるように作用する粘度低下物質を含む第3の粉体を含む、生の状態にある介在層とを備え、上記粘度低下物質は、基材層に含まれる結晶化ガラス材料よりも低粘度の低粘度ガラス材料および/または基材層に含まれる結晶化ガラス材料よりも低融点の低融点ガラス材料を含み、第1の基材層、第1の介在層、拘束層、第2の介在層および第2の基材層がこの順序で積層されている。

【発明の効果】

【0036】

この発明によれば、基材層と拘束層との間に介在層が位置されているので、基材層に含

10

20

30

40

50

まれる結晶化ガラス材料を介在層に含まれる粘度低下物質に接した状態とすることができる。したがって、焼成工程において、介在層に含まれる粘度低下物質の一部が基材層へと溶出したり、基材層に含まれる結晶化ガラス材料に混ざったりすることによって、基材層に含まれる結晶化ガラス材料の粘度を低下させる。その結果、介在層を通して、基材層に含まれる結晶化ガラス材料を、拘束層へとより円滑に浸透させることができる。

【0037】

そのため、拘束層を薄くするといった手段に頼ることなく、結晶化ガラス材料を拘束層に十分に浸透させることができるので、拘束層が及ぼす焼成時の拘束力を十分なものとするることができる。また、結晶化ガラス材料の粘度を低下させるために焼成温度を高くするといった手段に頼る必要がないので、焼成温度を比較的低くすることができる。これらのことから、得られた多層セラミック基板において、反りなどの変形を生じさせにくくすることができる。また、基材層に含まれる結晶化ガラス材料として、電気的特性を犠牲にしてまで低粘度のものを用いる必要がないため、多層セラミック基板において、良好な電気的特性を確保することができるとともに、基材層に含まれる結晶化ガラス材料の選択の幅を広げることができる。

10

【0038】

また、この発明によれば、特許文献1に記載されたものの場合と同様、第2のセラミック材料を含む第2の粉体を焼結させないので、この第2の粉体を含む拘束層が基材層の収縮を抑制するように作用し、焼成による多層セラミック基板全体としての収縮を抑制することができる。結果として、得られた多層セラミック基板において、不所望な変形を抑制するとともに、寸法のばらつきを低減することができる。また、拘束層に含まれる第2の粉体は、未焼結状態にあるが、結晶化ガラス材料を含む第1の粉体の一部および第3の粉体の一部が拘束層に拡散あるいは流動することによって、互いに固着されているので、拘束層を後で除去する必要がなく、そのままの状態で使用に供することができる。

20

【0039】

上述のような寸法のばらつきは、特にキャビティを有する多層セラミック基板において生じやすいので、この発明は、キャビティを有する多層セラミック基板およびその製造方法に対してより有利に適用されることができる。このことから、また、この発明がキャビティを有する多層セラミック基板に対して適用されると、キャビティの部分における歪みも低減することができる。

30

【0040】

この発明において、基材層に含まれる結晶化ガラス材料の一部が、拘束層の全域に拡散あるいは流動しており、第2の粉体のすべてが、この結晶化ガラス材料の一部によって互いに固着されていると、多層セラミック基板の機械的強度を高めることができる。

【0041】

複数の基材層を備え、積層方向に隣り合う基材層間において、介在層、拘束層および介在層がこの順序で積層されている積層構造部分を備えている場合、積層方向に隣り合う基材層の各々における単位体積あたりの結晶化ガラス材料の含有量が、互いに等しくなるようにされると、積層方向に隣り合う基材層の各々から、それらの間に位置する拘束層への結晶化ガラス材料の浸透量のバランスが良好となり、焼成工程において、基材層の各々の収縮量を互いにほぼ等しくすることができる。そのため、得られた多層セラミック基板において反りが生じることをより確実に抑制することができる。

40

【0042】

拘束層が基材層より薄いと、基材層に含まれる結晶化ガラス材料を、拘束層の全域により容易に拡散あるいは流動させることができる。

【0043】

この発明に係る多層セラミック基板の製造方法において、生の積層体が、ピアホール導体を備えるとともに、その両主面上に形成される収縮抑制層を備える場合、まず、焼成工程において生じ得る多層セラミック基板の反りをより生じにくくすることができる。収縮抑制層は、その厚みが厚いほど、このような反りを抑制する力が強くなる。

50

## 【0044】

また、この発明では、焼成工程において、多層セラミック基板の主面方向での収縮が抑制されるため、積層方向での収縮がより大きく生じる。他方、ビアホール導体は、導電成分を主成分とするため、焼成工程での収縮率が比較的低く、その結果、ビアホール導体の存在が起因して、焼成後において、多層セラミック基板の表面に突起が生じてしまうという問題に遭遇することがある。前述した収縮抑制層は、ビアホール導体に起因する突起を抑制するようにも作用する。

## 【0045】

ビアホール導体が、生の積層体の積層方向における最も端に位置する基材層に設けられていると、前述した突起がより生じやすいため、収縮抑制層による効果がより顕著に発揮される。

10

## 【0046】

また、生の積層体において、基材層が、介在層を介することなく、収縮抑制層に接していると、収縮抑制層への結晶化ガラス材料の拡散あるいは流動を生じさせにくくすることができ、焼成工程の後、収縮抑制層を容易に除去することができるとともに、基材層の外方に向く主面上に導体膜を問題なく形成することができる。

## 【0047】

この発明において、基材層の熱膨張係数と介在層の熱膨張係数との差が絶対値で  $2.0 \text{ ppm/}$  以下であり、かつ、拘束層の熱膨張係数と介在層の熱膨張係数との差が絶対値で  $2.0 \text{ ppm/}$  以下であると、たとえば焼成工程後の冷却過程において残留する応力を低減できるので、この応力に起因するクラック等の構造欠陥を生じにくくすることができる。多層セラミック基板の信頼性を高めることができる。

20

## 【0048】

この発明に係る多層セラミック基板作製用複合グリーンシートによれば、多層セラミック基板の製造のために作製される生の積層体を能率的に作製することが可能になる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0049】

【図1】図1は、この発明の第1の実施形態による多層セラミック基板1を図解的に示す断面図である。

【図2】図2は、図1に示した多層セラミック基板1を製造するために作製される生の積層体11を図解的に示す断面図である。

30

【図3】図3は、生の積層体を作製するために用いられる複合グリーンシートの第1の例を示す断面図である。

【図4】図4は、生の積層体を作製するために用いられる複合グリーンシートの第2の例を示す断面図である。

【図5】図5は、生の積層体を作製するために用いられる複合グリーンシートの第3の例を示す断面図である。

【図6】図6は、生の積層体を作製するために用いられる複合グリーンシートの第4の例を示す断面図である。

【図7】図7は、生の積層体を作製するために用いられる複合グリーンシートの第5の例を示す断面図である。

40

【図8】図8は、この発明の第2の実施形態による多層セラミック基板1aの一部を図解的に示す断面図である。

【図9】図9は、この発明の第3の実施形態による多層セラミック基板1bを図解的に示す断面図である。

【図10】図10は、この発明の第4の実施形態による多層セラミック基板1cを図解的に示す断面図である。

【図11】図11は、この発明の第5の実施形態による多層セラミック基板1dを図解的に示す断面図である。

【図12】図12は、この発明の第6の実施形態による多層セラミック基板1eを図解的に示す断面図である。

50

に示す断面図である。

【図13】図13は、この発明の第7の実施形態による多層セラミック基板1fを図解的に示す断面図である。

【図14】図14は、実験例1において作製した試料1および5の各々に係る生の積層体31を断面で示す正面図である。

【図15】図15は、実験例1において作製した試料2に係る生の積層体41を断面で示す正面図である。

【図16】図16は、実験例1において作製した試料3に係る生の積層体45を断面で示す正面図である。

【図17】図17は、実験例1において作製した試料4に係る生の積層体48を断面で示す正面図である。

10

【図18】図18は、実験例2において、試料としての多層セラミック基板51を得るために作製される、分割前のマザー基板50の外観を示す平面図である。

【図19】図19は、図18に示したマザー基板50を分割して得られた試料としての多層セラミック基板51を示すもので、(a)は、(b)または(c)の線A-Aに沿う断面図であり、(b)は、(a)のB-Bに沿う断面図であり、(c)は、(a)の線C-Cに沿う断面図である。

【符号の説明】

【0050】

- 1, 1a, 1b, 1c, 1d, 1e, 1f 多層セラミック基板
- 2 基材層
- 3 拘束層
- 4 介在層
- 5~7, 23 導体膜
- 8 ピアホール導体
- 11 生の積層体
- 12 収縮抑制層
- 16~20 複合グリーンシート
- 26 キャビティ

20

【発明を実施するための最良の形態】

30

【0051】

図1は、この発明の第1の実施形態による多層セラミック基板1を図解的に示す断面図である。図1において、多層セラミック基板1は、その厚み方向寸法が誇張されて図示されている。

【0052】

多層セラミック基板1は、各々複数の基材層2と拘束層3と介在層4とを備える積層構造を有している。この実施形態では、積層方向に隣り合う基材層2間において、介在層4、拘束層3および介在層4がこの順序で積層されている積層構造部分を備えている。また、この実施形態では、積層方向に隣り合う拘束層3間において、介在層4、2つの基材層2および介在層4がこの順序で積層されている積層構造部分を備えている。なお、この実施形態では、2つの基材層2が互いに接した状態で図示されているが、これは、後述する製造方法の説明を容易にするためのもので、実際には、隣り合う2つの基材層2は互いに一体化されている。

40

【0053】

基材層2は、結晶化ガラス材料および第1のセラミック材料を含む第1の粉体の集合体をもって構成される。上述の結晶化ガラス材料としては、たとえば、SiO<sub>2</sub>-CaO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>系のものが用いられる。第1のセラミック材料としては、たとえばアルミナが用いられる。

【0054】

拘束層3は、上記結晶化ガラス材料を溶融させ得る温度では焼結しない第2のセラミッ

50

ク材料を含む第2の粉体の集合体をもって構成される。この第2のセラミック材料としては、たとえばアルミナが有利に用いられる。

【0055】

介在層4は、上記結晶化ガラス材料の溶融物の粘度を下げるように作用する粘度低下物質を含む第3の粉体の集合体をもって構成される。粘度低下物質としては、基材層2に含まれる結晶化ガラス材料よりも低粘度の低粘度ガラス材料および/または基材層2に含まれる結晶化ガラス材料よりも低融点の低融点ガラス材料が用いられる。低粘度ガラス材料としては、好ましくは、 $B_2O_3$ を多く含むガラス材料が用いられる。また、低融点ガラス材料としては、たとえば、 $SiO_2 - PbO$ 系ガラス材料を用いることができる。なお、このような粘度低下物質の作用については、多層セラミック基板1の製造方法の説明において後述する。

10

【0056】

多層セラミック基板1において、介在層4は、その一方主面が基材層2に接し、かつその他方主面が拘束層3に接するように位置している。

【0057】

また、基材層2に含まれる第1の粉体の少なくとも一部は、焼結状態である。他方、拘束層3に含まれる第2の粉体は、未焼結状態にあるが、上記結晶化ガラス材料を含む第1の粉体の一部および介在層4に含まれる第3の粉体の一部が拘束層3に拡散あるいは流動することによって、互いに固着されている。

【0058】

好ましくは、基材層2に含まれる結晶化ガラス材料の一部は、拘束層3の全域に拡散あるいは流動しており、第2の粉体のすべてが、この結晶化ガラス材料の一部によって互いに固着されている。なお、完成品としての多層セラミック基板1の基材層2に含まれる結晶化ガラス材料は、第1の粉体の少なくとも一部を焼結させるための焼成工程より前の段階でガラス化されていたものを含んでいても、焼成工程により溶融してガラス化されたものを含んでいてもよい。

20

【0059】

この実施形態では、拘束層3は基材層2より薄くされる。

【0060】

多層セラミック基板1は、さらに、配線導体を備えている。配線導体は、たとえばコンデンサまたはインダクタのような受動素子を構成したり、あるいは素子間の電氣的接続のような接続配線を行なったりするためのもので、典型的には、いくつかの導体膜5~7およびいくつかのビアホール導体8をもって構成される。

30

【0061】

導体膜5は、多層セラミック基板1の内部に形成される。この実施形態では、基材層2の主面に沿って形成されているが、必ずしも、この場所に形成される必要はなく、拘束層3または介在層4に沿って形成されてもよい。導体膜6および7は、それぞれ、多層セラミック基板1の一方主面上および他方主面上に形成される。なお、この実施形態では、導体膜6および7は、ともに、基材層2上に位置している。ビアホール導体8は、導体膜5~7のいずれかと電氣的に接続されかつ特定の基材層2を厚み方向に貫通するように設けられる。

40

【0062】

多層セラミック基板1の一方主面上には、導体膜6に電氣的に接続された状態で、チップ部品9および10が搭載される。

【0063】

次に、多層セラミック基板1の製造方法について説明する。図2は、多層セラミック基板1を製造するために作製される生の積層体11を図解的に示す断面図である。図2において、図1に示した要素に相当する要素には同様の参照符号を付し、重複する説明は省略する。なお、図2では、焼成による収縮が生じる前の生の状態が図示されているので、特に基材層2については、その厚み方向寸法が図1に図示したものに比べて大きくされてい

50

る。

【0064】

生の積層体11は、図1に示した多層セラミック基板1に備える要素に対応する要素を備えている。より詳細には、生の積層体11は、生の状態にある基材層2と、生の状態にある拘束層3と、生の状態にある介在層4とを備えている。また、導体膜5～7およびビアホール導体8が、導電性金属粉末を含む導電性ペーストを焼成することによって形成される場合には、生の積層体11は、それぞれ生の状態にある導体膜5～7およびビアホール導体8を備えている。

【0065】

生の状態にある基材層2は、結晶化ガラス材料または焼成によって溶融してガラス化されることにより結晶化ガラス材料となり得るガラス成分および第1のセラミック材料を含む第1の粉体を含んでいる。一例として、生の状態にある基材層2は、結晶化ガラス材料としての $\text{SiO}_2 - \text{CaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{B}_2\text{O}_3$ 系ガラス粉末と、第1のセラミック材料としてのアルミナ粉末と、分散媒としての水と、バインダとしてのポリビニルアルコールと、分散剤としてのポリカルボン酸系分散剤とを含んでいる。

10

【0066】

生の状態にある拘束層3は、上記結晶化ガラス材料を溶融させ得る温度では焼結しない第2のセラミック材料を含む第2の粉体を含んでいる。一例として、生の状態にある拘束層3は、第2のセラミック材料としてのアルミナ粉末と、分散媒としての水と、バインダとしてのポリビニルアルコールと、分散剤としてのポリカルボン酸系分散剤とを含んでいる。

20

【0067】

生の状態にある介在層4は、上記結晶化ガラス材料の溶融物の粘度を下げるように作用する粘度低下物質を含む第3の粉体を含んでいる。粘度低下物質としては、前述したように、低粘度ガラス材料および/または低融点ガラス材料が用いられる。一例として、生の状態にある介在層4は、 $\text{B}_2\text{O}_3$ を多く含む $\text{SiO}_2 - \text{CaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{MgO} - \text{B}_2\text{O}_3$ 系ガラス粉末と、アルミナ粉末と、分散媒としての水と、バインダとしてのポリビニルアルコールと、分散剤としてのポリカルボン酸系分散剤とを含んでいる。なお、上記のような $\text{B}_2\text{O}_3$ を多く含む $\text{SiO}_2 - \text{CaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{MgO} - \text{B}_2\text{O}_3$ 系ガラスは、低粘度ガラス材料であるが、これに代えて、低融点ガラス材料として、 $\text{SiO}_2 - \text{PbO}$ 系ガラスを用いてもよい。

30

【0068】

導体膜5～7およびビアホール導体8を形成するための導電性ペーストは、一例として、 $\text{Ag}$ 粉末と、バインダとしてのエチルセルロースと、溶剤としてのテルペン類とを含んでいる。

【0069】

生の積層体11は、さらに、その両主面上に形成される収縮抑制層12を備えている。収縮抑制層12は、前述した生の状態にある拘束層3と同じ組成を有している。なお、収縮抑制層12を備えずに、多層セラミック基板1を作製してもよい。また、収縮抑制層12を介して生の積層体11を複数積み重ねることにより、複数の多層セラミック基板1を一挙に作製するようにしてもよい。

40

【0070】

次に、生の積層体11が集合体である場合は、所望の大きさに分割する。なお、集合体である生の積層体11に分割線となるべき溝を形成して焼成し、焼成後の集合基板を先の分割線に沿って分割してもよい。

【0071】

次に、生の積層体11を焼成する工程が実施される。この焼成工程において付与される温度等の条件は、焼成工程の後、次のような状態が得られるように選ばれる。すなわち、焼成工程の結果、基材層2に含まれる第1の粉体の少なくとも一部は焼結する。また、基材層2に含まれる結晶化ガラス材料を含む第1の粉体の一部および介在層4に含まれる第

50

3の粉体の一部は、拘束層3に拡散あるいは流動する。これによって、拘束層3に含まれる第2の粉体は、焼結せずに、互いに固着される。

【0072】

上述した焼成工程において、基材層2に含まれる結晶化ガラス材料の一部は、拘束層3の全域に拡散あるいは流動し、これによって、第2の粉体のすべてが互いに固着されることが好ましい。

【0073】

焼成工程において、拘束層3に含まれる第2の粉体は焼結しないため、拘束層3には実質的な収縮が生じない。したがって、拘束層3は、基材層2に対して、収縮抑制作用を及ぼし、基材層2の主面方向での収縮を抑制する。また、収縮抑制層12についても、拘束層3と同様の収縮抑制作用を、基材層2に対して及ぼす。これらのことから、焼成による収縮は、基材層2の厚み方向においてのみ実質的に生じるようになり、得られた多層セラミック基板1の不所望な変形が生じにくくなり、寸法精度を高めることができる。

【0074】

また、焼成工程において、介在層4に含まれる粘度低下物質は、基材層2に含まれる結晶化ガラス材料の溶融物の粘度を下げるように作用し、拘束層3への結晶化ガラス材料の浸透を促進する。

【0075】

より具体的には、粘度低下物質として、 $B_2O_3$ を多く含むガラス材料のような低粘度ガラス材料および/または $SiO_2 - PbO$ 系ガラス材料のような低融点ガラス材料が用いられると、焼成工程において、これら低粘度ガラス材料および/または低融点ガラス材料は、基材層2に含まれる結晶化ガラス材料に混ざることによって、この結晶化ガラス材料の溶融物の粘度を物理的に下げるように作用する。この場合、介在層4は、 $2 \sim 10 \mu m$ 程度の厚みとされることが好ましい。

【0076】

なお、基材層2に含まれる結晶化ガラス材料は、焼成工程より前の段階でガラス化されているものの他、焼成工程において、結晶化ガラス材料となり得るガラス成分を溶融してガラス化したものであってもよい。

【0077】

焼成工程での上述した結晶化ガラス材料の挙動の結果、焼成工程の後において、介在層4、拘束層3および介在層4を介在させて積層方向に隣り合う基材層2の各々における単位体積あたりの結晶化ガラス材料の含有量（拘束層3への拡散または流動の結果、残存した量）は、互いに等しくなるように、基材層2の各厚みが設定されることが好ましい。この実施形態では、より具体的には、拘束層3の各側に配置される基材層2の各厚みが互いに同じとされている。

【0078】

前述したように、基材層2は、拘束層3および収縮抑制層12によって主面方向での収縮が抑制された状態にあるため、焼成工程において、厚み方向に関して比較的大きく収縮する。他方、導体膜5～7およびビアホール導体8においても、焼成工程において、導電性金属粉末が焼結するため収縮が生じる。しかしながら、導体膜5～7およびビアホール導体8の収縮率は、基材層2の厚み方向での収縮率に比べて低い。その結果、焼成後において、多層セラミック基板1には、ビアホール導体8の存在に起因する突起が不所望にも形成されることがある。特に、ビアホール導体8が、積層方向における最も端に位置する基材層2に設けられている場合、上述した突起が生じやすい。収縮抑制層12は、このような突起の発生を抑制するのに効果的である。

【0079】

収縮抑制層12は、焼成工程において焼結しない。この未焼結の収縮抑制層12は、焼成工程の後、除去される。このような収縮抑制層12の除去を容易にするためには、収縮抑制層12中にガラス材料が浸透していない方が好ましい。そのため、生の積層体11において、基材層2と収縮抑制層12との間には、介在層4が形成されず、基材層2が収縮

10

20

30

40

50

抑制層 1 2 に接していることが好ましい。また、上述のように、基材層 2 と収縮抑制層 1 2 との間に介在層 4 が形成されていない方が、基材層 2 上に導体膜 6 および 7 を形成することによって好都合である。

【 0 0 8 0 】

なお、多層セラミック基板 1 の外表面上に形成される導体膜 6 および 7 については、生の積層体 1 1 を焼成し、収縮抑制層 1 2 を除去した後、導電性ペーストを付与し、これを焼き付けることによって形成してもよい。

【 0 0 8 1 】

次に、必要に応じて、多層セラミック基板 1 上に、図 1 に示すように、チップ部品 9 および 1 0 が搭載される。

10

【 0 0 8 2 】

上述した多層セラミック基板 1 において、基材層 2、拘束層 3 および介在層 4 は、互いに異なる材料から構成されるため、各々の熱膨張係数が互いに異なるのが通常である。この場合、焼成工程後の冷却過程において、多層セラミック基板 1 中のガラス成分の流動性が失われたとき、基材層 2、拘束層 3 および介在層 4 の各々には、熱膨張係数が小さい方に圧縮応力、熱膨張係数が大きい方に引っ張り応力がそれぞれ残留することになる。一般に、セラミック材料は、圧縮応力に比べ、引っ張り応力に対しての強度が低く、引っ張り応力についての限界強度に達すると、クラック等の構造欠陥が発生することがある。この問題を解決するため、基材層 2 の熱膨張係数と介在層 4 の熱膨張係数との差は絶対値で 2 . 0 ppm / 以下であり、かつ、拘束層 3 の熱膨張係数と介在層 4 の熱膨張係数との差は絶対値で 2 . 0 ppm / 以下とされることが好ましい。

20

【 0 0 8 3 】

生の積層体 1 1 を作製するため、基材層 2、拘束層 3 および介在層 4 の各々を 1 層ずつ積層することも考えられるが、好ましくは、以下に説明するように、複合グリーンシートの状態で用意され、この複合グリーンシートを用いて生の積層体 1 1 を作製するようにされる。

【 0 0 8 4 】

図 3 ないし図 7 には、複合グリーンシートのいくつかの例が断面図で示されている。図 3 ないし図 7 において、図 2 に示した要素に相当する要素には同様の参照符号を付している。また、図 3 ないし図 7 においては、導体膜やビアホール導体の図示が省略されている。

30

【 0 0 8 5 】

図 3 ないし図 7 には、たとえばポリエチレンテレフタレートからなるキャリアフィルム 1 5 が図示されている。キャリアフィルム 1 5 は、たとえば基材層 2 となるべきセラミックスラリーをシート状に成形する際に用いられ、また、成形された後のグリーンシートの取り扱いを容易にする。キャリアフィルム 1 5 は、生の積層体 1 1 を得るための積層工程を終えた段階では剥離され除去される。

【 0 0 8 6 】

図 3 に示した複合グリーンシート 1 6 は、キャリアフィルム 1 5 上に、生の状態にある基材層 2 となるべきグリーンシートが成形され、その後、必要に応じて乾燥され、次いで、基材層 2 上に、生の状態にある介在層 4 となるべきグリーンシートが成形されることによって得られたものである。この複合グリーンシート 1 6 の場合、図示しないが、介在層 4 上に導体膜を形成することが容易である。

40

【 0 0 8 7 】

上述した基材層 2 となるべきグリーンシートの成形と介在層 4 となるべきグリーンシートの成形とは、一連の工程をもって実施してもよいが、基材層 2 となるべきグリーンシートを成形した後、基材層 2 となるべきグリーンシートを保持するキャリアフィルム 1 5 を、一旦、ロール状に巻き、その後、ロールから基材層 2 となるべきグリーンシートをキャリアフィルム 1 5 とともに引き出し、介在層 4 となるべきグリーンシートを成形するようにしてもよい。このことは、図 4 ないし図 7 を参照して説明する他の複合グリーンシート

50

17～20の場合についても言える。

【0088】

図4に示した複合グリーンシート17は、キャリアフィルム15上に、生の状態にある介在層4となるべきグリーンシートが成形され、その後、必要に応じて乾燥され、次いで、生の状態にある基材層2となるべきグリーンシートが成形されることによって得られたものである。この複合グリーンシート17の場合、図示しないが、基材層2上に導体膜を形成することが容易である。

【0089】

なお、図3に示した複合グリーンシート16と図4に示した複合グリーンシート17とは、キャリアフィルム15を除去した状態では、互いに同じ積層構造を有している。

10

【0090】

図5に示した複合グリーンシート18は、キャリアフィルム15上に、生の状態にある基材層2となるべきグリーンシートが成形され、その後、必要に応じて乾燥され、次いで、基材層2上に、生の状態にある介在層4となるべきグリーンシートが成形され、その後、必要に応じて乾燥され、次いで、介在層4上に、生の状態にある拘束層3となるべきグリーンシートが成形されることによって得られたものである。この複合グリーンシート18の場合、図示しないが、拘束層3上に導体膜を形成することが容易である。

【0091】

図6に示した複合グリーンシート19は、キャリアフィルム15上に、生の状態にある拘束層3となるべきグリーンシートが成形され、その後、必要に応じて乾燥され、次いで、拘束層3上に、生の状態にある介在層4となるべきグリーンシートが成形され、その後、必要に応じて乾燥され、次いで、介在層4上に、生の状態にある基材層2となるべきグリーンシートが成形されることによって得られたものである。この複合グリーンシート19の場合、図示しないが、基材層2上に導体膜を形成することが容易である。

20

【0092】

なお、図5に示した複合グリーンシート18と図6に示した複合グリーンシート19とは、キャリアフィルム15を除去した状態では、互いに同じ積層構造を有している。

【0093】

図7に示した複合グリーンシート20は、キャリアフィルム15上に、生の状態にある基材層2となるべきグリーンシート、生の状態にある介在層4となるべきグリーンシート、生の状態にある拘束層3となるべきグリーンシート、生の状態にある介在層4となるべきグリーンシート、および生の状態にある基材層2となるべきグリーンシートが、この順序で成形されることによって得られたものである。この複合グリーンシート20の場合、図示しないが、基材層2上に導体膜を形成することが容易である。

30

【0094】

上述した複合グリーンシート16～20は、これらのうちのいずれかを単独で用いたり、これらのうちのいずれかを組み合わせて用いたりすることによって、生の積層体11を作製することができる。たとえば、複合グリーンシート16または17と複合グリーンシート18または19とを組み合わせることによって、生の積層体11を作製することができる。また、複数の複合グリーンシート20を積層することによって、生の積層体11を作製することができる。

40

【0095】

図8は、この発明の第2の実施形態による多層セラミック基板1aの一部を図解的に示す断面図である。図8において、多層セラミック基板1aは、その積層方向での一部が図示されている。また、図8において、図1に示す要素に相当する要素には同様の参照符号を付し、重複する説明は省略する。

【0096】

図8に示した多層セラミック基板1aは、拘束層3または介在層4の主面に沿って形成される導体膜23を備えていることを特徴としている。この実施形態からわかるように、導体膜は、基材層2、拘束層3および介在層4のいずれの主面に沿って形成されていても

50

よい。

【0097】

たとえば、基材層2が有する特定の電磁気的特性を利用しようとする場合には、基材層2の主面に沿って導体膜5が形成され、拘束層3が有する特定の電磁気的機能を利用しようとする場合には、導体膜23が拘束層3の主面に沿って形成される。したがって、基材層2に含まれる第1の粉体あるいは拘束層3に含まれる第2の粉体としては、必要に応じて、電気絶縁性、誘電性、圧電性、磁性等の任意の性質を有するものを用いることができ、それによって、多層セラミック基板1aにおいて、特定の電磁気的機能を付与することができる。

【0098】

図9は、この発明の第3の実施形態による多層セラミック基板1bを図解的に示す断面図である。図9において、図1に示した要素に相当する要素には同様の参照符号を付し、重複する説明は省略する。なお、図9では、導体膜およびビアホール導体のような配線導体の図示が省略されている。

【0099】

図9に示した多層セラミック基板1bは、一方の主面に沿って開口を位置させているキャビティ26を備えることを特徴としている。キャビティ26内には、図示しないが、チップ部品が搭載される。このようなキャビティ26を備える多層セラミック基板1bを製造する場合、キャビティ26は、生の積層体の段階で設けられている。したがって、生の積層体を作製するため、複数のグリーンシートが積層されるとき、複数のグリーンシートのうちの特定のものにキャビティ26となるべき貫通孔が予め設けられる。

【0100】

生の積層体を焼成するとき、そこにキャビティが設けられている場合、不所望な変形が生じやすい。したがって、この発明による変形抑制作用は、図9に示すようなキャビティ26を備える多層セラミック基板1bを製造しようとするとき、特に効果的に発揮される。

【0101】

図10ないし図13は、それぞれ、この発明の第4ないし第7の実施形態による多層セラミック基板1c、1d、1eおよび1fを図解的に示す断面図である。図10ないし図13にそれぞれ示した多層セラミック基板1c、1d、1eおよび1fは、図9に示したキャビティ26を備える多層セラミック基板1bの変形例に相当するものである。図10ないし図13において、図9に示した要素に相当する要素には同様の参照符号を付し、重複する説明は省略する。なお、図10ないし図13においても、導体膜およびビアホール導体のような配線導体の図示が省略されている。

【0102】

キャビティを備える多層セラミック基板においては、キャビティの底面より上方の部分であってキャビティを取り囲む側壁部分とキャビティの底面より下方の部分である底壁部分とのそれぞれが焼成時に収縮しようとするため、応力が発生し、側壁部分と底壁部分との界面にクラック等の欠陥が生じる可能性がある。

【0103】

そこで、図10ないし図13にそれぞれ示した多層セラミック基板1c、1d、1eおよび1fでは、側壁部分27と底壁部分28との界面に沿って拘束層3が配置されている。これによって、焼成時において、側壁部分27と底壁部分28とのそれぞれが拘束層3によって拘束されて各々の収縮が抑制されるようにし、そのため、クラック等が発生しにくくされている。

【0104】

より具体的には、図10に示した多層セラミック基板1cでは、キャビティ26の底面が拘束層3によって規定されかつ側壁部分27と底壁部分28との界面の両側に拘束層3が存在するように、拘束層3が配置されている。

【0105】

10

20

30

40

50

図 1 1 に示した多層セラミック基板 1 d では、キャビティ 2 6 の底面が基材層 2 によって規定されるが、側壁部分 2 7 における底壁部分 2 8 に近接した位置に拘束層 3 が配置されている。

【 0 1 0 6 】

図 1 2 に示した多層セラミック基板 1 e では、キャビティ 2 6 の底面が介在層 4 によって規定されるが、側壁部分 2 7 と底壁部分 2 8 との界面に近接した位置に拘束層 3 が配置されている。

【 0 1 0 7 】

図 1 3 に示した多層セラミック基板 1 f では、キャビティ 2 6 の底面が拘束層 3 によって規定されるように、拘束層 3 が配置されている。

10

【 0 1 0 8 】

これらの多層セラミック基板 1 c ~ 1 f のうち、特に、図 1 0 に示した多層セラミック基板 1 c においては、側壁部分 2 7 と底壁部分 2 8 との界面を介して、側壁部分 2 7 側および底壁部分 2 8 側の双方に拘束層 3 が形成されているので、最も効果的に収縮を抑制することができる。

【 0 1 0 9 】

次に、この発明による効果を確認するために実施した実験例について説明する。

【 0 1 1 0 】

[ 実験例 1 ]

1 . 試料の作製

20

この実験例では、次のような試料 1 ~ 5 の各々に係る多層セラミック基板を作製した。

【 0 1 1 1 】

( 1 ) 試料 1

試料 1 は、この発明の範囲内にある実施例に該当するもので、図 1 4 に示すような構造を有する生の積層体 3 1 を焼成して得られたものである。図 1 4 は、生の積層体 3 1 を断面で示す正面図である。

【 0 1 1 2 】

生の積層体 3 1 は、それぞれ生の状態にある基材層 3 2、拘束層 3 3 および介在層 3 4 を備え、1 層の拘束層 3 3 に対して、各側に、各々 1 層の介在層 3 4 を介して、各々 3 層の基材層 2 3 を積層した構造を有している。また、生の積層体 3 1 は、その上方主面および下方主面上に複数の外部導体膜 3 5 をそれぞれ形成するとともに、その内部に複数の内部導体膜 3 6 を形成している。内部導体膜 3 6 は、拘束層 3 3 の両主面上にそれぞれ形成した。また、生の積層体 3 1 は、その内部に、基材層 2 3 を貫通しかつ外部導体膜 3 5 と内部導体膜 3 6 とを接続するように複数のビアホール導体 3 7 を形成している。

30

【 0 1 1 3 】

上述のような構造の生の積層体 3 1 における基材層 3 2 となるべきグリーンシートを次のように作製した。すなわち、平均粒径約 2  $\mu\text{m}$  のワラステナイトを析出する結晶化ガラス  $\text{SiO}_2 - \text{CaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{B}_2\text{O}_3$  ( 4 4 : 4 7 : 5 : 4 ) 系ガラス粉末 5 0 重量部と、平均粒径 1 . 5  $\mu\text{m}$  のアルミナ粉末 5 0 重量部と、分散媒としての水 5 0 重量部と、バインダとしてのポリビニルアルコール 2 0 重量部と、ポリカルボン酸系分散剤 1 重量部とを混合してスラリーとし、このスラリーから気泡を除去した後、ドクターブレード法によってスラリーをシート状に成形し、乾燥することによって、厚み 3 0  $\mu\text{m}$  の基材層 3 2 となるべきグリーンシートを得た。

40

【 0 1 1 4 】

また、生の積層体 3 1 における拘束層 3 3 となるべきグリーンシートを次のように作製した。すなわち、平均粒径 1  $\mu\text{m}$  のアルミナ粉末 1 0 0 重量部と、分散媒としての水 5 0 重量部と、バインダとしてのポリビニルアルコール 2 0 重量部と、分散剤としてのポリカルボン酸系分散剤 1 重量部とを混合してスラリーとし、このスラリーから気泡を除去した後、ドクターブレード法によってスラリーをシート状に成形し、乾燥することによって、厚み 1 0  $\mu\text{m}$  の拘束層 3 3 となるべきグリーンシートを得た。

50

## 【0115】

また、生の積層体31における介在層34となるべきグリーンシートを次のように作製した。すなわち、平均粒径約4 $\mu$ mの単独では結晶化しないSiO<sub>2</sub>-CaO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-MgO-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(36:13:24:2:24)系ガラス粉末50重量部と、平均粒径0.35 $\mu$ mのアルミナ粉末50重量部と、分散媒としての水50重量部と、バインダとしてのポリビニルアルコール20重量部と、分散剤としてのポリカルボン酸系分散剤1重量部とを混合してスラリーとし、このスラリーから気泡を除去した後、ドクタープレート法によってスラリーをシート状に成形し、乾燥することによって、厚み4 $\mu$ mの介在層34となるべきグリーンシートを得た。

## 【0116】

他方、外部導体膜35、内部導体膜36およびビアホール導体37を形成するための導電性ペーストとして、平均粒径2 $\mu$ mのAg粉末を48重量部、バインダとしてのエチルセルロースを3重量部、ならびに溶剤としてのテルペン類を49重量部含むものを用意した。そして、前述の基材層32となるべきグリーンシートの所定のものおよび拘束層33となるべきグリーンシートに対して、外部導体膜35、内部導体膜36およびビアホール導体37を形成するための工程を実施し、これらの工程において、上記導電性ペーストを付与した。

## 【0117】

次に、上述した各々のグリーンシートを、図14に示した生の積層体31が得られるように積層し、圧着した。この生の積層体31の厚みは、焼成後において0.1mmであった。次いで、生の積層体31を、平面寸法が30mm $\times$ 30mmとなるようにカットした。

## 【0118】

次いで、この生の積層体31を、860、880、900および920の各温度で20分間焼成し、試料1に係る多層セラミック基板を得た。

## 【0119】

## (2) 試料2

試料2は、この発明の範囲内にある実施例に該当するもので、図15に示すような構造を有する生の積層体41を焼成して得られたものである。図15は、生の積層体41を断面で示す正面図である。図15において、図14に示す要素に相当する要素には同様の参照符号を付し、重複する説明は省略する。

## 【0120】

試料2に係る生の積層体41は、試料1に係る生の積層体31と比較して、その両主面上に形成される収縮抑制層42を備える点で異なっている。収縮抑制層42となるべきグリーンシートは、拘束層33となるべきグリーンシートと同じ組成を有していて、その厚みが50 $\mu$ mのものを用意した。そして、焼成工程の後、収縮抑制層42は除去した。その他の点については、試料1の場合と同様の方法によって、試料2に係る多層セラミック基板を作製した。

## 【0121】

## (3) 試料3

試料3は、この発明の範囲内にある実施例に該当するもので、図16に示すような構造を有する生の積層体45を焼成して得られたものである。図16は、生の積層体45を断面で示す正面図である。図16において、図15に示す要素に相当する要素には同様の参照符号を付し、重複する説明は省略する。

## 【0122】

試料3に係る生の積層体45は、試料1に係る生の積層体31に相当する3つの積層体を、収縮抑制層42を介して、積み重ねるとともに、この積み重ねの両端部にも、収縮抑制層42を形成した構造を有している。試料2の場合と同様、収縮抑制層42となるべきグリーンシートは、拘束層33となるべきグリーンシートと同じ組成を有していて、その厚みが50 $\mu$ mのものを用意した。そして、焼成工程の後、収縮抑制層42は除去すると

10

20

30

40

50

ともに、3つの多層セラミック基板を取り出した。その他の点については、試料1の場合と同様である。

【0123】

(4) 試料4

試料4は、この発明の範囲外にある比較例に該当するもので、図17に示すような構造を有する生の積層体48を焼成して得られたものである。図17において、図14に示した要素に相当する要素には同様の参照符号を付している。図17に示した生の積層体48は、図14に示した生の積層体31と比較して、介在層34を備えていない点で相違している。

【0124】

図17に示すような構造の生の積層体48を得るため、介在層34となるべきグリーンシートを用いないことを除いて、前述した試料1の場合と同様の方法により、試料4に係る多層セラミック基板を作製した。

【0125】

(5) 試料5

試料5は、この発明の範囲外にある比較例に該当するもので、図14に示すような構造を有する生の積層体31を焼成して得られたものであるが、介在層34となるべきグリーンシートの組成が異なっている。

【0126】

介在層34となるべきグリーンシートを次のように作製した。すなわち、平均粒径1 $\mu$ mの酸化銅粉末100重量部と、平均粒径1.5 $\mu$ mのアルミナ粉末50重量部と、分散媒としての水50重量部と、バインダとしてのポリビニルアルコール20重量部と、分散剤としてのポリカルボン酸系分散剤1重量部とを混合してスラリーとし、このスラリーから気泡を除去した後、ドクターブレード法によってスラリーをシート状に成形し、乾燥することによって厚み4 $\mu$ mの介在層34となるべきグリーンシートを得た。

【0127】

その他の点については、試料1の場合と同様の方法によって、試料5に係る多層セラミック基板を作製した。

【0128】

2. 評価

以上のような試料1~5の各々について、焼成によるX-Y方向収縮率、ならびに多層セラミック基板の吸水率、反りおよびビアホール導体に起因する多層セラミック基板表面での突出量をそれぞれ評価した。なお、これらの評価は、焼成温度を、860、880、900および920のそれぞれに設定して焼成して得られた各試料について行なった。表1にX-Y方向収縮率の評価結果が、表2に吸水率の評価結果が、表3に反りの評価結果が、表4に突出量がそれぞれ示されている。

【0129】

【表1】

《X-Y方向収縮率[%]》

試料 番号	焼成温度[°C]			
	860	880	900	920
1	0.4	0.4	0.4	0.5
2	0.3	0.3	0.3	0.3
3	0.3	0.3	0.3	0.3
4	0.4	0.5	0.5	0.5
5	0.4	0.4	0.5	0.4

【0130】

10

20

30

40

【表 2】

《吸水率[%]》

試料 番号	焼成温度[°C]			
	860	880	900	920
1	0.1	0	0	0
2	0.1	0	0	0
3	0.1	0	0	0
4	—	1.2	0.8	0.5
5	0.8	0.5	0.3	0.3

10

【 0 1 3 1 】

【表 3】

《反り[μm]》

試料 番号	焼成温度[°C]			
	860	880	900	920
1	11	28	36	62
2	4	3	4	4
3	4	5	5	5
4	8	24	30	52
5	10	26	32	58

20

【 0 1 3 2 】

【表 4】

《突出量[μm]》

試料 番号	焼成温度[°C]			
	860	880	900	920
1	30	35	37	33
2	7	6	7	9
3	8	7	5	8
4	30	32	34	34
5	33	31	34	36

30

【 0 1 3 3 】

表 1 に示すように、作製した試料は、いずれも、焼成時の X - Y 方向収縮率が 0 . 3 ~ 0 . 5 % の範囲内であった。

【 0 1 3 4 】

表 2 に示した吸水率を比較すると、実施例としての試料 1 ~ 3 では、880 の焼成温度で吸水率が 0 % となった。このように、吸水率が 0 % となったことは、拘束層 33 に結晶化ガラス材料が円滑に浸透し、拘束層 33 が十分に緻密化していることを意味している。

40

【 0 1 3 5 】

これらに対して、比較例としての試料 4 および 5 については、試料 5 の方が試料 4 に比べて、より低い焼成温度で吸水率が低下するものの、試料 4 および 5 のいずれについても、920 以下の焼成温度では、吸水率が 0 % となることはなかった。試料 4 において、焼成温度 860 についての吸水率のデータがないのは、拘束層にほとんどガラス材料が浸透しておらず、拘束層から基板が分断され、一体化されなかったためである。

【 0 1 3 6 】

50

なお、試料 5 の方が試料 4 に比べて、より低い焼成温度で吸水率が低下したのは、試料 5 は、図 1 4 を参照して前述したように、介在層 3 4 を備える生の積層体 3 1 を焼成して得られたものであるためである。しかしながら、介在層 3 4 には、遷移元素の酸化物としての酸化銅が含まれていた。酸化銅のような遷移元素の酸化物は、不安定な状態にある結晶化ガラス材料の酸素架橋を切断することにより、初期状態では、一旦、結晶化ガラス材料の粘度を低下させるが、その後、さらに不安定になったガラス材料の結晶化を促進し、ガラス材料の一層の粘度上昇をもたらすことになるため、試料 5 では、ガラス材料が拘束層 3 3 に円滑に浸透しなくなり、前述したように、吸水率を 0 % とすることができず、拘束層 3 3 を十分に緻密化することができなかつたのである。

【 0 1 3 7 】

10

次に、表 3 に示した反りについては、試料 1 ~ 5 のいずれもが、焼成温度が高くなるほど、反りが大きくなる傾向が現れた。特に、この発明の範囲内にある試料 1 ~ 3 の間で比較すると、試料 2 および 3 では、それぞれ、図 1 5 および図 1 6 に示すように、焼成されるべき生の積層体 4 1 および 4 5 が収縮抑制層 4 2 を備えていたため、図 1 4 に示すように、生の積層体 3 1 が収縮抑制層を備えていなかった試料 1 に比べて、反りを大幅に低減することができた。また、この発明の範囲外の試料 4 および 5 では、試料 1 の場合と同様、それぞれ、図 1 7 および図 1 4 に示すように、生の積層体 4 8 および 3 1 が収縮抑制層を備えていなかったため、反りを十分に抑制することができなかつた。

【 0 1 3 8 】

20

次に、表 4 に示した突出量については、この発明の範囲内にある試料 1 ~ 3 の間で比較すると、試料 2 および 3 では、それぞれ、図 1 5 および図 1 6 に示すように、焼成されるべき生の積層体 4 1 および 4 5 が収縮抑制層 4 2 を備えていたため、図 1 4 に示すように、生の積層体 3 1 が収縮抑制層を備えていなかった試料 1 に比べて、突出量を大幅に低減することができた。また、この発明の範囲外の試料 4 および 5 においては、試料 1 の場合と同様、それぞれ、図 1 7 および図 1 4 に示すように、生の積層体 4 8 および 3 1 が収縮抑制層を備えていなかったため、突出量を十分に抑制することができなかつた。

【 0 1 3 9 】

[ 実験例 2 ]

この実験例は、多層セラミック基板に備える基材層、拘束層および介在層の各々の熱膨張係数についての好ましい関係を求めるために実施した。

30

【 0 1 4 0 】

1 . グリーンシートの作製

( 1 ) 基材層用グリーンシート

平均粒径 2  $\mu\text{m}$  であって、ワラストナイトを析出する結晶化ガラス  $\text{SiO}_2 - \text{CaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{B}_2\text{O}_3$  ( 4 4 : 4 7 : 5 : 4 ) 系ガラス粉末 5 0 重量部と、平均粒径 1 . 5  $\mu\text{m}$  のアルミナ粉末 5 0 重量部と、分散媒としての水 5 0 重量部と、バインダとしてのポリビニルアルコール 2 0 重量部と、分散剤としてのポリカルボン酸系分散剤 1 重量部とを混合してスラリーとし、このスラリーから気泡を除去した後、ドクターブレード法によってスラリーをシート状に成形し、乾燥することによって、基材層となるべき厚み 1 0 0  $\mu\text{m}$  のグリーンシートを得た。

40

【 0 1 4 1 】

この基材層用グリーンシートの焼結後の熱膨張係数 ( 1 ) を求めたところ、8 . 3  $\text{ppm}/^\circ\text{C}$  であった。

【 0 1 4 2 】

( 2 ) 拘束層用グリーンシート

【 0 1 4 3 】

【表 5】

拘束層記号	セラミック粉末	熱膨張係数( $\alpha 2$ ) [ppm/°C]
R1	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.2
R2	TiO <sub>2</sub>	7.1
R3	TiO <sub>2</sub> +La <sub>2</sub> Ti <sub>2</sub> O <sub>7</sub> (75:25)	7.6
R4	TiO <sub>2</sub> +La <sub>2</sub> Ti <sub>2</sub> O <sub>7</sub> (50:50)	8.3
R5	La <sub>2</sub> Ti <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	10.3

10

## 【0144】

表 5 に示すように、R 1 ~ R 5 の 5 種類の拘束層用グリーンシートを作製した。

## 【0145】

より詳細には、平均粒径 0.5  $\mu$ m であって、表 5 の「セラミック粉末」の欄に示すような種類のセラミック粉末 100 重量部と、分散媒としての水 50 重量部と、バインダとしてのポリビニルアルコール 20 重量部と、分散剤としてのポリカルボン酸系分散剤 1 重量部とを混合してスラリーとし、このスラリーから気泡を除去した後、ドクターブレード法によってスラリーをシート状に成形し、乾燥することによって、拘束層となるべき厚み 15  $\mu$ m のグリーンシートを得た。なお、表 5 の拘束層 R 3 および R 4 についての「セラミック粉末」の欄にそれぞれ記載された「75:25」および「50:50」は、TiO<sub>2</sub> と La<sub>2</sub>Ti<sub>2</sub>O<sub>7</sub> との重量比を示している。

20

## 【0146】

これら拘束層用グリーンシート R 1 ~ R 5 の焼結後の熱膨張係数 ( $\alpha 2$ ) を求めたところ、表 5 の「熱膨張係数」の欄に示すとおりの値を得た。なお、拘束層用グリーンシートは、これ単独では緻密な焼結体を得られないため、表 5 に示した「熱膨張係数」は、焼結後の拘束層のセラミック粉末間に存在し得る空隙の占有率からガラスの浸透量を計算し、ガラス浸透量と熱膨張係数との関係を直線近似して計算により求めたものである。

## 【0147】

(3) 介在層用グリーンシート

30

## 【0148】

【表 6】

介在層 記号	セラミック粉末		熱膨張係数( $\alpha 3$ ) [ppm/°C]
	種類	含有量[重量%]	
B1	—	0	4.2
B2	La <sub>2</sub> Ti <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	20	6.3
B3	La <sub>2</sub> Ti <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	40	8.5
B4	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	40	4.9

40

## 【0149】

表 6 に示すように、B 1 ~ B 4 の 4 種類の介在層用グリーンシートを作製した。

## 【0150】

より詳細には、平均粒径約 4  $\mu$ m の SiO<sub>2</sub>-CaO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-MgO-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (36:13:24:2:24) 系ガラス粉末と、平均粒径 0.5  $\mu$ m であって、表 6 の「セラミック粉末」中の「種類」の欄に示すセラミック粉末とを、セラミック粉末が同「含有量」の欄に示した含有率となるように混合した混合粉末 100 重量部と、分散媒としての水 50 重量部と、バインダとしてのポリビニルアルコール 20 重量部と、分散剤としてのポリカルボン酸系分散剤 1 重量部とを混合してスラリーとし、このスラリーから気泡を

50

除去した後、ドクターブレード法によってスラリーをシート状に成形し、乾燥することによって、介在層となるべき厚み10 μmのグリーンシートを得た。

【0151】

これら介在層用グリーンシートB1～B4の各々の焼結後の熱膨張係数を求めたところ、表6の「熱膨張係数」の欄に示すとおりの値を得た。

【0152】

2. 多層セラミック基板の作製

図18は、試料としての多層セラミック基板51を得るために作製される、分割前のマザー基板50の外観を示す平面図である。図19は、図18に示したマザー基板50を分割して得られた試料としての多層セラミック基板51を示すもので、(a)は、(b)または(c)の線A-Aに沿う断面図であり、(b)は、(a)のB-Bに沿う断面図であり、(c)は、(a)の線C-Cに沿う断面図である。

10

【0153】

図19に示した多層セラミック基板51は、図18に示したマザー基板50を分割線52に沿って分割することによって得られたものである。図18に示すように、マザー基板50は、20mm×30mmの平面寸法を有して、個々の多層セラミック基板51は、4.5mm×4.5mmの平面寸法を有している。

【0154】

多層セラミック基板51は、図19(a)に示すように、上から、基材層53、介在層55、拘束層54、介在層55および基材層53を順次積層した構造を有している。また、上の基材層53と介在層55との界面に沿って、図19(b)に示すようなパターンを有する導体膜56および57が形成される。また、中央の拘束層54と下の介在層55との界面に沿って、図19(c)に示すようなパターンを有する導体膜58が形成される。

20

【0155】

このような多層セラミック基板51を得るため、前述した基材層用グリーンシートを用いるとともに、表7の「記号」の欄に示すように、拘束層用グリーンシートR1～R5のいずれかおよび介在層用グリーンシートB1～B4のいずれかを用い、さらに、導体膜56～58の形成のためにAg/Pd(重量比75:25)を含む導電性ペーストを用い、生の状態のマザー基板50を得た。

【0156】

30

【表 7】

試料 番号	拘束層		介在層	
	記号	$\alpha 2$ [ppm/°C]	記号	$\alpha 3$ [ppm/°C]
11	R1	5.2	B1	4.2
12	R1	5.2	B2	6.3
13	R2	7.1	B1	4.2
14	R2	7.1	B2	6.3
15	R3	7.6	B1	4.2
16	R3	7.6	B4	4.9
17	R3	7.6	B2	6.3
18	R3	7.6	B3	8.5
19	R4	8.3	B1	4.2
20	R4	8.3	B4	4.9
21	R4	8.3	B2	6.3
22	R4	8.3	B3	8.5
23	R5	10.3	B1	4.2
24	R5	10.3	B4	4.9
25	R5	10.3	B2	6.3
26	R5	10.3	B3	8.5

10

20

## 【 0 1 5 7 】

表 7 において、「拘束層」および「介在層」の各欄に示した「記号」は、表 5 に示した「拘束層記号」および表 6 に示した「介在層記号」に対応している。また、表 7 の「拘束層」における「 2 」の欄には、表 5 に示した焼結後の拘束層の「熱膨張係数（ 2 ）」が転記され、「介在層」における「 3 」の欄には、表 6 に示した焼結後の介在層の「熱膨張係数（ 3 ）」が転記されている。

## 【 0 1 5 8 】

前述のようにして得られた各試料に係る生のマザー基板 5 0 を 8 9 0 の温度で焼成した。この焼成による X - Y 方向収縮率を求めたところ、試料 1 1 ~ 2 6 のいずれについても、0 . 4 ~ 0 . 5 % の範囲内であった。

30

## 【 0 1 5 9 】

次に、マザー基板 5 0 を分割線 5 2 に沿って分割し、各試料に係る多層セラミック基板 5 1 を得た。この多層セラミック基板 5 1 について吸水率を評価したところ、試料 1 1 ~ 2 6 のいずれについても、0 % であった。

## 【 0 1 6 0 】

## 3 . 耐電圧およびクラックの評価

上記試料 1 1 ~ 2 6 の各々に係る多層セラミック基板 5 1 について、耐電圧および内部クラックの有無を評価した。その結果が表 8 に示されている。なお、各試料に係る多層セラミック基板 5 1 において、導体膜 5 7 と導体膜 5 8 との対向面積は  $1 \text{ mm}^2$  であり、導体膜 5 7 と導体膜 5 8 との間隔は  $15 \text{ }\mu\text{m}$  であった。

40

## 【 0 1 6 1 】

【表 8】

試料 番号	$\alpha 1 - \alpha 3$ [ppm/°C]	$\alpha 2 - \alpha 3$ [ppm/°C]	耐電圧 [kV]	内部クラック
11	4.1	1.0	0.9	あり
12	2.0	-1.1	>2	なし
13	4.1	2.9	0.9	あり
14	2.0	0.8	1.2	なし
15	4.1	3.4	0.5	あり
16	3.4	2.7	0.7	あり
17	2.0	1.3	1.5	なし
18	-0.2	-0.9	1.9	なし
19	4.1	4.1	0.5	あり
20	3.4	3.4	0.5	あり
21	2.0	2.0	1.3	なし
22	-0.2	-0.2	1.8	なし
23	4.1	6.1	0.7	あり
24	3.4	5.4	0.6	あり
25	2.0	4.0	0.5	あり
26	-0.2	1.8	1.8	なし

10

20

## 【0162】

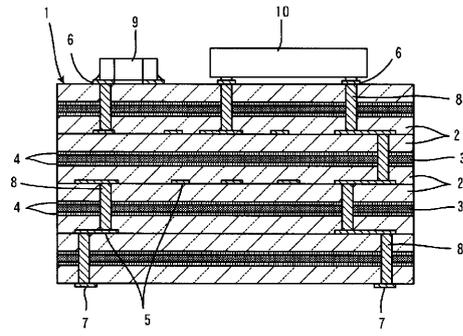
表 8 には、評価を容易にするため、基材層 5 3 の熱膨張係数 ( 1 ) と介在層 5 5 の熱膨張係数 ( 3 ) との差「 1 - 3 」および拘束層 5 4 の熱膨張係数 ( 2 ) と介在層 5 5 の熱膨張係数 ( 3 ) との差「 2 - 3 」が併記されている。

## 【0163】

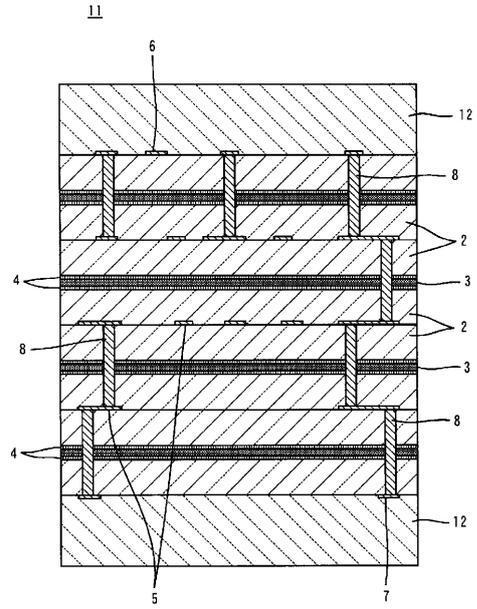
表 8 からわかるように、「 1 - 3 」および「 2 - 3 」のいずれもが絶対値で 2 . 0 ppm / °C 以下となった試料 1 2、1 4、1 7、1 8、2 1、2 2 および 2 6 については、耐電圧が 1 kV 以上となり、しかも、多層セラミック基板 5 1 の内部観察においてクラックが発生していなかった。このことから、高い耐電圧およびクラック防止を確実に実現するためには、「 1 - 3 」および「 2 - 3 」の双方について、絶対値で 2 . 0 ppm / °C 以下となるようにすることが好ましいことがわかる。

30

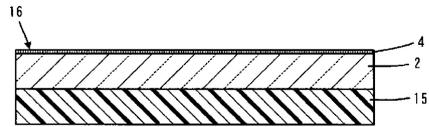
【 図 1 】



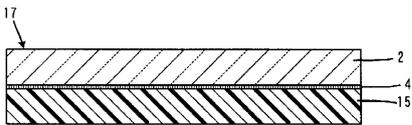
【 図 2 】



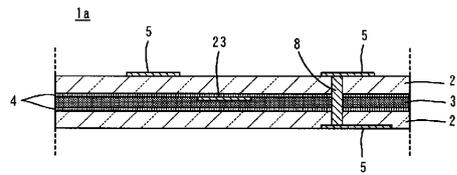
【 図 3 】



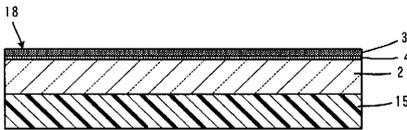
【 図 4 】



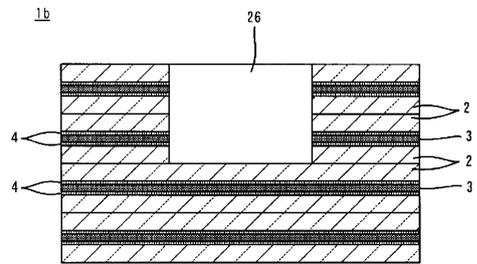
【 図 8 】



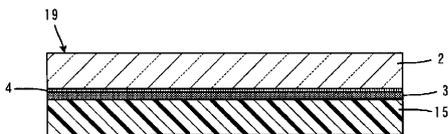
【 図 5 】



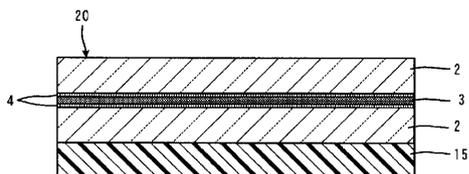
【 図 9 】



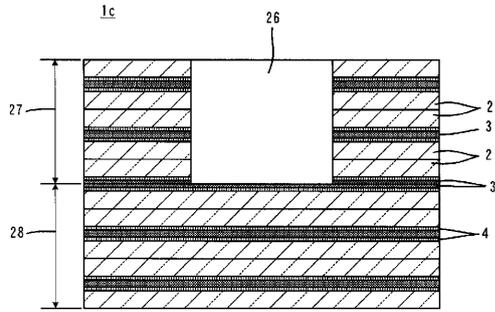
【 図 6 】



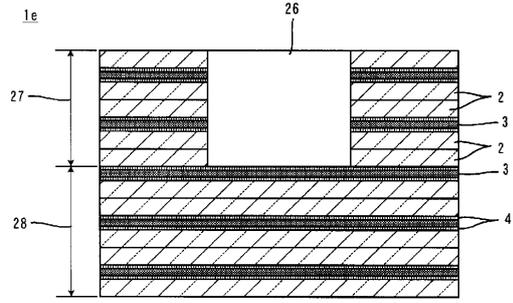
【 図 7 】



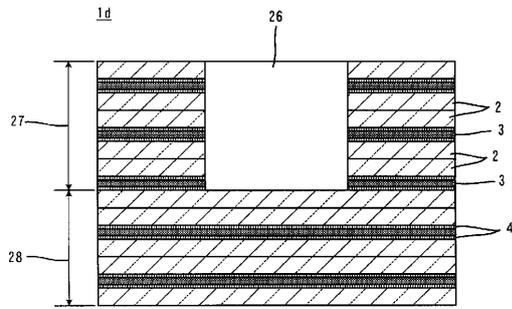
【 1 0】



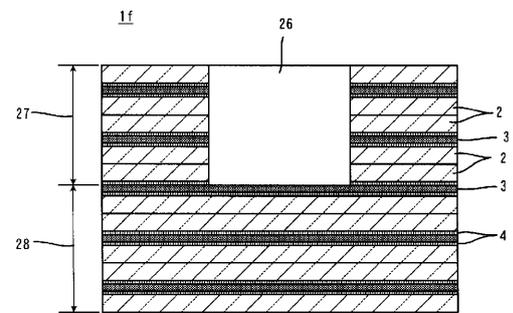
【 1 2】



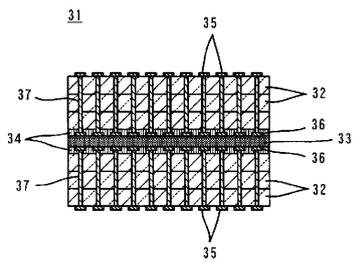
【 1 1】



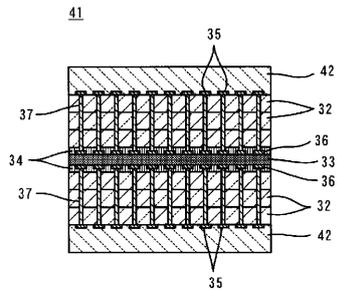
【 1 3】



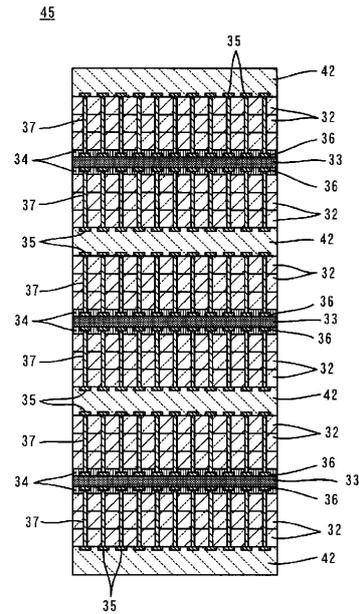
【 1 4】



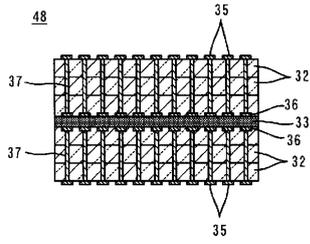
【 1 5】



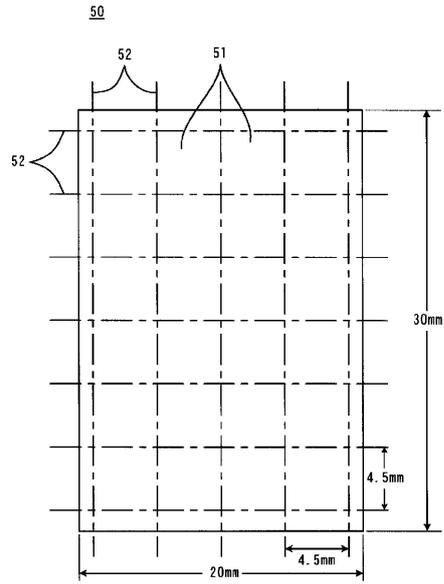
【 1 6】



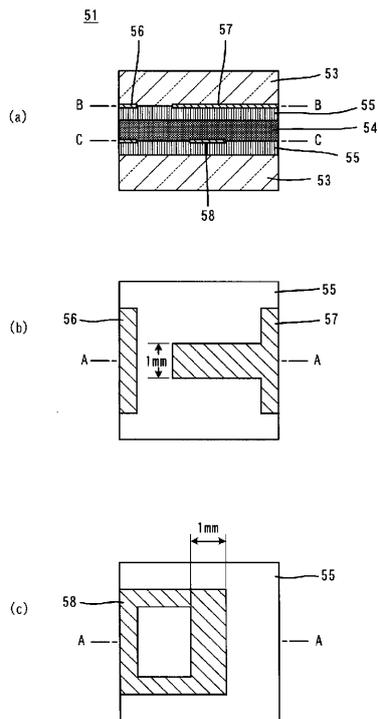
【 図 17 】



【 図 18 】



【 図 19 】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2003-273515(JP,A)  
特開2002-160980(JP,A)  
特開2002-198225(JP,A)  
特開平08-181442(JP,A)  
特開2002-094244(JP,A)  
特開2000-315864(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H05K 3/46  
B32B 18/00