

(明治安田生命ビル) 9階 創英国際特
許法律事務所 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ,
BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ,
EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN,
HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH,
KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,
MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,
NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保
護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS,
MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM,
ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ,
TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ,
DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT,
LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS,
SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,
GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

明 細 書

発明の名称：

積層体、及びその製造方法、並びに、パワーモジュール

技術分野

[0001] 本開示は、積層体、及びその製造方法、並びに、パワーモジュールに関する。

背景技術

[0002] 自動車、電鉄、産業用機器、及び発電関係等の分野では、大電流を制御するパワーモジュールが用いられている。パワーモジュールに搭載される絶縁基板には、セラミック基板が利用されている。セラミック基板は、セラミック板と、セラミック板上に設けられる金属回路層とを有する。

[0003] 近年、電流密度を上げるために金属回路層の厚みを増加させる傾向にある。このため、セラミック板と、金属回路層との熱膨張差に起因する熱応力が大きくなっている。そこで、セラミック基板には、ヒートサイクルに対する耐久性のさらなる向上が求められる。セラミック基板のヒートサイクルに対する耐久性を向上させる観点から、セラミック板と、金属回路層との熱膨張差に起因する熱応力を低減する中間層を設けることが有効であるとされている。

[0004] またセラミック基板の生産性及び信頼性を向上させる観点から、エッチング工程等を必須とせずに回路形成が可能であり、加熱に伴う材料の酸化を抑制してセラミック基板を製造する方法が検討されている。その一例として、コールドスプレー法によって金属回路層を形成する方法が検討されている（例えば、特許文献1、2等）。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2013-018190号公報

特許文献2：国際公開第2018/135490号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] コールドスプレー法によるセラミック基板の製造方法の利点として、セラミック板上にろう材を使用せずに、金属回路を形成できることが挙げられる。しかし、一方で、ろう材を使用せずに金属回路層を形成することで、従前の製造方法で得られるセラミック基板と比較すると、セラミック板と金属回路層との接合が弱くなる場合が生じ得る。コールドスプレー法によるセラミック基板の製造方法によって、セラミック板と金属回路層との接合性の低下を抑制し、ヒートサイクルに対する耐久性に優れるセラミック基板の製造ができれば有用である。

[0007] 本開示は、ヒートサイクルに対する耐久性に優れる積層体及びその製造方法を提供することを目的とする。本開示はまた、信頼性に優れるパワーモジュールを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0008] 本開示の一側面は、セラミック板と、上記セラミック板上に形成された応力緩和層と、上記応力緩和層上に形成された金属回路層と、を備え、上記応力緩和層は、マグネシウムの含有量が7.5質量%以下であり、平均厚さが0.2mm未満である、上記セラミック板に接触する合金層と、上記合金層よりもマグネシウムの含有量が少なく、上記金属回路層に接触する金属層と、を有する、積層体を提供する。

[0009] 上記積層体は、応力緩和層が合金層と金属層とを有し、セラミック板と接触する合金層がマグネシウムを含むことによって、セラミック板と金属回路との接着が強固なものとなっている。上記積層体はまた、金属回路層と接触する金属層におけるマグネシウムの含有量が少なく、また合金層が所定の厚み未満となるように設けられていることによって、応力緩和層が硬くなりすぎることを抑制し、応力緩和層の金属層側が適度に熱膨張することが可能となることから、全体として、ヒートサイクルに対する耐久性に優れる。

[0010] 上記合金層の平均厚さが0.02mm以上0.2mm未満であってよい。

- [0011] 上記応力緩和層の熱膨張率が、上記セラミック板の熱膨張率よりも大きく、上記金属回路層の熱膨張率よりも大きくてよい。応力緩和層の熱膨張率が上述の条件を充足する場合、セラミック板よりも熱膨張率が大きな金属回路層からの熱応力を、より十分に緩和することができ、ヒートサイクルに対する耐久性をより一層向上させることができる。
- [0012] 上記金属層はアルミニウムを含有してよい。
- [0013] 上記金属層の平均厚さが0.1 mm超であってよい。
- [0014] 上記セラミック板は、窒化ケイ素板、窒化アルミニウム板、又は酸化アルミニウム板材であってよい。
- [0015] 本開示の一側面は、回路基板と、上記回路基板の一方の主面上に電気的に接続された半導体素子と、上記回路基板のもう一方の主面上に接続された放熱部材と、を備え、上記回路基板が上述の積層体である、パワーモジュールを提供する。
- [0016] 上記パワーモジュールは、回路基板が上述の積層体であることによって、信頼性に優れる。
- [0017] 本開示の一側面は、マグネシウムを含む第一金属粉体を不活性ガスと共にノズルからセラミック板の表面に対して吹き付けることによって、セラミック板に接触する第一の堆積層を形成する工程と、上記第一の堆積層を不活性ガス雰囲気下で加熱処理して合金層を形成する工程と、上記第一金属粉体よりもマグネシウムの含有量が小さい第二金属粉体を不活性ガスと共に上記合金層の表面に対して吹き付けることによって、上記合金層に接触する第二の堆積層を形成する工程と、上記第二の堆積層を不活性ガス雰囲気下で加熱処理して金属層を形成する工程と、金属粒子を含む第三金属粉体を不活性ガスと共にノズルから上記金属層の表面に対して吹き付けることによって、上記金属層に接触する第三の堆積層を形成する工程と、上記第三の堆積層を不活性ガス雰囲気下で加熱処理して金属回路層を形成する工程と、を有する、積層体の製造方法を提供する。
- [0018] 上記積層体の製造方法は、金属粉体の吹き付けによって、セラミック板上

にセラミック板側から合金層、金属層及び金属回路層を備える積層体を製造することができる。そして、当該製造方法によれば、マグネシウムの含有量がセラミック板側から徐々に少なくなるように合金層及び金属層を形成することが可能であり、ヒートサイクルに対する耐久性に優れる積層体を製造することができる。

[0019] 上記第一金属粉体が、アルミニウム－マグネシウム合金粒子を含むガスアトマイズ粉であってよい。

発明の効果

[0020] 本開示によれば、ヒートサイクルに対する耐久性に優れる積層体及びその製造方法を提供できる。本開示によればまた、信頼性に優れるパワーモジュールを提供できる。

図面の簡単な説明

[0021] [図1]図1は、積層体の一例を示す模式断面図である。

[図2]図2は、積層体の一例を示す模式断面図である。

[図3]図3は、セラミクス板上に合金層を形成する工程の一例を示す模式図である。

[図4]図4は、パワーモジュールの一例を示す模式断面図である。

発明を実施するための形態

[0022] 以下、場合によって図面を参照して、本開示の一実施形態について説明する。ただし、以下の実施形態は、本開示を説明するための例示であり、本開示を以下の内容に限定する趣旨ではない。説明において、同一要素又は同一機能を有する要素には同一符号を用い、場合により重複する説明は省略する。また、上下左右等の位置関係は、特に断らない限り、図面に示す位置関係に基づくものとする。更に、各要素の寸法比率は図示の比率に限られるものではない。

[0023] 積層体の一実施形態は、セラミック板と、上記セラミック板上に形成された応力緩和層と、上記応力緩和層上に形成された金属回路層と、を備える。ここで、上記応力緩和層は、マグネシウムの含有量が7.5質量%以下であ

り、平均厚さが0.2 mm未満である、上記セラミック板に接触する合金層と、上記合金層よりもマグネシウムの含有量が少なく、上記金属回路層に接触する金属層と、を有する。

[0024] 図1は、積層体の一例を示す模式断面図である。図1に示す積層体100は、セラミック板1と、その両面に設けられた金属回路2a及び2bとを有する。金属回路2aは、応力緩和層20aと、金属回路層23aとからなる。金属回路層23aは、セラミック板1と、応力緩和層20aを介して接合している。応力緩和層20aは、セラミック板1に接触する合金層21aと、合金層21a上に設けられ、金属回路層23aと接触する金属層22aとからなる。金属回路2bは、応力緩和層20bと、金属回路層23bとからなる。金属回路層23bは、セラミック板1と、応力緩和層20bを介して接合している。応力緩和層20bは、セラミック板1に接触する合金層21bと、合金層21b上に設けられ、金属回路層23bと接触する金属層22bとからなる。図1に示す金属回路層23a及び23bはいずれも一様な層の例で記載したが、配線等のパターンを有してもよい。セラミック板1によって、金属回路2aと金属回路2bとは電氣的に絶縁されている。上述のとおり、金属回路層と応力緩和層又は金属回路層とが直接接触しており、積層体100は、ろう材層を有しない。

[0025] セラミック板1を構成するセラミックス成分の種類は、例えば、炭化物、酸化物及び窒化物等であってよい。セラミックス成分の種類は、具体的には、炭化ケイ素(SiC)、酸化アルミニウム(Al_2O_3)、窒化ケイ素(Si_3N_4)、及び窒化アルミニウム(AlN)等であってよい。セラミック板1は、例えば、酸化アルミニウム板、窒化ケイ素板、及び窒化アルミニウム板であってよい。窒化ケイ素板は表面の酸化物層が少ないことから、セラミック板1が窒化ケイ素板である場合、本開示の効果が一層顕著である。酸化物層は他層との接着力を向上させる。本開示に係る積層体は、合金層がマグネシウムを所定量含むことで、接着力を向上させている。これによって、酸化物層が少ないセラミックス板を用いた場合にも十分な接着力を発揮し得る。

。

[0026] セラミック板 1 の平均厚さは、例えば、0.2～1.5 mm、又は0.25～1.0 mmであってよい。

[0027] 本明細書における板及び層の平均厚さは、マイクロメーターによって測定される厚さの平均値を意味する。なお、上記平均値は、10箇所の測定を行い、得られた値の算術平均値とする。

[0028] 応力緩和層 20 a 及び 20 b は、それぞれ、セラミック板 1 と、金属回路層 23 a 及び 23 b との間で、ヒートサイクル時の熱膨張の差に伴って生じる応力を緩和する層である。応力緩和層 20 a 及び 20 b の熱膨張率は、セラミック板 1 の熱膨張率よりも大きく、金属回路層 23 a、23 b の熱膨張率よりも大きくてよい。

[0029] 応力緩和層 20 a 及び 20 b は、それぞれ、合金層 21 a 及び 21 b、並びに金属層 22 a 及び 22 b の 2 層で構成される例で示したが、例えば、3 層以上で構成されてもよい。応力緩和層 20 a 及び 20 b におけるマグネシウムの含有量は、セラミック板 1 側が大きく、金属回路層 23 a 及び 23 b 側で小さくなるように設定される。金属回路層 23 a 及び 23 b と接触する金属層 22 a 及び 22 b は、マグネシウムを含まなくてよい。金属層 22 a 及び 22 b がマグネシウムを含まないことによって、合金層 21 a 及び 21 b と比較して柔らかく、応力緩和の性能をより向上させることができる。

[0030] 合金層 21 a 及び 21 b は、マグネシウムを含む。酸素親和性に優れるマグネシウムを含有することによって、合金層 21 a 及び 21 b とセラミック板 1 との接合がより強固なものとなっている。当該効果はセラミック板の表面における酸化物層が少ない場合により顕著である。ここで、合金層 21 a 及び 21 b は、マグネシウムとアルミニウムを含む合金であってよい。合金層 21 a 及び 21 b の組成は、金属層 22 a 及び 22 b の金属組成に合わせて選択することができる。合金層 21 a 及び 21 b は、アルミニウム－マグネシウム系合金であってよく、アルミニウム－マグネシウム合金であってよい。

。

[0031] なお、合金層 2 1 a 及び 2 1 b は、本発明の効果を損なわない範囲で、アルミニウム及びマグネシウム以外の他の成分を含有してよい。他の成分の合計の含有量は、例えば、5 質量%以下、4 質量%以下、3 質量%以下、2 質量%以下、1 質量%以下、0.5 質量%以下、0.1 質量%以下、0.05 質量%以下、又は 0.01 質量%以下であってよい。ここで、「他の成分」の用語には、任意添加する成分以外に意図せず含有する不純物も含まれる。他の成分としては、例えば、O、C、Si、Mn、P、S、N、Ca、Cr、Ti、Nb、V、B、Mo、Cu、Ni、Sb、Sn、Ta、Mg、Zn、Co、Zr、REM (Rare-earth element)、及びこれらの化合物（例えば、酸化物、窒化物、及び硫化物等）等が挙げられる。

[0032] 合金層 2 1 a におけるマグネシウムの含有量の上限値は、合金層 2 1 a の全量を基準として、7.5 質量%以下であるが、例えば、7.0 質量%以下、6.5 質量%以下、又は 6.0 質量%以下であってよい。マグネシウムの含有量の上限値が上記範囲内であることで、応力緩和層 2 0 a が硬くなりすぎることをより十分に抑制し、全体としてヒートサイクルに対する耐久性により優れる。合金層 2 1 a におけるマグネシウムの含有量の下限値は、合金層 2 1 a の全量を基準として、例えば、0 質量%超であればよく、例えば、0.001 質量%以上、0.01 質量%以上、0.05 質量%以上、0.1 質量%以上、又は 0.3 質量%以上であってよい。マグネシウムの含有量の下限値が上記範囲内であることで、酸素原子を介した化学結合を生じせしめ、応力緩和層 2 0 a とセラミック板 1 との接合をより強固なものにできる。合金層 2 1 a におけるマグネシウムの含有量は上述の範囲内で調整してよく、合金層 2 1 a の全量を基準として、例えば、0.001～7.5 質量%であってよい。

[0033] 本明細書におけるマグネシウムの含有量は、誘導結合プラズマ (ICP) 発光分析法によって測定される値を意味する。

[0034] 合金層 2 1 a の平均厚さの上限値は、0.2 mm 未満であるが、例えば、0.1 mm 以下であってよい。合金層 2 1 a はマグネシウムを含むことから

比較的硬い層となっているため、合金層 2 1 a の平均厚さの上限値が上記範囲内であると、応力緩和層 2 0 a が硬くなりすぎることをより十分に抑制し、ヒートサイクルに対する耐久性により優れる。合金層 2 1 a の平均厚さの下限値は、例えば、0.02 mm 以上、0.03 mm 以上、0.04 mm 以上、又は 0.05 mm 以上であってよい。合金層 2 1 a の平均厚さの下限値が上記範囲内であると、応力緩和層 2 0 a とセラミック板 1 との接合をより強固なものにできる。合金層 2 1 a の平均厚さは上述の範囲内で調整してよく、例えば、0.02 mm 以上 0.2 mm 未満、0.02 mm ~ 0.1 mm、又は 0.03 ~ 0.1 mm であってよい。

[0035] 合金層 2 1 b におけるマグネシウムの含有量は、合金層 2 1 a について上述したものと同様であってよい。合金層 2 1 b におけるマグネシウムの含有量と、合金層 2 1 a におけるマグネシウムの含有量とは、同一であっても異なってもよい。金属回路層 2 3 a 及び 2 3 b の金属の種類、及び厚さ等に応じて調整してよい。

[0036] 合金層 2 1 b の平均厚さは、合金層 2 1 a について上述したものと同様であってよい。合金層 2 1 b の平均厚さと、合金層 2 1 a の平均厚さとは同一であっても異なってもよい。合金層 2 1 a 及び 2 1 b の平均厚さは、合金層の組成、及びセラミック板 1 と金属回路層 2 3 a、2 3 b との熱膨張率等の違い等に応じて調整することができる。

[0037] 金属層 2 2 a 及び 2 2 b は、合金層 2 1 a 及び 2 1 b よりもマグネシウムの含有量が少ない層であり、マグネシウムを含まないものであってよい。金属層 2 2 a 及び 2 2 b は、例えば、アルミニウム及びアルミニウム合金からなる群より選択される少なくとも一種を含んでよく、アルミニウム又はアルミニウム合金から構成されてもよく、アルミニウムから構成されていてもよい。金属層 2 2 a 及び 2 2 b は、好ましくは、マグネシウムを含まず、より好ましくはアルミニウム及び金属回路層 2 3 a 及び 2 3 b を構成する金属のみからなる。金属層 2 2 a 及び 2 2 b が金属回路層 2 3 a 及び 2 3 b を構成する金属を含む場合、当該金属はアルミニウムと合金を形成してよく、

この場合、当該合金は金属層 2 2 a 及び 2 2 b の金属回路層 2 3 a 及び 2 3 b 側の面上に点在してよい。

[0038] なお、金属層 2 2 a 及び 2 2 b は、本発明の効果を損なわない範囲で、アルミニウム及びマグネシウム以外の他の成分を含有してよい。他の成分の合計の含有量は、例えば、5 質量%以下、4 質量%以下、3 質量%以下、2 質量%以下、1 質量%以下、0.5 質量%以下、0.1 質量%以下、0.05 質量%以下、又は 0.01 質量%以下であってよい。ここで、「他の成分」の用語には、任意添加する成分以外に意図せず含有する不純物も含まれる。他の成分としては、例えば、O、C、Si、Mn、P、S、N、Ca、Cr、Ti、Nb、V、B、Mo、Cu、Ni、Sb、Sn、Ta、Mg、Zn、Co、Zr、REM、及びこれらの化合物（例えば、酸化物、窒化物、及び硫化物等）等が挙げられる。

[0039] 金属層 2 2 a の平均厚さは、合金層 2 1 a の平均厚さよりも大きく、合金層 2 1 a の平均厚さを基準として、例えば、1.0 倍以上、1.5 倍以上、又は 2 倍以上であってよい。金属層 2 2 a の平均厚さと合金層 2 1 a の平均厚さが上記関係にあることで、応力緩和層 2 0 a の硬くなりすぎることをより十分に抑制し、ヒートサイクルに対する耐久性により優れる。金属層 2 2 a の平均厚さは、合金層 2 1 a の平均厚さを基準として、例えば、2.0 倍以下、1.7 倍以下、又は 1.5 倍以下であってよい。金属層 2 2 a の平均厚さと合金層 2 1 a の平均厚さが上記関係にあることで、セラミック基板の熱抵抗を下げるができる。金属層 2 2 a の平均厚さは上述の範囲内で調整してよく、合金層 2 1 a の平均厚さを基準として、例えば、1.0～2.0 倍であってよい。

[0040] 金属層 2 2 a の平均厚さの下限值は、例えば、0.1 mm 超、0.15 mm 以上、又は 0.2 mm 以上であってよい。金属層 2 2 a の平均厚さの下限值が上記範囲内であると、ヒートサイクルに対する耐久性により優れる。金属層 2 2 a の平均厚さの上限値は、例えば、0.4 mm 以下、0.35 mm 以下、又は 0.3 mm 以下であってよい。金属層 2 2 a の平均厚さの上限値が

上記範囲内であると、セラミック基板の熱抵抗を下げることができる。

[0041] 金属層 2 2 b の平均厚さは、金属層 2 2 a について上述したものと同様であってよい。金属層 2 2 b の平均厚さと、金属層 2 2 a の平均厚さとは同一であっても異なってもよい。金属層 2 2 a 及び 2 2 b の平均厚さは、セラミック板 1 と金属回路層 2 3 a、2 3 b との熱膨張率等の違い等に応じて調整することができる。

[0042] 金属回路層 2 3 a 及び 2 3 b は、例えば、金、白金、銀、銅、ニッケル、及びクロム等の金属を含んでよく、金、銀、及び銅等を含んでよく、銅からなってもよい。金属回路層 2 3 a 及び 2 3 b は、例えば、銅からなる配線パターン、及び銅合金からなる配線パターン等であってよい。

[0043] 金属回路層 2 3 a 及び 2 3 b の平均厚さの下限値は、例えば、0.3 mm 以上、0.35 mm 以上、又は 0.4 mm 以上であってよい。金属回路層 2 3 a 及び 2 3 b の平均厚さの上限値は、例えば、4 mm 以下、3 mm 以下、又は 2 mm 以下であってよい。

[0044] 図 1 の積層体 1 0 0 は、合金層 2 1 a の端面 2 1 E、金属層 2 2 a の端面 2 2 E、及び金属回路層 2 3 a の端面 2 3 E が同一面となる例で示したが、合金層 2 1 a の端面 2 1 E、及び金属層 2 2 a の端面 2 2 E で構成される面と、金属回路層 2 3 a の端面 2 3 E で構成される面とは、必ずしも同一面である必要はない。図 2 に示す積層体 1 0 1 は、合金層 2 1 a の端面 2 1 E、及び金属層 2 2 a の端面 2 2 E で構成される面と、金属回路層 2 3 a の端面 2 3 E で構成される面とが異なる面である例を示した。積層体 1 0 1 のように、金属回路層 2 3 a、2 3 b の幅よりも、応力緩和層 2 0 a、2 0 b の幅の方が大きくなるように設定されることで、積層体はヒートサイクルに対する耐久性により優れたものとなり得る。金属回路層 2 3 a、2 3 b の幅と、応力緩和層 2 0 a、2 0 b の幅との差は、例えば、1 ~ 1 0 0 0 μm 、又は 1 0 ~ 1 0 0 μm であってよい。

[0045] 上述の積層体 1 0 0、1 0 1 は、いわゆるコールドスプレー法を用いて、セラミック板上に、合金層、金属層を含む応力緩和層、金属回路層を順次形

成する方法によって製造することができる。セラミック板上に、合金層及び金属層を有する応力緩和層、並びに金属回路層を、コールドスプレー及び溶射等の吹き付け操作によって形成する場合、各層の界面には吹き付け操作に由来する凹凸が形成され得る。したがって、上述の積層体 100、101 は、予め層状に形成された金属薄膜等を順次ラミネートして製造されたものと異なる特徴を有する。

[0046] 積層体の製造方法の一実施形態は、マグネシウムを含む第一金属粉体を不活性ガスと共にノズルからセラミック板の表面に対して吹き付けることによって、セラミック板に接触する第一の堆積層を形成する工程と、上記第一の堆積層を不活性ガス雰囲気下で加熱処理して合金層を形成する工程と、上記第一金属粉体よりもマグネシウムの含有量が小さい第二金属粉体を不活性ガスと共に上記合金層の表面に対して吹き付けることによって、上記合金層に接触する第二の堆積層を形成する工程と、上記第二の堆積層を不活性ガス雰囲気下で加熱処理して金属層を形成する工程と、金属粒子を含む第三金属粉体を不活性ガスと共にノズルから上記金属層の表面に対して吹き付けることによって、上記金属層に接触する第三の堆積層を形成する工程と、上記第三の堆積層を不活性ガス雰囲気下で加熱処理して金属回路層を形成する工程と、を有する。

[0047] 図3は、セラミック板上に合金層を形成する工程の一例を示す模式図である。図3に示す方法では、粉体スプレー装置3を用いて金属粉体をセラミック板1の表面に吹き付けることによって、セラミック板1上に第一の堆積層が成膜される。第一の堆積層が加熱処理されることで合金層21aが形成される。合金層21aを形成した後に、その裏側の合金層21bを形成してもよい。

[0048] 図3に示す粉体スプレー装置3は、高圧ガスボンベ4、ヒーター6、粉末供給装置7、先細末広形状を有するスプレーガンのノズル10及びこれらを連結する配管から主として構成される。複数の高圧ガスボンベ4の下流側に第一の圧力調整器5aが設けられており、第一の圧力調整器5aの下流側で

配管が2回路に分岐する。分岐した2回路の配管のそれぞれに、第二の圧力調整器5b及びヒーター6と、第三の圧力調整器5c及び粉末供給装置7とが、それぞれ接続されている。ヒーター6及び粉末供給装置7からの配管がノズル10に接続されている。

[0049] 粉体スプレー装置3において、高圧ガスボンベ4には、作動ガスとして用いられる不活性ガスが、例えば、1MPa以上の圧力で充填されている。不活性ガスは、例えば、ヘリウム若しくは窒素の単一ガス、又はこれらの混合ガスであってよい。高圧ガスボンベ4から供給された作動ガスOGは、一方の回路上で第二の圧力調整器5bにより圧力が調整された上で、ヒーター6によって加熱され、その後、スプレーガンのノズル10に供給される。作動ガスOGはまた、他方の回路上で第三の圧力調整器5cによって圧力が調整された上で、粉末供給装置7にも供給される。粉末供給装置7から、作動ガスOGとともに成膜用の金属粉体がスプレーガンのノズル10に供給される。

[0050] 作動ガスOGのゲージ圧力は、ノズル10の入口10aにおいて、例えば、1.5～5.0MPa、又は2.0～4.0MPaとなるように調節される。作動ガスOGのゲージ圧力が上記範囲内にあることで、堆積層（後に加熱処理され合金層となる層）等を効率的に形成することができる。作動ガスOGのノズルの入口におけるゲージ圧力は、ノズルと配管との接続部分で測定することができる。

[0051] ヒーター6による加熱温度は、通常、成膜される金属粉体の融点又は軟化点よりも低く設定される。ヒーター6は、通常の加熱装置から任意に選択することができる。

[0052] スプレーガンのノズル10に供給された作動ガスは、先細の部分を通ることで圧縮され、その下流側の末広の部分で一気に膨張されることで加速される。金属粉体は所定の温度に加熱されるとともに所定の速度まで加速された後、ノズル10の出口から噴出される。ノズル10から噴出された金属粉体は、セラミック板1の表面に吹き付けられる。これによって金属粉体がセラ

ミック板 1 の表面に固相状態で衝突しながら堆積して、第一の堆積層を形成する。第一の堆積層がその後、加熱処理されることによって、合金層 2 1 a が形成される。第一金属粉の吹き付け量を調整することによって、後に形成される合金層の厚さを制御できる。

[0053] 第一金属粉体は、例えば、マグネシウムと他の金属元素とを含むマグネシウム合金粒子であってよく、アルミニウム－マグネシウム合金粒子であってよい。アルミニウム－マグネシウム合金粒子は、アルミニウムにマグネシウムを固溶させたガスアトマイズ粉であってよい。第一金属粉体の組成（例えば、マグネシウムの含有量）が、後に形成される合金層の組成（例えば、マグネシウムの含有量）に反映されることから、第一金属粉体の組成の調整によって、合金層の組成を制御できる。

[0054] 第一の堆積層の形成において、第一金属粉体は、例えば、10～270℃、又は20～260℃に加熱されてよい。第一金属粉体の加熱温度がこの範囲内とすることで、第一の体積層を効率的に形成することができる。本明細書において、金属粉体が加熱される温度は、金属粉体の最高到達温度を意味する。ノズル 10 の出口における不活性ガスの温度を、金属粉体が加熱される温度とみなすこともできる。ここで、本明細書において「加熱する」の用語は、室温以下の所定の温度となるように調整することも含む意味で用いられる。

[0055] セラミック板 1 上に、セラミック板 1 の表面の一部を覆うマスク材を配置することによって、セラミックス基材上にパターン（回路パターン）を有する第一の堆積層等を形成させてもよい。この方法によれば、合金層等を形成した後に、エッチングのような追加の処理を行うことなく、所望のパターンを有する金属回路を容易に形成することができる。本実施形態に係る方法は、工程を簡略化し、得られる製品の品質管理等の観点から、パターン形成のためにエッチングを必要とする従来の溶湯法及びろう付法等に比べて有利であるといえる。

[0056] 第一金属粉体をノズル 10 内で 250～1050 m/秒まで加速してよい

。本明細書において、金属粉体が加速される速度は、加速された金属粉体が到達する最高速度を意味する。加速された金属粉体が到達する速度が250 m／秒未満であると、金属粉体がセラミックス基材等に衝突した瞬間に金属粉体が十分に塑性変形し難いため、堆積層の形成が困難となるか、形成された堆積層の密着性が低下する傾向にある。加速された金属粉体が達する速度が1050 m／秒を超えると、金属粉体がセラミックス基材等に衝突した時に、金属粉体が粉砕及び飛散して、堆積層の形成が困難になる傾向にある。

[0057] セラミック板上に形成された第一の体積層は、不活性ガス雰囲気下で加熱処理される。加熱処理の温度は、例えば、400～600℃であってよい。第一の堆積層を400℃以上の温度で加熱することで、マグネシウムとセラミック板の表面における酸化物層との反応をより進行させることができ、強固に接合させることができる。また、第一の堆積層を600℃以下の温度で加熱することで、第一の堆積層が軟化することによる影響を低減できる。

[0058] 合金層を形成した後、上述した合金層の形成と同様の方法によって、第二金属粉体を合金層の表面に吹き付けることによって、第二の堆積層を形成、続く加熱処理によって、金属層を形成する。応力緩和層が3以上の層で構成される場合には、例えば、上述の合金層の形成と同様の手段を繰り返すことによって、順次層を形成することができる。金属層の組成及び厚さは、それぞれ第二金属粉体の組成及び吹き付け量によって制御できる。この際、各層を構成する合金又は金属の組成は、各層の表面に吹き付ける金属粉体の組成を調整することによって変更することができる。例えば、金属粉体中のマグネシウムの含有量を徐々に低減するよう調整にしてもよい。後に形成される金属回路層と接着される層を形成するための最終的に吹き付ける金属粉体はマグネシウムを含まないことが好ましく、応力緩和性能を向上させる観点からは、例えば、アルミニウム粉末であることが好ましい。

[0059] 金属層を形成した後、銅等を主成分として含む第三金属粉体を不活性ガスと共にノズルから金属層の表面に対して吹き付け第三の堆積層を形成し、続く加熱処理によって、金属回路層を形成する。

[0060] 第三の堆積層の形成において、第三金属粉体は、例えば、 $10 \sim 650^{\circ}\text{C}$ 、又は $20 \sim 640^{\circ}\text{C}$ に加熱されてよい。第三金属粉体の加熱温度を上記範囲内とすることで、第三の堆積層を効率的に形成できる。第三金属粉体の加熱温度を 650°C 以下とすることで、軟化した銅等の金属粒子がノズルの内壁に付着したり、ノズルの詰まりが生じたりすることを抑制することができる。第三金属粉体の加熱温度を 10°C 以上とすることで、銅等の金属粒子の塑性変形をより容易なものとし、第三の堆積層の形成をより容易なものとするところである。

[0061] 第三の堆積層の形成においても、作動ガスOGのゲージ圧力は、ノズル10の入口10aにおいて、例えば、 $1.5 \sim 5.0 \text{ MPa}$ 、又は $2.0 \sim 4.0 \text{ MPa}$ であってよい。作動ガスOGのゲージ圧力を上記範囲内とすることで、第三の堆積層を効率的に形成できる。ノズルの入口における作動ガスゲージ圧力を 1.5 MPa 以上とすることで、金属層に対して第三金属粉体が密着し難くなることを抑制し、第三の堆積層の形成をより容易なものとするところである。ノズルの入口における作動ガスのゲージ圧力を 5.0 MPa 以下とすることで、不活性ガスとともに金属層に吹き付けられた第三金属粉体が破碎して、第三の堆積層の形成の効率が低下することをより抑制できる。

[0062] その他、第三金属粉体の吹き付けによる第三の堆積層の形成条件は、上述の合金層及び金属層の形成と同様に調整してよい。第三の堆積層を形成する際にも合金層及び金属層の形成と同様に、セラミック板1上にマスク材を配置することで、パターンを有する第三の堆積層を形成し、これを加熱処理することで、パターンを有する金属回路層を形成させてもよい。

[0063] 第三の堆積層は、不活性ガス雰囲気下で加熱処理される。この加熱処理のため温度は、例えば、 $250 \sim 350^{\circ}\text{C}$ であってもよい。第三の堆積層を 250°C 以上の温度で加熱することで、加工硬化による合金層及び金属層における歪みを低減することができる。第三の堆積層を 350°C 以下の比較的低温で加熱することで、金属層と、第三の堆積層との反応による金属間化合物

の生成、及び、金属成分の拡散を抑制することができる。

[0064] 合金層、金属層及び金属回路層における気孔の形成を抑えるために、第一金属粉体、第二金属粉体、及び／又は第三金属粉体は、それぞれ球形粒子で構成されていてよい。第一金属粉体、第二金属粉体、及び／又は第三金属粉体は、それぞれ粒径のバラツキが小さくてよい。金属粉体の平均粒径は、例えば、 $10 \sim 70 \mu\text{m}$ 、又は $20 \sim 60 \mu\text{m}$ であってもよい。金属粉体の平均粒径を $10 \mu\text{m}$ 以上とすることで、金属粉体がノズルの先細の部分に詰まることをより抑制できる。金属粉体の平均粒径を $70 \mu\text{m}$ 以下とすることで、金属粉体の速度を十分に上げることができる。

[0065] 本明細書における平均粒径は、レーザー回折・散乱法によって測定される体積基準の粒子径の分布曲線において、小粒径からの積算値が全体の50％に達した時の粒子径（D50）をいう。なお、D50は、メジアン径とも呼ばれ、対象となる粒子の平均粒径として知られる。

[0066] 上述の積層体はヒートサイクルに対する耐久性に優れることから、例えば、パワーモジュール等を構成する部材（例えば、回路基板等）として好適に使用できる。パワーモジュールの一実施形態は、回路基板と、上記回路基板の一方の主面上に電氣的に接続された半導体素子と、上記回路基板のもう一方の主面上に接続された放熱部材と、を備える。上記回路基板が、上述の積層体である。

[0067] 図4は、パワーモジュールの一例を示す模式断面図である。パワーモジュール300は、ベース板70と、ハンダ32を介してベース板70の一方面と接合される回路基板102とを備える。回路基板102の金属回路2b（合金層、金属層及び金属回路層）がハンダ32と接合している。回路基板102は、上述の積層体100、101等であってよい。

[0068] 回路基板102の金属回路2aには、ハンダ31を介して半導体素子60が取り付けられている。半導体素子60は、アルミワイヤ（アルミ線）等の金属ワイヤ34で金属回路2aの所定箇所に接続されている。筐体36の外部と金属回路2aとを電氣的に接続するため、金属回路2aの所定部分は、

ハンダ35を介して筐体36を貫通して設けられる電極33に接続されている。

[0069] ベース板70の一方面には、回路基板102を収容するように筐体36が配置されている。ベース板70の一方面と筐体36とで形成される収容空間にはシリコンゲル等の樹脂30が充填されている。

[0070] ベース板70の他方面には、グリース74を介して放熱部材をなす冷却フィン72が接合されている。ベース板70の端部には冷却フィン72をベース板70に固定するネジ73が取り付けられている。ベース板70及び冷却フィン72はアルミニウムで構成されていてもよい。ベース板70及び冷却フィン72は、高い熱伝導率を有することによって放熱部として良好に機能する。

[0071] パワーモジュール300は、回路基板102の金属回路2a, 2bと、金属回路2aと電氣的に接続される半導体素子60とを備える。半導体素子60は回路基板102とともに樹脂30によって封止されている。このようなパワーモジュール300は、半導体素子60が発熱しても、樹脂30とセラミック板1との密着性を維持することができる。

[0072] 以上、幾つかの実施形態について説明したが、本開示は上記実施形態に何ら限定されるものではない。また、上述した実施形態についての説明内容は、互いに適用することができる。

実施例

[0073] 以下、実施例及び比較例を参照して本開示の内容をより詳細に説明する。ただし、本開示は、下記の実施例に限定されるものではない。

[0074] <窒化アルミニウム板 (AlN) の準備>

市販の窒化アルミニウム板 (株式会社MARUWA社製) をセラミック板として用いた。

[0075] <窒化ケイ素板 (Si₃N₄板) の作製>

窒化ケイ素粉末と、焼結助剤として、酸化マグネシウム粉末、及び酸化イットリウム粉末を準備した。これらを、Si₃N₄:Y₂O₃:MgO=94.

0 : 3. 0 : 3. 0 (質量比) で配合して原料粉末を得た。この原料粉末を、一軸加圧成形し、成形体を作製した。この成形体を、カーボンヒータを備える電気炉中に配置し、窒素ガスの雰囲気下、1800℃で12時間焼成して、平板形状の窒化ケイ素板を得た。得られた窒化ケイ素板をセラミック板として用いた。

[0076] <酸化アルミニウム板 (Al_2O_3) の準備>

市販の酸化アルミニウム板 (株式会社MARUWA社製) をセラミック板として用いた。

[0077] (実施例1)

<合金層 (アルミニウム-マグネシウム合金からなる層) の形成>

アルミニウム-マグネシウム合金粉体 (株式会社高純度化学研究所社製、ガスアトマイズ粉、メジアン径: $24\ \mu m$) を用い、図3と同様の構成を有する粉体スプレー装置によって、縦: 56 mm、横: 46 mm、厚み: 0.1 mmのアルミニウム-マグネシウム合金粉体の堆積層 (第一の堆積層) を、窒化アルミニウム板の表裏それぞれにおいて基材端面から2 mm内側の範囲に形成した。第一の堆積層の形成は、作動ガスとして窒素を用い、アルミニウム-マグネシウム合金粉体 (ガスアトマイズ粉) の温度を260℃、ノズル入口における作動ガスの圧力を3 MPaとする条件で行った。第一の堆積層を、窒素雰囲気下において550℃の温度で3時間保持することで加熱処理してアルミニウム-マグネシウム合金層 (合金層) を形成した。

[0078] <金属層層 (アルミニウムからなる層) の形成>

次に、アルミニウム粉体 (高純度化学研究所社製、ガスアトマイズ粉、メジアン径: $24\ \mu m$) を用い、図3と同様の構成を有する粉体スプレー装置によって、縦: 56 mm、横: 46 mm、厚み: 0.2 mmのアルミニウム粉体の堆積層 (第二の堆積層) を、上述のとおり形成した2つの合金層の表面それぞれにおいて、合金層と同じく、縦: 56 mm、横: 46 mmとなるように形成した。第二の堆積層の形成は、作動ガスとして窒素を用い、アルミニウム粉体の温度を260℃、ノズル入口における作動ガスの圧力を3 M

Paとする条件で行った。第二の堆積層を、窒素雰囲気下において550℃の温度で3時間保持することで加熱処理してアルミニウム層（金属層）を形成した。

[0079] <金属回路層（銅からなる層）の形成>

さらに、アルミニウム層の一部を鉄製のマスク材でマスキングし、銅粉体（福田金属箔粉工業社製、水アトマイズ粉、メジアン径：17μm）を用い、図3と同様の構成を有する粉体スプレー装置によって、アルミニウム層の端面から50μm内側の範囲に銅粉体の堆積層（第三の堆積層）を縦：55.9mm、横：45.9mm、厚さ：0.4mmとなるように形成した。第三の堆積層は、作動ガスとして窒素を用い、銅粉体の温度を640℃、ノズル入口における作動ガスの圧力を3MPaとする条件で行った。アルミニウム層の端面は、銅層の端面よりも50μmの幅で外側にはみ出していた。第三の堆積層を、窒素雰囲気下において300℃の温度で1時間保持することで加熱処理して銅層（金属回路層）を形成した。

[0080] 以上の手順で、窒化ケイ素板の両面上に、アルミニウム－マグネシウム合金層、アルミニウム層及び銅層からなる金属回路が形成された積層体を得た。

[0081] （実施例2～9）

セラミック板の種類及び厚さ、合金層におけるマグネシウムの含有量及び合金層の厚さ、並びに、金属層の厚さを表1に示すとおり変更したこと以外は、実施例1と同様にして、積層体を調製した。

[0082] （比較例1～3）

金属層を設けず、セラミック板の種類及び厚み、並びに、合金層におけるマグネシウムの含有量を表2に示すとおり変更したこと以外は、実施例1と同様にして積層体を調製した。

[0083] （比較例4～5）

合金層を設けず、セラミック板の種類及び厚み、並びに、金属層の厚みを表2に示すとおり変更したこと以外は、実施例1と同様にして積層体を調製

した。

[0084] (比較例 7 ～ 14)

セラミック板の種類及び厚さ、合金層におけるマグネシウムの含有量及び合金層の厚さ、並びに、金属層の厚さを表 1 に示すとおり変更したこと以外は、実施例 2 と同様にして、積層体を調製した。

[0085] <ヒートサイクルに対する耐久性の評価：ヒートサイクル試験>

実施例 1 ～ 9 及び比較例 1 ～ 17 で調製した積層体それぞれについて、ヒートサイクル試験を行い、ヒートサイクルに対する耐久性を評価した。具体的には、積層体を「180℃の環境に30分間放置した後に、-55℃の環境に30分間放置すること」を1サイクルとして、これを3000サイクル実施するヒートサイクル試験を行った。試験後の積層体に対する断面観察から、以下の基準で評価した。結果を表 1 及び表 2 に示す。

A：3000サイクルでもはく離等の異常が観測されなかった。

B：1500サイクル超3000サイクル未満ではく離が観測された。

C：1000サイクル超1500サイクル以下ではく離が観測された。

D：1000サイクル以下ではく離が観測された。

[0086]

[表1]

	セラミックス板		応力緩和層				金属回路層		熱衝撃に対する 耐久性の評価 [ヒートサイクル試験]
			合金層		金属層				
	種類	厚さ [mm]	マグネシウム の含有量 [質量%]	厚さ [μm]	種類	厚さ [μm]	種類	厚さ [μm]	
実施例 1	AIN ₃	0.64	0.5	0.1	Al	0.2	Cu	0.4	A
実施例 2	Si ₃ N ₄	0.32	0.5	0.1	Al	0.3	Cu	0.4	A
実施例 3	Al ₂ O ₃	1.0	3	0.1	Al	0.2	Cu	0.4	A
実施例 4	AIN ₃	0.64	3	0.1	Al	0.3	Cu	0.4	A
実施例 5	Si ₃ N ₄	0.32	6	0.1	Al	0.2	Cu	0.4	A
実施例 6	Al ₂ O ₃	1.0	6	0.1	Al	0.3	Cu	0.4	A
実施例 7	AIN ₃	0.64	3	0.1	Al	0.1	Cu	0.4	B
実施例 8	Si ₃ N ₄	0.32	0.5	0.1	Al	0.1	Cu	0.4	B
実施例 9	Al ₂ O ₃	1.0	6	0.1	Al	0.1	Cu	0.4	B

[0087] [表2]

	セラミックス板		応力緩和層				金属回路層		熱衝撃に対する 耐久性の評価 [ヒートサイクル試験]
			合金層		金属層				
	種類	厚さ [mm]	マグネシウム の含有量 [質量%]	厚さ [μm]	種類	厚さ [μm]	種類	厚さ [μm]	
比較例 1	AlN ₃	0.64	0.5	0.1	—	—	Cu	0.4	D
比較例 2	Si ₃ N ₄	0.32	6	0.1	—	—	Cu	0.4	D
比較例 3	Al ₂ O ₃	1.0	3	0.1	—	—	Cu	0.4	D
比較例 4	AlN ₃	0.64	—	—	Al	0.1	Cu	0.4	D
比較例 5	Si ₃ N ₄	0.32	—	—	Al	0.3	Cu	0.4	D
比較例 6	Al ₂ O ₃	1.0	—	—	Al	0.2	Cu	0.4	D
比較例 7	AlN ₃	0.64	9	0.1	Al	0.2	Cu	0.4	D
比較例 8	Si ₃ N ₄	0.32	9	0.1	Al	0.3	Cu	0.4	D
比較例 9	Al ₂ O ₃	1.0	0.5	0.2	Al	0.2	Cu	0.4	D
比較例 10	AlN ₃	0.64	0.5	0.2	Al	0.3	Cu	0.4	D
比較例 11	Si ₃ N ₄	0.32	3	0.2	Al	0.2	Cu	0.4	D
比較例 12	Al ₂ O ₃	1.0	3	0.2	Al	0.3	Cu	0.4	D
比較例 13	AlN ₃	0.64	6	0.2	Al	0.2	Cu	0.4	D
比較例 14	Si ₃ N ₄	0.32	6	0.2	Al	0.3	Cu	0.4	D

産業上の利用可能性

[0088] 本開示によれば、ヒートサイクルに対する耐久性に優れる積層体を提供できる。本開示によればまた、信頼性に優れるパワーモジュールを提供できる。

符号の説明

[0089] 1…セラミック板、2 a, 2 b…金属回路、3…粉体スプレー装置、4…高圧ガスポンプ、5 a…第一の圧力調整器、5 b…第二の圧力調整器、5 c…第三の圧力調整器、6…ヒーター、7…粉末供給装置、10…ノズル、10 a…入口、20 a, 20 b…応力緩和層、21 a, 21 b…合金層、22 a, 22 b…金属層、23 a, 23 b…金属回路層、30…樹脂、31, 32, 35…ハンダ、33…電極、34…金属ワイヤ、36…筐体、60…半導体素子、70…ベース板、72…冷却フィン、73…ネジ、74…グリース、100, 101…積層体、102…回路基板、300…パワーモジュール。

請求の範囲

- [請求項1] セラミック板と、
前記セラミック板上に形成された応力緩和層と、
前記応力緩和層上に形成された金属回路層と、を備え、
前記応力緩和層は、
マグネシウムの含有量が7.5質量%以下であり、平均厚さが0.2mm未満である、前記セラミック板に接触する合金層と、
前記合金層よりもマグネシウムの含有量が少なく、前記金属回路層に接触する金属層と、を有する、積層体。
- [請求項2] 前記合金層の平均厚さが0.02mm以上0.2mm未満である、請求項1に記載の積層体。
- [請求項3] 前記応力緩和層の熱膨張率が、前記セラミック板の熱膨張率よりも大きく、前記金属回路層の熱膨張率よりも大きい、請求項1又は2に記載の積層体。
- [請求項4] 前記金属層はアルミニウムを含有する、請求項1～3のいずれか一項に記載の積層体。
- [請求項5] 前記金属層の平均厚さが0.1mm超である、請求項1～4のいずれか一項に記載の積層体。
- [請求項6] 前記セラミック板は、窒化ケイ素板、窒化アルミニウム板、又は酸化アルミニウム板である、請求項1～5のいずれか一項に記載の積層体。
- [請求項7] 回路基板と、
前記回路基板の一方の主面上に電氣的に接続された半導体素子と、
前記回路基板のもう一方の主面上に接続された放熱部材と、を備え、
前記回路基板が請求項1～6のいずれか一項に記載の積層体である、パワーモジュール。
- [請求項8] マグネシウムを含む第一金属粉体を不活性ガスと共にノズルからセ

ラミック板の表面に対して吹き付けることによって、セラミック板に接触する第一の堆積層を形成する工程と、

前記第一の堆積層を不活性ガス雰囲気下で加熱処理して合金層を形成する工程と、

前記第一金属粉体よりもマグネシウムの含有量が小さい第二金属粉体を不活性ガスと共に前記合金層の表面に対して吹き付けることによって、前記合金層に接触する第二の堆積層を形成する工程と、

前記第二の堆積層を不活性ガス雰囲気下で加熱処理して金属層を形成する工程と、

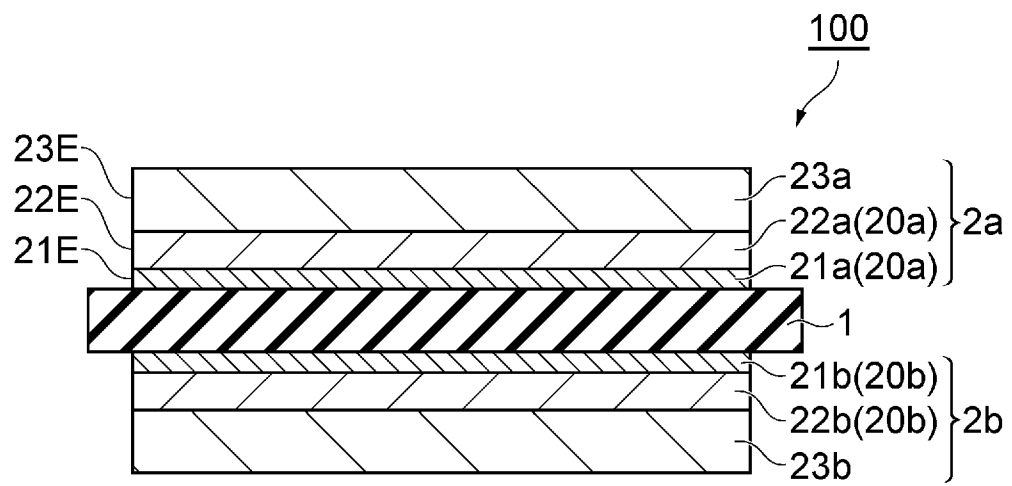
金属粒子を含む第三金属粉体を不活性ガスと共にノズルから前記金属層の表面に対して吹き付けることによって、前記金属層に接触する第三の堆積層を形成する工程と、

前記第三の堆積層を不活性ガス雰囲気下で加熱処理して金属回路層を形成する工程と、を有する、積層体の製造方法。

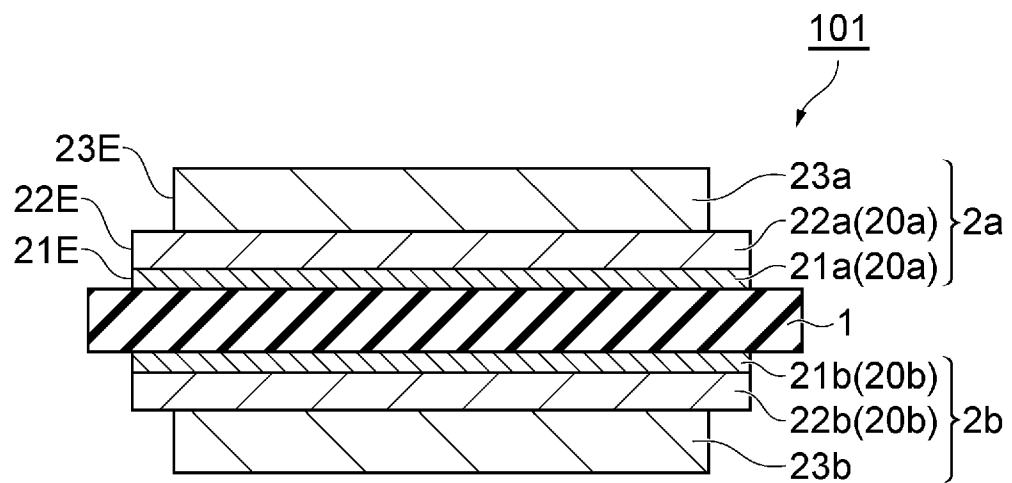
[請求項9]

前記第一金属粉体が、アルミニウム－マグネシウム合金粒子を含むガスアトマイズ粉である、請求項8に記載の積層体の製造方法。

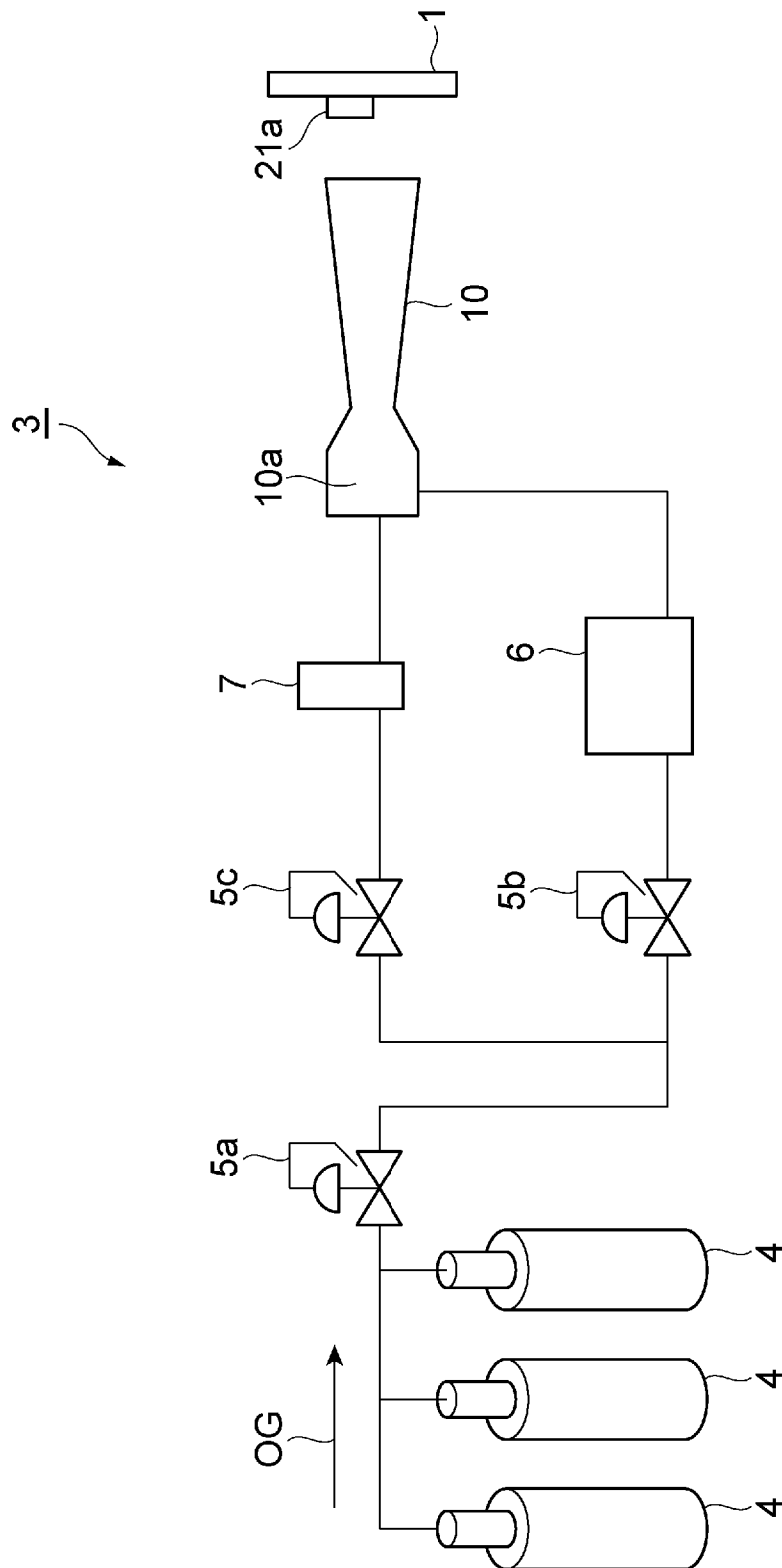
[図1]



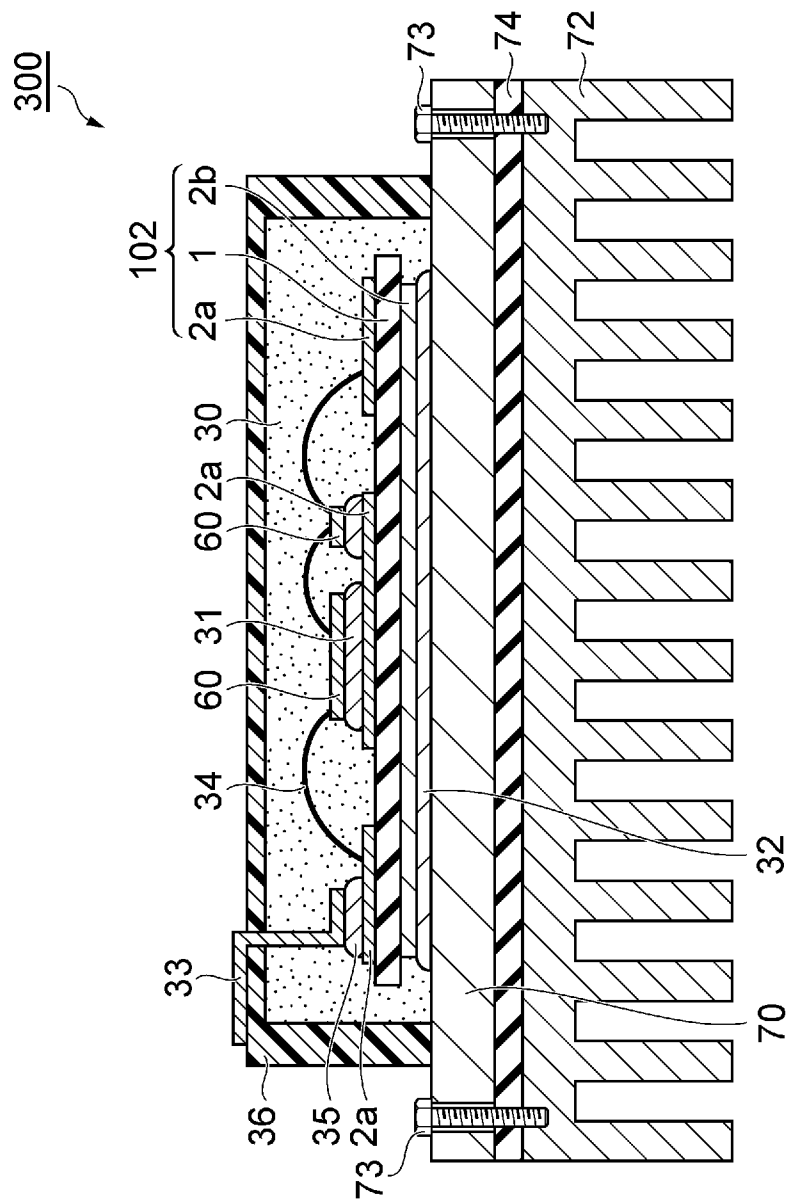
[図2]



[図3]



[図4]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/000041

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**B32B 18/00**(2006.01)i; **C23C 24/04**(2006.01)i; **H01L 23/36**(2006.01)i

FI: B32B18/00 B; C23C24/04; H01L23/36 C

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B32B1/00-43/00; C23C24/04; H01L23/36

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2022

Registered utility model specifications of Japan 1996-2022

Published registered utility model applications of Japan 1994-2022

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2019-67801 A (DENKI KAGAKU KOGYO KK) 25 April 2019 (2019-04-25) claims 1, 3, paragraphs [0001], [0007]-[0046], examples 1, 4, 7, fig. 2, 3(b)	1-2, 4-9
Y	WO 2018/135499 A1 (SHINSHU UNIVERSITY, DENKA CO., LTD.) 26 July 2018 (2018-07-26) claims 1-3, 7, paragraphs [0008], [0011], [0014]-[0030], fig. 3, example 7, fig. 3	1-2, 4-9
A	JP 2000-281468 A (DENKI KAGAKU KOGYO KK) 10 October 2000 (2000-10-10) entire text	1-9
A	WO 2018/135490 A1 (DENKI KAGAKU KOGYO KK) 26 July 2018 (2018-07-26) entire text	1-9
A	JP 2013-74199 A (NHK SPRING CO., LTD.) 22 April 2013 (2013-04-22) entire text	1-9
A	WO 2017/082368 A1 (NHK SPRING CO., LTD.) 18 May 2017 (2017-05-18) entire text	1-9

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

04 March 2022

Date of mailing of the international search report

22 March 2022

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)
3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915
Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2022/000041

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2019-67801	A	25 April 2019	(Family: none)	
WO	2018/135499	A1	26 July 2018	US 2019/0364667 A1 claims1-3, 7, paragraphs [0012], [0015], [0023]-[0039], example 7, fig. 3	
				EP 3572555 A1	
				CN 110168140 A	
JP	2000-281468	A	10 October 2000	US 6447894 B1 whole document	
				EP 1000915 A2	
				KR 10-2000-0035298 A	
WO	2018/135490	A1	26 July 2018	US 2020/0128677 A1 whole document	
				EP 3573436 A1	
				CN 110169213 A	
JP	2013-74199	A	22 April 2013	US 2014/0226284 A1 whole document	
				WO 2013/047329 A1	
				EP 2763166 A1	
				CN 103828040 A	
				KR 10-2014-0064888 A	
WO	2017/082368	A1	18 May 2017	US 2018/0315680 A1 whole document	
				EP 3375606 A1	
				KR 10-2018-0057662 A	
				CN 108290380 A	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） B32B 18/00(2006.01)i; C23C 24/04(2006.01)i; H01L 23/36(2006.01)i FI: B32B18/00 B; C23C24/04; H01L23/36 C														
B. 調査を行った分野														
調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） B32B1/00-43/00; C23C24/04; H01L23/36														
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの														
<table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2022年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2022年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2022年</td> </tr> </table>			日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2022年	日本国実用新案登録公報	1996-2022年	日本国登録実用新案公報	1994-2022年				
日本国実用新案公報	1922-1996年													
日本国公開実用新案公報	1971-2022年													
日本国実用新案登録公報	1996-2022年													
日本国登録実用新案公報	1994-2022年													
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）														
C. 関連すると認められる文献														
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号												
Y	JP 2019-67801 A（デンカ株式会社）25.04.2019（2019-04-25） 請求項1, 3, [0001], [0007]-[0046], 実施例, 1, 4, 7, 図2, 図3(b)	1-2, 4-9												
Y	WO 2018/135499 A1（国立大学法人信州大学、デンカ株式会社）26.07.2018（2018-07-26） 請求項1-3, 7, [0008], [0011], [0014]-[0030], 図3, 実施例7, 図3	1-2, 4-9												
A	JP 2000-281468 A（電気化学工業株式会社）10.10.2000（2000-10-10） 文献全体	1-9												
A	WO 2018/135490 A1（デンカ株式会社）26.07.2018（2018-07-26） 文献全体	1-9												
A	JP 2013-74199 A（日本発條株式会社）22.04.2013（2013-04-22） 文献全体	1-9												
A	WO 2017/082368 A1（日本発條株式会社）18.05.2017（2017-05-18） 文献全体	1-9												
☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。														
<table border="0"> <tr> <td>* 引用文献のカテゴリー</td> <td>“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの</td> </tr> <tr> <td>“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの</td> <td>“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの</td> </tr> <tr> <td>“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの</td> <td>“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの</td> </tr> <tr> <td>“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）</td> <td>“&” 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献</td> <td></td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー	“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの	“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの	“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの	“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの	“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）	“&” 同一パテントファミリー文献	“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献		“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献	
* 引用文献のカテゴリー	“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの													
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの	“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの													
“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの													
“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）	“&” 同一パテントファミリー文献													
“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献														
“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献														
国際調査を完了した日 04.03.2022	国際調査報告の発送日 22.03.2022													
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 伊藤 寿美 4S 4143 電話番号 03-3581-1101 内線 3474													

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2022/000041

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2019-67801	A	25.04.2019	(ファミリーなし)	
WO	2018/135499	A1	26.07.2018	US 2019/0364667 A1	
				claims1-3, 7, [0012],	
				[0015], [0023]-[0039],	
				Example7, Fig.3	
				EP 3572555 A1	
				CN 110168140 A	
JP	2000-281468	A	10.10.2000	US 6447894 B1	
				whole document	
				EP 1000915 A2	
				KR 10-2000-0035298 A	
WO	2018/135490	A1	26.07.2018	US 2020/0128677 A1	
				whole document	
				EP 3573436 A1	
				CN 110169213 A	
JP	2013-74199	A	22.04.2013	US 2014/0226284 A1	
				whole document	
				WO 2013/047329 A1	
				EP 2763166 A1	
				CN 103828040 A	
				KR 10-2014-0064888 A	
WO	2017/082368	A1	18.05.2017	US 2018/0315680 A1	
				whole document	
				EP 3375606 A1	
				KR 10-2018-0057662 A	
				CN 108290380 A	