

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2008-31005
(P2008-31005A)

(43) 公開日 平成20年2月14日(2008.2.14)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
C04B 35/111 (2006.01)	C04B 35/10	D 4G030
H05K 3/46 (2006.01)	H05K 3/46	H 5E346
C04B 35/16 (2006.01)	H05K 3/46	T
C04B 35/64 (2006.01)	C04B 35/16	Z
	C04B 35/64	G

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2006-207349 (P2006-207349)
(22) 出願日 平成18年7月31日 (2006.7.31)

(71) 出願人 000006231
株式会社村田製作所
京都府長岡京市東神足1丁目10番1号
(74) 代理人 100085143
弁理士 小柴 雅昭
(72) 発明者 石川 達也
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

Fターム(参考) 4G030 AA07 AA08 AA17 AA35 AA36
AA37 BA12 CA08 GA20 GA27
5E346 AA13 AA43 CC18 CC21 CC39
DD07 DD13 EE23 EE29 EE30
FF18 FF22 FF28 GG04 GG08
GG28 HH06

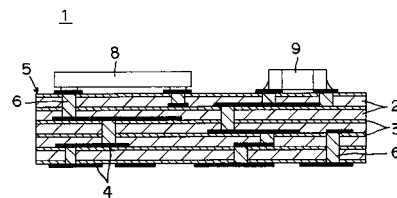
(54) 【発明の名称】 多層セラミック基板および多層セラミック基板作製用複合グリーンシート

(57) 【要約】

【課題】 ガラス材料および第1のセラミック材料を含む基材層の間に、上記基材層が焼結する温度では実質的に焼結しない第2のセラミック材料を含む拘束層を位置させ、焼成時における基材層の収縮を拘束層によって抑制しながら、基材層に含まれるガラス材料を拘束層に浸透させることによって拘束層を緻密化することによって製造された、多層セラミック基板について、高周波領域におけるQ値が高く、優れた高周波誘電特性が得られるようにする。

【解決手段】 基材層2において、15～75重量%のガラス材料および25～85重量%の第1のセラミック材料を含む。ガラス材料は、33～68モル%のSiO₂、3～52モル%のCaO、1～36モル%のAl₂O₃および1～25モル%のB₂O₃を含み、第1のセラミック材料として、MgAl₂O₄が用いられる。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

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、積層された複数の基材層と、

その少なくとも一方の主面が前記基材層に接するように位置され、かつ前記基材層が焼結する温度では実質的に焼結しない第 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、

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、前記ガラス材料を含む前記第 1 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て、

前記第 1 の粉体は、15～75重量%の前記ガラス材料、および25～85重量%の前記第 1 のセラミック材料を含み、

前記ガラス材料は、33～68モル%の SiO_2 、3～52モル%の CaO 、1～36モル%の Al_2O_3 および1～25モル%の B_2O_3 を含み、

前記第 1 のセラミック材料は、 MgAl_2O_4 である、

多層セラミック基板。

10

【請求項 2】

前記第 2 のセラミック材料は、 MgAl_2O_4 、 Al_2O_3 および ZrO_2 のいずれか 1 種である、請求項 1 に記載の多層セラミック基板。

20

【請求項 3】

前記第 2 のセラミック材料は、 MgAl_2O_4 である、請求項 1 に記載の多層セラミック基板。

【請求項 4】

前記基材層および前記拘束層の少なくとも一方の主面に沿って形成される導体膜をさらに備える、請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の多層セラミック基板。

【請求項 5】

前記基材層に含まれる前記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 ないし 4 のいずれかに記載の多層セラミック基板。

30

【請求項 6】

前記拘束層は前記基材層より薄い、請求項 1 ないし 5 のいずれかに記載の多層セラミック基板。

【請求項 7】

ガラス材料および第 1 のセラミック材料を含む第 1 の粉体を含む、生の状態にある基材層と、

その少なくとも一方の主面が前記基材層に接するように位置され、かつ前記基材層が焼結する温度では実質的に焼結しない第 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

を備え、

前記第 1 の粉体は、15～75重量%の前記ガラス材料、および25～85重量%の前記第 1 のセラミック材料を含み、

前記ガラス材料は、33～68モル%の SiO_2 、3～52モル%の CaO 、1～36モル%の Al_2O_3 および1～25モル%の B_2O_3 を含み、

前記第 1 のセラミック材料は、 MgAl_2O_4 である、

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 8】

前記基材層の両主面にそれぞれ接するように、前記拘束層が配置されている、請求項 7 に記載の多層セラミック基板作製用複合グリーンシート。

【請求項 9】

50

前記拘束層の両主面にそれぞれ接するように、前記基材層が配置されている、請求項 7 に記載の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 に記載の技術において、基材層に含まれる、フィラーとしての第 1 のセラミック材料とガラス材料との組み合わせによっては、これら第 1 のセラミック材料とガラス材料とが焼成時に反応することがあり、そのため、特に高周波領域において、誘電損失が大きく、Q 値が低くなるという問題を引き起こすことがあった。

【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】

【0007】

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を提供しようとするところである。

10

20

30

40

50

【0008】

この発明の他の目的は、上述の多層セラミック基板を製造するために用いられる、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ものである。

【課題を解決するための手段】

【0009】

この発明は、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、積層された複数の基材層と、その少なくとも一方の主面が基材層に接するように位置され、かつ上記基材層が焼結する温度では実質的に焼結しない第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、第1の粉体の少なくとも一部は、焼結状態であり、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、多層セラミック基板にまず向けられるものであって、上述した技術的課題を解決するため、次のような構成を備えることを特徴としている。

10

【0010】

すなわち、基材層において、第1の粉体は、15～75重量%のガラス材料、および25～85重量%の第1のセラミック材料を含む。そして、ガラス材料は、33～68モル%の SiO_2 、3～52モル%の CaO 、1～36モル%の Al_2O_3 および1～25モル%の B_2O_3 を含み、第1のセラミック材料は、 MgAl_2O_4 であることを特徴としている。

【0011】

拘束層において、第2のセラミック材料は、 MgAl_2O_4 、 Al_2O_3 および ZrO_2 のいずれか1種であることが好ましく、より好ましくは、 MgAl_2O_4 である。

20

【0012】

この発明に係る多層セラミック基板は、基材層および拘束層の少なくとも一方の主面に沿って形成される導体膜をさらに備えることが好ましい。

【0013】

また、この発明に係る多層セラミック基板において、基材層に含まれる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、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。

【0014】

また、拘束層は基材層より薄いことが好ましい。

30

【0015】

この発明は、また、上述したような多層セラミック基板を製造するために用いられる、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。

【0016】

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、ガラス材料および第1のセラミック材料を含む第1の粉体を含む、生の状態にある基材層と、その少なくとも一方の主面が基材層に接するように位置され、かつ基材層が焼結する温度では実質的に焼結しない第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を備えている。そして、第1の粉体は、15～75重量%のガラス材料、および25～85重量%の第1のセラミック材料を含み、ガラス材料は、33～68モル%の SiO_2 、3～52モル%の CaO 、1～36モル%の Al_2O_3 および1～25モル%の B_2O_3 を含み、第1のセラミック材料は、 MgAl_2O_4 であることを特徴としている。

40

【0017】

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、基材層の両主面にそれぞれ接するように、拘束層が配置されていても、拘束層の両主面にそれぞれ接するように、基材層が配置されていてもよい。

【発明の効果】

【0018】

この発明に係る多層セラミック基板によれば、基材層を構成する第1の粉体が15～7

50

5重量%のガラス材料および25～85重量%の第1のセラミック材料を含むようにされながら、基材層に含まれるガラス材料として、33～68モル%の SiO_2 、3～52モル%の CaO 、1～36モル%の Al_2O_3 および1～25モル%の B_2O_3 を含む組成のものが用いられ、同じ基材層に含まれる第1のセラミック材料として MgAl_2O_4 が用いられるので、焼成時において、ガラス材料と第1のセラミック材料との反応が抑制され、高周波領域において、誘電損失の増加を抑制し、Q値を高く維持することができる。

【0019】

また、この発明によれば、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、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く、そのままの状態で使用に供することができる。

10

【0020】

この発明に係る多層セラミック基板において、拘束層に含まれる第2のセラミック材料が、 MgAl_2O_4 、 Al_2O_3 および ZrO_2 のいずれか1種であるとき、基材層を構成する第1の粉体に対する第2のセラミック材料の濡れ性を良好なものとすることができる。したがって、基材層中のガラスが拘束層中に浸透しやすく、拘束層を緻密化し、拘束層と基材層との密着性を高めることが容易になる。

20

【0021】

特に、第2のセラミック材料として、 MgAl_2O_4 が用いられると、前述した基材層におけるフィラーとしての MgAl_2O_4 の場合と同様、ガラスとの反応が抑制されるので、より高いQ値を得ることができる。

【0022】

この発明において、基材層に含まれる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。

【0023】

拘束層が基材層より薄いと、基材層に含まれるガラス材料を、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。

30

【0024】

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。

【発明を実施するための最良の形態】

【0025】

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。

【0026】

多層セラミック基板1は、積層された複数の基材層2と、その少なくとも一方の主面が基材層2に接するように位置される、拘束層3と、基材層2の主面方向に延びるように形成される、導体膜4とからなる積層構造を有する、積層体5を備えている。この実施形態では、基材層2と拘束層3とは交互に積層されている。また、積層体5の内部には、導体膜4の特定のものに電氣的に接続されながら、特定の基材層2を厚み方向に貫通するように、いくつかのビアホール導体6が設けられている。

40

【0027】

基材層2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。第1の粉体において、ガラス材料の含有量は15～75重量%とされ、第1のセラミック材料の含有量は25～85重量%とされる。また、ガラス材料は、33～68モル%の SiO_2 、3～52モル%の CaO 、1～36モル%の Al_2O_3 および1

50

～25モル%の B_2O_3 を含む組成とされる。そして、第1のセラミック材料としては、 $MgAl_2O_4$ が用いられる。

【0028】

他方、拘束層3は、基材層2に含まれる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。第2のセラミック材料としては、好ましくは、 $MgAl_2O_4$ 、 Al_2O_3 および ZrO_2 のいずれかが1種が用いられる。より好ましくは、第2のセラミック材料としては、 $MgAl_2O_4$ が用いられる。

【0029】

導体膜4およびビアホール導体6は、導電性ペーストを焼結させて得られるもので、この導電性ペーストに含まれる導電成分としては、たとえばAgが用いられる。

10

【0030】

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、ガラス材料を含む第1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。ここで、拘束層3は、第2の粉体が実質的に未焼結状態にあると考えられるが、一部焼結している可能性もある。

【0031】

好ましくは、拘束層3は基材層2より薄くされる。

【0032】

多層セラミック基板1の上方主面上には、チップ部品8および9が搭載される。チップ部品8および9は、多層セラミック基板1の上方主面上に形成された導体膜4に電氣的に接続される。多層セラミック基板1の下方主面上に形成された導体膜4は、この多層セラミック基板1をマザーボード(図示せず。)上に実装するとき、多層セラミック基板1をマザーボードに電氣的に接続しかつ機械的に固定するために用いられる。

20

【0033】

多層セラミック基板1は、次のように製造される。

【0034】

まず、図1に示した積層体5の生の状態のものが用意される。この生の状態の積層体5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、生の状態にある導体膜4と、生の状態にあるビアホール導体6とを備えている。

30

【0035】

なお、生の状態の積層体5を得るため、典型的には、基材層2となるべきグリーンシートと拘束層3となるべきグリーンシートとが用意され、それらが所定の順序で積層されるが、拘束層3について、あるいは基材層2および拘束層3の双方について、厚膜印刷を繰り返して、生の状態の積層体5を得るようにしてもよい。

【0036】

生の状態にある基材層2は、15～75重量%のガラス材料および25～85重量%の第1のセラミック材料を含む、第1の粉体を含んでいる。ガラス材料は、前述したように、33～68モル%の SiO_2 、3～52モル%の CaO 、1～36モル%の Al_2O_3 および1～25モル%の B_2O_3 を含み、第1のセラミック材料は、前述したように、 $MgAl_2O_4$ である。生の状態にある基材層2は、さらに、バインダ、溶剤、分散剤および可塑剤を含んでいる。

40

【0037】

生の状態にある拘束層3は、上記第1の粉体に含まれる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。第2のセラミック材料としては、好ましくは、前述したように、 $MgAl_2O_4$ 、 Al_2O_3 および ZrO_2 のいずれかが1種が用いられ、より好ましくは、 $MgAl_2O_4$ が用いられる。生の状態にある拘束層3は、さらに、バインダ、溶剤、分散剤および可塑剤を含んでいる。

【0038】

生の状態にある導体膜4およびビアホール導体6は、導電性ペーストから構成される。

50

この導電性ペーストは、たとえば Ag 粉末のような導電性金属粉末とバインダと溶剤とを含んでいる。

【0039】

次に、上述のような構造の生の積層体 5 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、たとえば、700～1000、0.5～2 時間であり、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。

【0040】

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 に含まれるガラス材料を含む第 1 の粉体の一部は、拘束層 3 に拡散または流動する。これによって、拘束層 3 に含まれる第 2 の粉体は、互いに固着される。このとき、基材層 2 に含まれる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、その結果、拘束層 3 が緻密化することが好ましい。前述したように、拘束層 3 が基材層 2 より薄いとき、基材層 2 に含まれるガラス材料を、拘束層 3 の全域に拡散あるいは流動させることが容易である。

10

【0041】

焼成工程において、拘束層 3 に含まれる第 2 の粉体そのものは、基材層 2 の焼成温度では実質的に焼結しないため、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。このことから、得られた多層セラミック基板 1 に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。

20

【0042】

また、焼成工程において、基材層 2 に含まれるガラス材料として、前述したような特定の組成を有するものを用い、同じく基材層 2 に含まれる第 1 のセラミック材料として、 $MgAl_2O_4$ を用いているので、第 1 のセラミック材料のガラス材料に対する反応が抑制され、高周波領域において誘電損失が増加することが抑制され、Q 値を高く維持することができる。

【0043】

また、拘束層 3 に含まれる第 2 セラミック材料として、前述したように、 $MgAl_2O_4$ 、 Al_2O_3 および ZrO_2 のいずれか 1 種が用いられると、これらは基材層 2 を構成する第 1 の粉体の集合体との濡れ性が良好である。したがって、焼成工程において、基材層 2 中のガラスが拘束層 3 に浸透しやすく、拘束層 3 を緻密化し、拘束層 3 と基材層 2 との密着性を高めることが容易である。

30

【0044】

拘束層 3 に含まれる第 2 のセラミック材料として、特に $MgAl_2O_4$ が用いられると、基材層 2 における第 1 のセラミック材料としての $MgAl_2O_4$ の場合と同様、基材層 2 に含まれるガラス材料との反応が抑制されるので、より高い Q 値を得ることができる。

【0045】

次に、多層セラミック基板 1 の上方主面上に、チップ部品 8 および 9 が搭載される。

【0046】

図 2 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 1 a 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。

40

【0047】

図 2 に示した多層セラミック基板 1 a は、積層体 5 にキャビティ 11 が設けられていることを特徴としている。キャビティ 11 の内部には、想像線で示すように、チップ部品 12 が収容されかつ実装される。

【0048】

キャビティを有する多層セラミック基板においては、特にその土手部（キャビティ側壁部）にて、歪み等の変形が生じやすいが、本例では、その土手部に拘束層 3 が配されているので、変形が少なく、高精度の多層セラミック基板 1 a が得られる。

50

【0049】

前述した多層セラミック基板1または1aを製造するにあたって、生の状態にある積層体5を作製するため、基材層2および拘束層3の各々となるべきグリーンシートを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5を作製するようにされる。

【0050】

図3ないし図6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6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ている。また、図3ないし図6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。

10

【0051】

図3ないし図6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15が図示されている。キャリアフィルム15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15は、生の積層体5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。

【0052】

図3に示した複合グリーンシート16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16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。

20

【0053】

上述した基材層2となるべきグリーンシートの成形と拘束層3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15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15とともに引き出し、拘束層3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6を参照して説明する他の複合グリーンシート17~19の場合についても言える。

30

【0054】

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、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。

【0055】

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。

40

【0056】

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、生の状態にある拘束層3となるべきグリーンシート、生の状態にある基材層2となるべきグリーンシート、および生の状態にある拘束層3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。

【0057】

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、生の状態にある基材層2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、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

50

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。

【0058】

上述した複合グリーンシート 16 ~ 19 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用いたりすることによって、生の積層体 5 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 5 を作製することができる。また、複合グリーンシート 18 と複合グリーンシート 19 を積層することによって、生の積層体 5 を作製することができる。

【0059】

以上、この発明を、図示した実施形態に関連して説明したが、この発明の範囲内において、その他種々の変形例が可能である。

【0060】

たとえば、図 1 に示した多層セラミック基板 1 および図 2 に示した多層セラミック基板 1a では、基材層 2 と拘束層 3 とが交互に形成されたが、基材層 2 のいくつかについて、その少なくとも一方主面には、拘束層 3 ではなく、他の基材層 2 が接するように位置されてもよい。

【0061】

上述の変形例に関連して、図 1 および図 2 に示した積層体 5 では、拘束層 3 が最も外側に位置されたが、少なくとも一方の主面については、基材層 2 が最も外側に位置されてもよい。この後者の場合、拘束層 3 と実質的に同様の組成を有するが、そこに含まれる第 2 の粉体が互いに固着されない程度の厚みを有する収縮抑制層を、生の状態にある積層体の少なくとも一方主面上に配置し、これによって収縮を抑制した状態で焼成工程を実施し、焼成工程後において、この収縮抑制層を除去するようにしてもよい。

【0062】

また、基材層に含まれるガラス材料には、この発明の目的を損なわない範囲内で微量の添加物が加えられてもよい。たとえば、 $MgCO_3$ 、 ZnO 、 $LiCO_3$ 、 Pb_3O_4 、 Bi_2O_3 、 $BaCO_3$ 、 $SrCO_3$ などを 0.01 ~ 5.0 重量% 添加することにより、 $MgAl_2O_4$ との反応を抑えて、より高い Q 値を得ることができる。

【0063】

また、拘束層に含まれる第 2 のセラミック材料としては、前述した $MgAl_2O_4$ 、 Al_2O_3 および ZrO_2 のほか、 MgO 、 SiO_2 、 TiO_2 、 $BaTiO_3$ 、 $SrTiO_3$ 、 $MgTiO_3$ 、 $Pb(Zr, Ti)O_3$ 、 B_4C 、 SiC 、 WC などを用いることもできる。

【0064】

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。

【0065】

(実験例 1)

まず、ガラス材料の出発原料として、 SiO_2 、 $CaCO_3$ 、 Al_2O_3 および B_2O_3 の各粉末を用意し、表 1 に示す各組成比 (単位は「重量%」) が得られるように調合した。そして、この調合された混合粉末を、Pt-Rh のつぼ中において、1400 ~ 1600 の温度で溶融した後、急冷し、さらに粉碎して、平均粒径 2.0 μm のガラス粉末 G1 ~ G38 を得た。

【0066】

10

20

30

40

【表 1】

ガラス記号	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	B ₂ O ₃
G1 *	32.7	18.9	34.4	14.0
G2 *	32.9	26.0	27.7	13.4
G3 *	33.2	34.9	19.2	12.7
G4	35.0	35.0	17.5	12.5
G5	33.0	16.9	36.0	14.1
G6	57.5	26.5	4.4	11.6
G7	68.0	20.4	1.8	9.8
G8 *	69.1	17.7	1.8	11.4
G9 *	68.8	13.2	6.2	11.8
G10 *	68.2	4.4	14.9	12.5
G11 *	65.3	2.6	19.1	13.0
G12 *	56.1	2.6	27.6	13.7
G13 *	48.9	2.6	34.3	14.2
G14	65.4	4.4	17.4	12.8
G15	48.5	3.0	34.3	14.2
G16	47.9	19.2	20.0	12.9
G17	35.5	52.0	1.0	11.5
G18 *	35.6	53.4	0.0	11.0
G19 *	33.7	53.3	1.8	11.2
G20 *	66.5	21.3	0.9	11.3
G21 *	52.4	35.5	0.9	11.2
G22 *	36.4	51.5	0.9	11.2
G23	39.8	44.3	4.4	11.5
G24	52.8	26.4	8.8	12.0
G25	50.0	24.5	13.2	12.3
G26 *	44.5	4.3	36.8	14.4
G27 *	40.3	8.6	36.8	14.3
G28 *	34.3	14.6	36.9	14.2
G29 *	64.4	29.7	5.0	0.9
G30	63.3	29.2	6.5	1.0
G31	59.8	27.6	4.6	8.0
G32	49.7	21.5	3.8	25.0
G33 *	48.1	22.2	3.7	26.0
G34 *	59.5	29.7	9.9	0.9
G35	58.4	29.2	9.7	2.7
G36	55.0	27.5	9.2	8.3
G37	45.6	22.8	7.6	24.0
G38 *	44.0	22.0	7.3	26.7

10

20

30

40

50

【 0 0 6 7 】

次に、基材層用グリーンシートを得るため、表 2 の「基材層」における「第 1 のセラミック材料」の欄に示した、平均粒径 1 . 0 μm の第 1 のセラミック材料粉末を用意するとともに、同じく「ガラス材料」の欄に示したガラス記号に対応する表 1 に示した組成のガラス粉末を用意し、これら第 1 のセラミック材料粉末とガラス粉末とを 1 : 1 の重量比となるように混合した。そして、これら第 1 のセラミック材料粉末およびガラス粉末の合計

100重量部に対して、2.0重量部の可塑剤としてのDOP（フタル酸ジオクチル）、60重量部のトルエンおよび40重量部のエキネンからなる有機溶剤、ならびに10.0重量部のバインダとしてのポリビニルブチラールを加え、これらを混合することによってスラリーを得、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て、厚み50 μm の基材層用グリーンシートを得た。

【0068】

他方、拘束層用グリーンシートを得るため、表2の「拘束層」における「第2セラミック材料」の欄に示した、平均粒径1.0 μm の第2のセラミック材料粉末を用意した。そして、第2のセラミック材料粉末100重量部に対して、2.0重量部の可塑剤としてのDOP（フタル酸ジオクチル）、85重量部のトルエンおよび50重量部のエキネンからなる有機溶剤、ならびに10.0重量部のバインダとしてのポリビニルブチラールを加え、これらを混合することによって、スラリーを得、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て、厚み5 μm の拘束層用グリーンシートを得た。

10

【0069】

また、導体膜を形成するため、導電性金属粉末としての平均粒径2 μm のAg粉末を48重量%、バインダとしてのエチルセルロースを3重量%、および溶剤としてのテルペン類を49重量%含む、導電性ペーストを用意した。

【0070】

次に、図7ないし図11にそれぞれ示すような積層体21~25を作製するため、基材層26において、前述した基材層用グリーンシートを用い、拘束層27において、前述した拘束層用グリーンシートを用いながら、積層工程を実施し、図9ないし図11に示した積層体23~25の場合には、導体膜28を形成するため、前述した導電性ペーストの印刷工程を実施し、生の状態にある積層体21~25をそれぞれ得た。

20

【0071】

次に、生の積層体21~25の各々に対して、100 kg/cm^2 の圧力をプレス機で付与した後、900の温度で1時間焼成した。その結果、表2に示すように、試料10、18、29および34を除いて、主面方向での収縮が実質的にない状態で、焼結体としての積層体21~25が得られることが確認された。

【0072】

他方、誘電特性を評価するため、上述した積層体21~25の場合と同様の製造方法を適用して、図12に示すように、基材層26および拘束層27を各々20層ずつ備える焼結体としての積層体31を作製した。そして、積層体31の所定位置に電極を形成し、摂動法にて、測定周波数3GHzにおける比誘電率 ϵ_r およびQ値を測定し、Q値については、1GHzでのQ値に換算した。

30

【0073】

これらの結果が表2に示されている。

【0074】

【表 2】

試料 番号	基材層		拘束層	ϵ_r	Q値(at1GHz)
	第1の セラミック材料	ガラス 材料	第2の セラミック材料		
1 *	MgAl ₂ O ₄	G1 *	MgAl ₂ O ₄	7.7	1250
2 *	MgAl ₂ O ₄	G2 *	MgAl ₂ O ₄	7.7	1280
3 *	MgAl ₂ O ₄	G3 *	MgAl ₂ O ₄	7.6	1300
4	MgAl ₂ O ₄	G4	MgAl ₂ O ₄	7.4	1590
5	MgAl ₂ O ₄	G5	MgAl ₂ O ₄	7.4	1860
6	MgAl ₂ O ₄	G6	MgAl ₂ O ₄	6.5	2000
7	MgAl ₂ O ₄	G7	MgAl ₂ O ₄	6.8	1860
8 *	MgAl ₂ O ₄	G8 *	MgAl ₂ O ₄	7.2	980
9 *	MgAl ₂ O ₄	G9 *	MgAl ₂ O ₄	7.5	1230
10 *	MgAl ₂ O ₄	G10 *	MgAl ₂ O ₄	未焼結	
11 *	MgAl ₂ O ₄	G11 *	MgAl ₂ O ₄	6.9	1200
12 *	MgAl ₂ O ₄	G12 *	MgAl ₂ O ₄	6.8	1350
13 *	MgAl ₂ O ₄	G13 *	MgAl ₂ O ₄	6.5	1370
14	MgAl ₂ O ₄	G14	MgAl ₂ O ₄	7.0	1960
15	MgAl ₂ O ₄	G15	MgAl ₂ O ₄	6.8	1930
16	MgAl ₂ O ₄	G16	MgAl ₂ O ₄	6.8	1670
17	MgAl ₂ O ₄	G17	MgAl ₂ O ₄	7.3	1630
18 *	MgAl ₂ O ₄	G18 *	MgAl ₂ O ₄	未焼結	
19 *	MgAl ₂ O ₄	G19 *	MgAl ₂ O ₄	7.5	1350
20 *	MgAl ₂ O ₄	G20 *	MgAl ₂ O ₄	7.2	1120
21 *	MgAl ₂ O ₄	G21 *	MgAl ₂ O ₄	6.5	1380
22 *	MgAl ₂ O ₄	G22 *	MgAl ₂ O ₄	7.2	1280
23	MgAl ₂ O ₄	G23	MgAl ₂ O ₄	7.1	1750
24	MgAl ₂ O ₄	G24	MgAl ₂ O ₄	7.3	1890
25	MgAl ₂ O ₄	G25	MgAl ₂ O ₄	7.3	1780
26 *	MgAl ₂ O ₄	G26 *	MgAl ₂ O ₄	7.1	1050
27 *	MgAl ₂ O ₄	G27 *	MgAl ₂ O ₄	7.1	1370
28 *	MgAl ₂ O ₄	G28 *	MgAl ₂ O ₄	7.2	1360
29 *	MgAl ₂ O ₄	G29 *	MgAl ₂ O ₄	未焼結	
30	MgAl ₂ O ₄	G30	MgAl ₂ O ₄	6.0	1650
31	MgAl ₂ O ₄	G31	MgAl ₂ O ₄	6.2	1780
32	MgAl ₂ O ₄	G32	MgAl ₂ O ₄	6.1	1860
33 *	MgAl ₂ O ₄	G33 *	MgAl ₂ O ₄	6.1	1320
34 *	MgAl ₂ O ₄	G34 *	MgAl ₂ O ₄	未焼結	
35	MgAl ₂ O ₄	G35	MgAl ₂ O ₄	6.9	1680
36	MgAl ₂ O ₄	G36	MgAl ₂ O ₄	7.1	1860
37	MgAl ₂ O ₄	G37	MgAl ₂ O ₄	7.1	1780
38 *	MgAl ₂ O ₄	G38 *	MgAl ₂ O ₄	7.0	1430
39	MgAl ₂ O ₄	G6	Al ₂ O ₃	7.2	1730
40	MgAl ₂ O ₄	G6	ZrO ₂	8.2	1650
41	MgAl ₂ O ₄	G6	MgO	7.9	1700
42 *	Al ₂ O ₃	G6	MgAl ₂ O ₄	7.0	1420
43 *	Al ₂ O ₃	G14	MgAl ₂ O ₄	7.2	1360
44 *	Al ₂ O ₃	G24	MgAl ₂ O ₄	7.6	1250
45 *	Al ₂ O ₃	G6	Al ₂ O ₃	7.1	1400
46 *	Al ₂ O ₃	G14	Al ₂ O ₃	7.5	1330
47 *	Al ₂ O ₃	G24	Al ₂ O ₃	7.8	1220

【0075】

表1においてガラス記号に*を付したもの、および表2において試料番号に*を付したものは、この発明の範囲から外れている。

【0076】

10

20

30

40

50

この発明の範囲内にある試料 4 ~ 7、14 ~ 17、23 ~ 25、30 ~ 32、35 ~ 37 および 39 ~ 41 によれば、 SiO_2 が 33 ~ 68 モル%、 CaO が 3 ~ 52 モル%、 Al_2O_3 が 1 ~ 36 モル% および B_2O_3 が 1 ~ 25 モル% であるという条件を満たすガラス材料 G4 ~ G7、G14 ~ G17、G23 ~ G25、G30 ~ G32 および G35 ~ G37 のいずれかを基材層において用いているので、1500 GHz 以上の Q 値を示し、優れた高周波誘電特性が得られている。

【0077】

ここで、試料 4 ~ 7、14 ~ 17、23 ~ 25、30 ~ 32 および 35 ~ 37 と試料 39 ~ 41 とを比較すればわかるように、拘束層に含まれる第 2 のセラミック材料が MgAl_2O_4 の場合に限らず、 Al_2O_3 、 ZrO_2 および MgO のいずれの場合であっても、1500 GHz 以上の Q 値を示している。

10

【0078】

これらに対して、この発明の範囲から外れた試料 1 ~ 3、8 ~ 13、18 ~ 22、26 ~ 29、33、34 および 38 では、 SiO_2 、 CaO 、 Al_2O_3 および B_2O_3 のいずれかについて、上述した組成範囲の条件を満たさないガラス材料 G1 ~ G3、G8 ~ G13、G18 ~ G22、G26 ~ G29、G33、G34 および G38 のいずれかを基材層において用いているので、Q 値が 1500 GHz より低くなるか、焼結しない。

【0079】

また、試料 42 ~ 47 では、基材層に含まれるガラス材料として、この発明の範囲内にあるガラス材料 G6、G14 および G24 のいずれかを用いているにも関わらず、第 1 のセラミック材料として、 MgAl_2O_4 ではなく、 Al_2O_3 を用いているため、Q 値が 1500 GHz より低くなっている。

20

【0080】

(実験例 2)

実験例 2 では、基材層を構成する第 1 の粉体の集合体に含まれるガラス材料と第 1 のセラミック材料との比率を変えて、Q 値の動向を調査したものである。

【0081】

表 3 において、「ガラス記号」は、表 1 の「ガラス記号」に対応し、「ガラス量」は、基材層におけるガラス材料および第 1 のセラミック材料の合計重量に占めるガラス材料の重量比率を示し、「 MgAl_2O_4 量」は、ガラス材料および第 1 のセラミック材料の合計重量に占める第 1 のセラミック材料としての MgAl_2O_4 の重量比率を示している。

30

【0082】

前述の実験例 1 の場合と同様の方法により、各試料を作製し、比誘電率 ϵ_r および Q 値を評価した。表 3 に、その結果が示されている。

【0083】

【表 3】

試料番号	ガラス記号	ガラス量 (重量%)	MgAl ₂ O ₄ 量 (重量%)	ε _r	Q値(at1GHz)
48 *	G6	10	90	未焼結	
49	G6	15	85	6.0	1550
50	G6	40	60	6.1	1780
51	G6	75	25	6.3	1650
52 *	G6	80	20	6.1	1230
53 *	G17	10	90	未焼結	
54	G17	15	85	7.0	1520
55	G17	40	60	7.2	1590
56	G17	75	25	7.1	1520
57 *	G17	80	20	7.0	1100
58 *	G24	10	90	未焼結	
59	G24	15	85	7.1	1660
60	G24	50	50	7.1	1780
61	G24	75	25	7.2	1590
62 *	G24	80	20	7.0	1360

【0084】

表3において、試料番号に*を付したものは、この発明の範囲から外れている。

【0085】

表3を参照して、「ガラス量」が15～75重量%、「MgAl₂O₄量」が25～85重量%であるという条件を満たす試料49～51、54～56および59～61によれば、Q値が1500GHz以上と高く、優れた高周波誘電特性を示している。

【0086】

これらに対して、「ガラス量」が15重量%未満であり、「MgAl₂O₄量」が85重量%を超える試料48、53および58では、焼結しない。

【0087】

また、「ガラス量」が75重量%を超え、「MgAl₂O₄量」が25重量%未満である試料52、57および62では、Q値が1500GHzより低くなっている。

【図面の簡単な説明】

【0088】

【図1】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】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を図解的に示す断面図である。

【図3】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】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】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】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】実験例1において焼結性を確認するために作製した積層体の第1の例を示す断面図である。

【図8】実験例1において焼結性を確認するために作製した積層体の第2の例を示す断面図である。

【図9】実験例1において焼結性を確認するために作製した積層体の第3の例を示す断面図である。

【図10】実験例1において焼結性を確認するために作製した積層体の第4の例を示す断

10

20

30

40

50

面図である。

【図 1 1】実験例 1 において焼結性を確認するために作製した積層体の第 5 の例を示す断面図である。

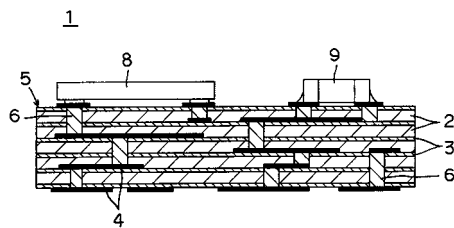
【図 1 2】実験例 1 において誘電特性を評価するために作製した積層体を示す断面図である。

【符号の説明】

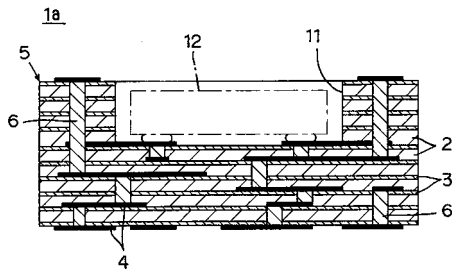
【 0 0 8 9 】

- 1, 1 a 多層セラミック基板
- 2, 2 6 基材層
- 3, 2 7 拘束層
- 4, 2 8 導体膜
- 5, 2 1 ~ 2 5, 3 1 積層体
- 1 6 ~ 1 9 複合グリーンシート

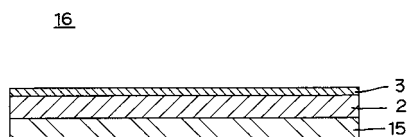
【 図 1 】



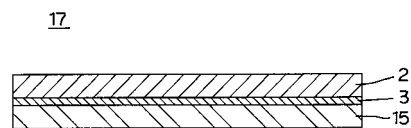
【 図 2 】



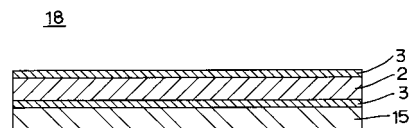
【 図 3 】



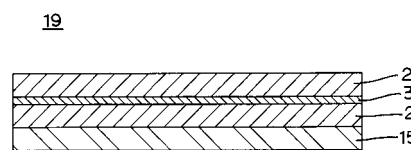
【 図 4 】



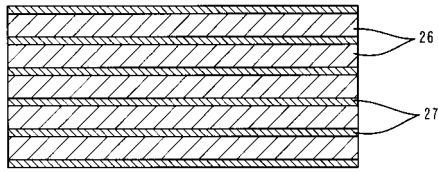
【 図 5 】



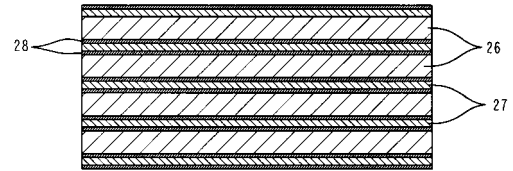
【 図 6 】



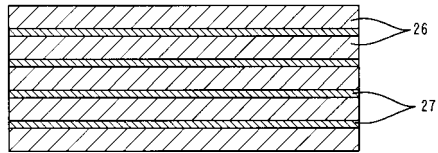
【 図 7 】



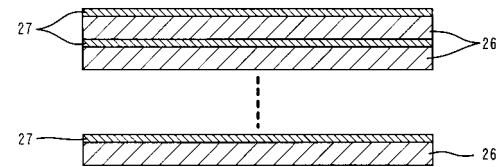
【 図 1 1 】



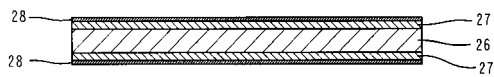
【 図 8 】



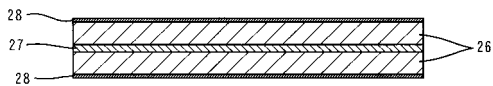
【 図 1 2 】



【 図 9 】



【 図 1 0 】



【 手続補正書 】

【 提出日 】 平成19年4月10日 (2007.4.10)

【 手続補正 1 】

【 補正対象書類名 】 図面

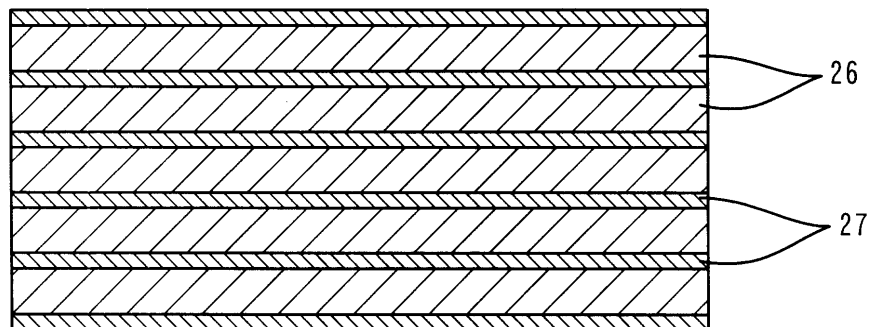
【 補正対象項目名 】 図 7

【 補正方法 】 変更

【 補正の内容 】

【 図 7 】

21

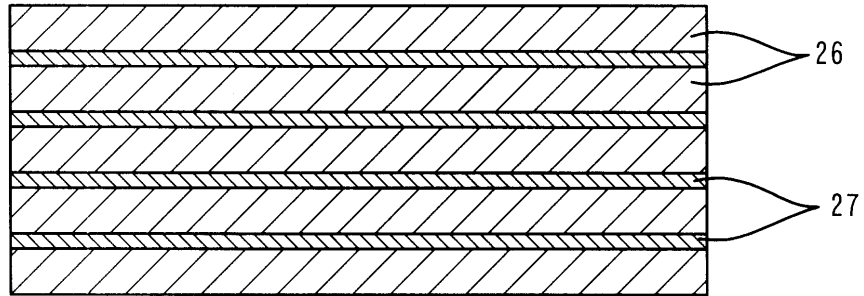


【 手続補正 2 】

【 補正対象書類名 】 図面

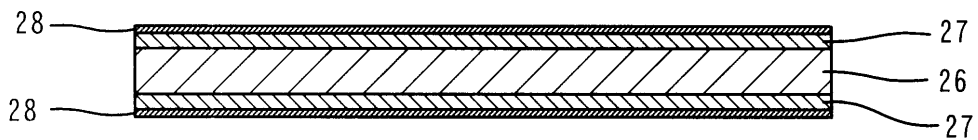
【補正対象項目名】図 8
【補正方法】変更
【補正の内容】
【図 8】

22



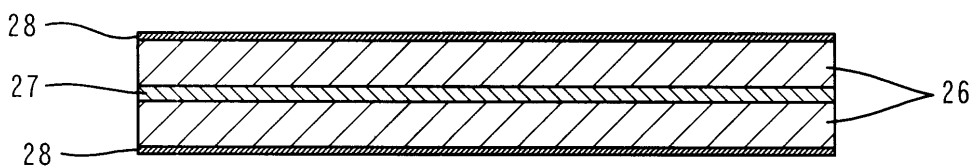
【手続補正 3】
【補正対象書類名】図面
【補正対象項目名】図 9
【補正方法】変更
【補正の内容】
【図 9】

23



【手続補正 4】
【補正対象書類名】図面
【補正対象項目名】図 1 0
【補正方法】変更
【補正の内容】
【図 1 0】

24



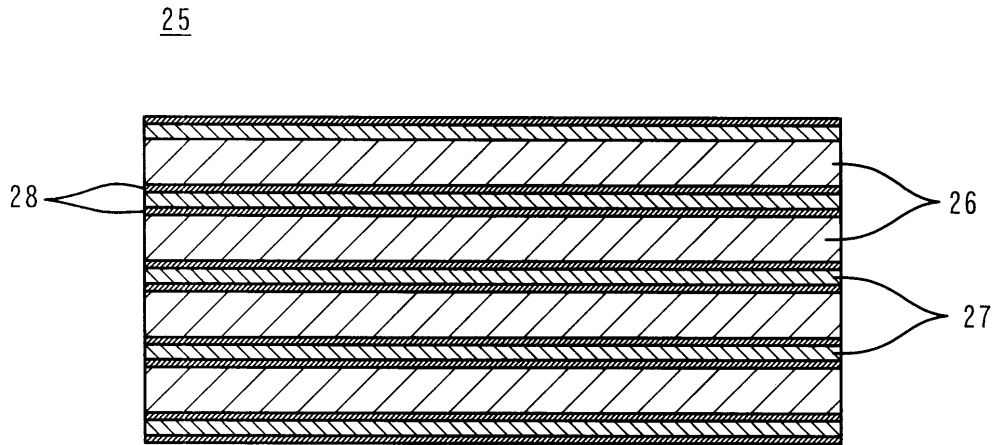
【手続補正 5】
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 1 1

【補正方法】変更

【補正の内容】

【図 1 1】



【手続補正 6】

【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 1 2

【補正方法】変更

【補正の内容】

【図 1 2】

