(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2018年8月9日(09.08.2018)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2018/143470 A1

(51) 国際特許分類:
C04B 37/00 (2006.01)　*H01L 23/15* (2006.01)
B23K 1/00 (2006.01)　*H01L 33/62* (2010.01)
H01L 23/12 (2006.01)　*H01L 33/64* (2010.01)

(21) 国際出願番号：　PCT/JP2018/003957

(22) 国際出願日：　2018年2月6日(06.02.2018)

(25) 国際出願の言語：　日本語

(26) 国際公開の言語：　日本語

(30) 優先権データ：
特願 2017-019737　2017年2月6日(06.02.2017)　JP
特願 2018-009821　2018年1月24日(24.01.2018)　JP

(71) 出願人：三菱マテリアル株式会社 (**MITSUBISHI MATERIALS CORPORATION**) [JP/JP]；〒1008117 東京都千代田区大手町一丁目３番２号 Tokyo (JP).

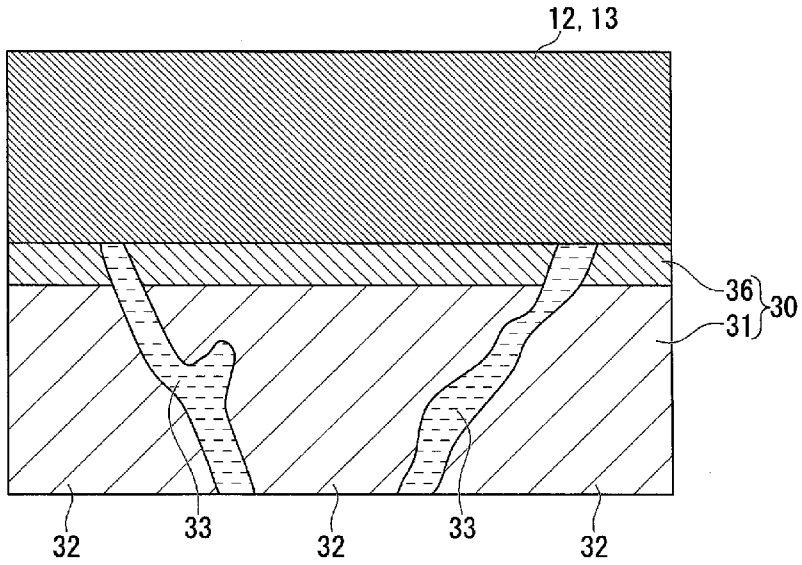
(72) 発明者：寺▲崎▼ 伸幸(**TERASAKI Nobuyuki**)；〒3308508 埼玉県さいたま市大宮区北袋町一丁目２９７番地 三菱マテリアル株式会社 中央研究所内 Saitama (JP).

(74) 代理人：松沼 泰史，外(**MATSUNUMA Yasushi** et al.)；〒1006620 東京都千代田区丸の内一丁目９番２号 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,

(54) **Title:** CERAMIC/ALUMINUM CONJUGATE, INSULATED CIRCUIT BOARD, LED MODULE, CERAMIC MEMBER, METHOD FOR PRODUCING CERAMIC/ALUMINUM CONJUGATE, AND METHOD FOR PRODUCING INSULATED CIRCUIT BOARD

(54) 発明の名称：セラミックス／アルミニウム接合体、絶縁回路基板、ＬＥＤモジュール、セラミックス部材、セラミックス／アルミニウム接合体の製造方法、絶縁回路基板の製造方法



(57) **Abstract:** In this ceramic/aluminum conjugate, a ceramic member and an aluminum member comprising aluminum or an aluminum alloy are bonded together. The ceramic member has a ceramic main body comprising silicon nitride, and an aluminum nitride layer or aluminum oxide layer formed on the surface of the ceramic main body where the aluminum member is to be bonded, the ceramic member being bonded to the aluminum member with the aluminum nitride layer or aluminum oxide layer interposed therebetween. The ceramic main body is provided with silicon nitride phases and a glass

WO 2018/143470 A1

[続葉有]

DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

phase formed between the silicon nitride phases. Al is present in the portion of the glass phase of the ceramic main body on the side having the interface with the aluminum nitride layer or aluminum oxide layer.

(57) 要約:本発明のセラミックス/アルミニウム接合体は、セラミックス部材と、アルミニウム又はアルミニウム合金からなるアルミニウム部材とが接合されており、セラミックス部材は、窒化ケイ素からなるセラミックス本体と、このセラミックス本体のうちアルミニウム部材との接合面に形成された窒化アルミニウム層又は酸化アルミニウム層と、を有し、窒化アルミニウム層又は前記酸化アルミニウム層を介してアルミニウム部材が接合されており、セラミックス本体は、窒化ケイ素相と、この窒化ケイ素相の間に形成されたガラス相と、を備えており、セラミックス本体のガラス相のうち窒化アルミニウム層又は前記酸化アルミニウム層との界面側部分にＡＩが存在している。

明　細　書

発明の名称 ：

セラミックス／アルミニウム接合体、絶縁回路基板、ＬＥＤモジュール、セラミックス部材、セラミックス／アルミニウム接合体の製造方法、絶縁回路基板の製造方法

技術分野

[0001] この発明は、セラミックス部材と、アルミニウム又はアルミニウム合金からなるアルミニウム部材とが接合されてなるセラミックス／アルミニウム接合体、セラミックス基板と、アルミニウム又はアルミニウム合金からなるアルミニウム板とが接合されてなる絶縁回路基板、この絶縁回路基板を備えたＬＥＤモジュール、上述のセラミックス／アルミニウム接合体に用いられるセラミックス部材、並びに、上述のセラミックス／アルミニウム接合体の製造方法、絶縁回路基板の製造方法に関するものである。

本願は、２０１７年２月６日に、日本に出願された特願２０１７－０１９７３７号、及び２０１８年１月２４日に、日本に出願された特願２０１８－００９８２１号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] パワーモジュール、ＬＥＤモジュール及び熱電モジュールは、絶縁層の一方の面に導電材料からなる回路層を形成した絶縁回路基板に、パワー半導体素子、ＬＥＤ素子及び熱電素子が接合された構造を備えている。

また、上述の絶縁回路基板においては、セラミックス基板の一方の面に導電性の優れた金属板を接合して回路層とし、また、他方の面に放熱性に優れた金属板を接合して金属層を形成した構造のものも提供されている。

さらに、回路層に搭載した素子等から発生した熱を効率的に放散させるために、絶縁回路基板の金属層側にヒートシンクを接合したヒートシンク付き絶縁回路基板も提供されている。

[0003] 例えば、特許文献１に示すパワーモジュールは、セラミックス基板の一方

の面にアルミニウム板からなる回路層が形成されるとともに他方の面にアルミニウム板からなる金属層が形成された絶縁回路基板と、この回路層上にはんだ材を介して接合された半導体素子と、を備えた構造を備えている。

また、特許文献２、３に示すＬＥＤモジュールは、セラミックスからなる基材の一方の面に導電性の回路層が形成され、絶縁基板の他方の面に放熱体が接合され、回路層上に発光素子が搭載された構造を備えている。

ここで、セラミックス基板と回路層及び金属層となるアルミニウム板を接合する際には、通常、Ａｌ－Ｓｉ系ろう材が用いられている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特許第３１７１２３４号公報

特許文献2：特開２０１３－１５３１５７号公報

特許文献3：特開２０１５－０７０１９９号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] ところで、上述のＬＥＤモジュール等においては、発光素子が搭載される回路層の厚さをさらに薄くすることが求められており、例えば厚さ１００μｍ以下のアルミニウム板をセラミックス基板に接合する場合がある。

このように厚さの薄いアルミニウム板をＡｌ－Ｓｉ系ろう材を用いて接合した場合には、回路層となるアルミニウム板にろう材のＳｉが拡散して融点が低下し、回路層の一部が溶融してしまうおそれがあった。

[0006] 回路層の溶融を抑制するために、接合温度を低下させたり、ろう材のＳｉ量を少なくしたりした場合には、接合が不十分となり、接合信頼性が低下してしまう。このため、発熱密度が高い用途には適用することができなかった。

以上のように、従来の絶縁回路基板においては、回路層を薄く形成した場合には、回路層の溶融を抑制し、かつ、回路層とセラミックス基板との接合

信頼性を向上させることは困難であった。

[0007] また、ＬＥＤモジュールにおいて強度を確保するために、窒化ケイ素（Si_3N_4）からなるセラミックス基板が用いられることがある。しかしながら、窒化ケイ素（Si_3N_4）からなるセラミックス基板は、窒化ケイ素相と、この窒化ケイ素相の間に形成されたガラス相と、を備えており、このガラス相とアルミニウム板との接合が不十分となるため、接合強度を十分に保つことができなかった。なお、このガラス相は、窒化ケイ素の原料を焼結する際に添加される焼結助剤によって形成される。

以上のことから、窒化ケイ素（Si_3N_4）からなるセラミックス基板においては、窒化アルミニウム（ＡｌＮ）や酸化アルミニウム（Al_2O_3）からなるセラミックス基板と比べて、金属板（特にアルミニウム板）との接合信頼性が劣っていた。

[0008] この発明は、前述した事情に鑑みてなされたものであって、アルミニウム部材が溶融することなく窒化ケイ素（Si_3N_4）からなるセラミックス部材と信頼性高く接合されたセラミックス／アルミニウム接合体、絶縁回路基板、この絶縁回路基板を備えたＬＥＤモジュール、上述のセラミックス／アルミニウム接合体に用いられるセラミックス部材、セラミックス／アルミニウム接合体の製造方法、絶縁回路基板の製造方法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

[0009] 上記課題を解決するために、本発明の一態様であるセラミックス／アルミニウム接合体は、セラミックス部材と、アルミニウム又はアルミニウム合金からなるアルミニウム部材とが接合されてなるセラミックス／アルミニウム接合体であって、前記セラミックス部材は、窒化ケイ素からなるセラミックス本体と、このセラミックス本体のうち前記アルミニウム部材との接合面に形成された窒化アルミニウム層又は酸化アルミニウム層と、を有し、前記窒化アルミニウム層又は前記酸化アルミニウム層を介して前記アルミニウム部材が接合されており、前記セラミックス本体は、窒化ケイ素相と、この窒化

ケイ素相の間に形成されたガラス相と、を備えており、前記セラミックス本体の前記ガラス相のうち前記窒化アルミニウム層又は前記酸化アルミニウム層との界面側部分にＡＩが存在していることを特徴としている。

[0010] この構成のセラミックス／アルミニウム接合体によれば、前記セラミックス部材は、窒化ケイ素からなるセラミックス本体と、このセラミックス本体のうち前記アルミニウム部材との接合面に形成された窒化アルミニウム層又は酸化アルミニウム層と、を有しており、前記セラミックス本体の前記ガラス相のうち前記窒化アルミニウム層又は前記酸化アルミニウム層との界面側部分にＡＩが存在していることから、窒化ケイ素からなるセラミックス本体と窒化アルミニウム層又は酸化アルミニウム層とが強固に結合している。

また、セラミックス部材の窒化アルミニウム層又は酸化アルミニウム層とアルミニウム部材とが接合されているので、アルミニウム部材とセラミックス部材との接合信頼性が高い。

よって、接合信頼性に優れたセラミックス／アルミニウム接合体を提供することが可能となる。

[0011] ここで、本発明の一態様であるセラミックス／アルミニウム接合体においては、前記セラミックス本体のうち前記アルミニウム部材との接合面に前記窒化アルミニウム層が形成されており、前記窒化アルミニウム層は、前記セラミックス本体側から順に、窒素濃度が５０原子％以上８０原子％以下とされ、厚さ方向に窒素の濃度傾斜を有する第１窒化アルミニウム層と、窒素濃度が３０原子％以上５０原子％未満とされた第２窒化アルミニウム層と、を有していてもよい。

この場合、前記窒化アルミニウム層が、上述のように、窒素濃度が５０原子％以上８０原子％以下とされ、厚さ方向に窒素の濃度傾斜を有する第１窒化アルミニウム層と、窒素濃度が３０原子％以上５０原子％未満とされた第２窒化アルミニウム層と、を有しているので、セラミックス本体の窒化ケイ素が反応することで窒化アルミニウム層が形成されており、窒化ケイ素からなるセラミックス本体と窒化アルミニウム層とがさらに強固に結合している

。これにより、セラミックス／アルミニウム接合体に対して冷熱サイクルを負荷した場合であっても、セラミックス部材とアルミニウム部材との接合率が低下することを抑制できる。

[0012] 本発明の一態様である絶縁回路基板は、セラミックス基板と、アルミニウム又はアルミニウム合金からなるアルミニウム板とが接合されてなる絶縁回路基板であって、前記セラミックス基板は、窒化ケイ素からなるセラミックス本体と、このセラミックス本体のうち前記アルミニウム板との接合面に形成された窒化アルミニウム層又は酸化アルミニウム層と、を有し、前記窒化アルミニウム層又は前記酸化アルミニウム層を介して前記アルミニウム板が接合されており、前記セラミックス本体は、窒化ケイ素相と、この窒化ケイ素相の間に形成されたガラス相と、を備えており、前記セラミックス本体の前記ガラス相のうち前記窒化アルミニウム層又は前記酸化アルミニウム層との界面側部分にＡｌが存在していることを特徴としている。

[0013] この構成の絶縁回路基板によれば、前記セラミックス基板が、窒化ケイ素からなるセラミックス本体と、窒化アルミニウム層又は酸化アルミニウム層と、を有しており、前記セラミックス本体の前記ガラス相のうち前記窒化アルミニウム層又は前記酸化アルミニウム層との界面側部分にＡｌが存在していることから、窒化ケイ素からなるセラミックス本体と窒化アルミニウム層又は酸化アルミニウム層とが強固に結合している。

また、セラミックス基板の窒化アルミニウム層又は酸化アルミニウム層とアルミニウム板とが接合されているので、アルミニウム板とセラミックス基板との接合信頼性に優れた絶縁回路基板を提供することが可能となる。

[0014] ここで、本発明の一態様である絶縁回路基板においては、前記セラミックス本体のうち前記アルミニウム板との接合面に前記窒化アルミニウム層が形成されており、前記窒化アルミニウム層は、前記セラミックス本体側から順に、窒素濃度が５０原子％以上８０原子％以下とされ、厚さ方向に窒素の濃度傾斜を有する第１窒化アルミニウム層と、窒素濃度が３０原子％以上５０原子％未満とされた第２窒化アルミニウム層と、を有していてもよい。

この場合、前記窒化アルミニウム層が、上述のように、窒素濃度が５０原子％以上８０原子％以下とされ、厚さ方向に窒素の濃度傾斜を有する第１窒化アルミニウム層と、窒素濃度が３０原子％以上５０原子％未満とされた第２窒化アルミニウム層と、を有しているので、セラミックス本体の窒化ケイ素が反応することで窒化アルミニウム層が形成されており、窒化ケイ素からなるセラミックス本体と窒化アルミニウム層とがさらに強固に結合している。これにより、絶縁回路基板に対して冷熱サイクルを負荷した場合であっても、セラミックス基板とアルミニウム板との接合率が低下することを抑制できる。

[0015] 本発明の一態様であるＬＥＤモジュールは、上述の絶縁回路基板と、前記アルミニウム板の一方の面側に接合されたＬＥＤ素子と、を備えていることを特徴としている。

この構成のＬＥＤモジュールにおいては、セラミックス基板とアルミニウム板との接合信頼性に優れた絶縁回路基板を用いているので、冷熱サイクルが負荷された場合であっても、剥離等の不具合が生じることを抑制できる。

[0016] 本発明の一態様であるセラミックス部材は、窒化ケイ素からなるセラミックス本体と、このセラミックス本体の表面に形成された窒化アルミニウム層又は酸化アルミニウム層と、を備え、前記セラミックス本体は、窒化ケイ素相と、この窒化ケイ素相の間に形成されたガラス相と、を備えており、前記セラミックス本体の前記ガラス相のうち前記窒化アルミニウム層又は前記酸化アルミニウム層との界面側部分にＡｌが存在していることを特徴としている。

[0017] この構成のセラミックス部材によれば、前記セラミックス本体の前記ガラス相のうち前記窒化アルミニウム層又は前記酸化アルミニウム層との界面側部分にＡｌが存在しているので、窒化ケイ素からなるセラミックス本体と窒化アルミニウム層又は酸化アルミニウム層とが強固に結合している。

また、窒化アルミニウム層又は酸化アルミニウム層を備えているので、アルミニウム部材と良好に接合することができる。

[0018] ここで、本発明の一態様であるセラミックス部材においては、前記セラミックス本体の表面に前記窒化アルミニウム層が形成されており、前記窒化アルミニウム層は、前記セラミックス本体側から順に、窒素濃度が５０原子％以上８０原子％以下とされ、厚さ方向に窒素の濃度傾斜を有する第１窒化アルミニウム層と、窒素濃度が３０原子％以上５０原子％未満とされた第２窒化アルミニウム層と、を有している構成としてもよい。

この場合、前記窒化アルミニウム層が、上述のように、窒素濃度が５０原子％以上８０原子％以下とされ、厚さ方向に窒素の濃度傾斜を有する第１窒化アルミニウム層と、窒素濃度が３０原子％以上５０原子％未満とされた第２窒化アルミニウム層と、を有しているので、セラミックス本体の窒化ケイ素が反応することで窒化アルミニウム層が形成されており、窒化ケイ素からなるセラミックス本体と窒化アルミニウム層とがさらに強固に結合している。

[0019] また、本発明の一態様であるセラミックス部材においては、前記セラミックス本体の表面に前記窒化アルミニウム層が形成されており、この窒化アルミニウム層のうち前記セラミックス本体とは反対側の面に、金属アルミニウム部が形成されている構成としてもよい。

この場合、金属アルミニウム部を介してアルニウム部材を接合することが可能となり、アルミニウム部材をさらに容易に接合することができる。なお、金属アルミニウム部は、窒化アルミニウム層のうち前記セラミックス本体とは反対側の面の全体に形成されている必要はなく、部分的に形成されていてもよい。

[0020] 本発明の一態様であるセラミックス／アルミニウム接合体の製造方法は、上述のセラミックス／アルミニウム接合体を製造するセラミックス／アルミニウム接合体の製造方法であって、窒化ケイ素からなるセラミックス本体の表面に、厚さ２０μｍ以下のアルミニウム層を形成するアルミニウム層形成工程と、前記アルミニウム層が形成されたセラミックス本体を、前記アルミニウム層の固相線温度以上の温度まで加熱し、窒化アルミニウム層を形成す

る窒化アルミニウム層形成工程と、前記窒化アルミニウム層を介してアルミニウム部材を接合するアルミニウム部材接合工程と、を備えていることを特徴としている。

[0021] この構成のセラミックス／アルミニウム接合体の製造方法によれば、窒化ケイ素からなるセラミックス本体の表面に、厚さ２０μｍ以下のアルミニウム層を形成するアルミニウム層形成工程と、前記アルミニウム層が形成されたセラミックス本体を、前記アルミニウム層の固相線温度以上の温度まで加熱し、窒化アルミニウム層を形成する窒化アルミニウム層形成工程と、を備えている。そのため、この窒化アルミニウム層形成工程において、セラミックス本体のガラス相にＡｌが侵入するとともに、窒化ケイ素相のSi_3N_4が分解して生じた窒素とアルミニウム層とが反応することで、窒化アルミニウム層が形成される。なお、アルミニウム層の一部が残存することで、窒化アルミニウム層のうち前記セラミックス本体とは反対側の面に、金属アルミニウム部が形成されることもある。

そして、前記窒化アルミニウム層を介してアルミニウム部材を接合するアルミニウム部材接合工程を備えているので、セラミックス部材とアルミニウム部材とを容易に接合することができる。

よって、接合信頼性に優れたセラミックス／アルミニウム接合体を製造することが可能となる。

[0022] ここで、本発明の一態様であるセラミックス／アルミニウム接合体の製造方法においては、前記窒化アルミニウム層を酸化させて酸化アルミニウム層を形成する酸化処理工程と、前記酸化アルミニウム層を介してアルミニウム部材を接合するアルミニウム部材接合工程と、を備えていてもよい。

この場合、窒化アルミニウム層を酸化させることにより、酸化アルミニウム層を形成することができる。なお、窒化アルミニウム層のうち前記セラミックス本体とは反対側の面に金属アルミニウム部が形成されていた場合には、酸化処理工程によってこの金属アルミニウム部も酸化アルミニウム層となる。

また、前記酸化アルミニウム層を介してアルミニウム部材を接合するアルミニウム部材接合工程を備えているので、セラミックス部材とアルミニウム部材とを容易に接合することができる。

よって、接合信頼性に優れたセラミックス／アルミニウム接合体を製造することが可能となる。

[0023] 本発明の一態様である絶縁回路基板の製造方法は、上述の絶縁回路基板を製造する絶縁回路基板の製造方法であって、窒化ケイ素からなるセラミックス本体の表面に、厚さ２０μｍ以下のアルミニウム層を形成するアルミニウム層形成工程と、前記アルミニウム層が形成されたセラミックス本体を、前記アルミニウム層の固相線温度以上の温度まで加熱し、窒化アルミニウム層を形成する窒化アルミニウム層形成工程と、前記窒化アルミニウム層を介してアルミニウム板を接合するアルミニウム板接合工程と、を備えていることを特徴としている。

[0024] この構成の絶縁回路基板の製造方法によれば、窒化ケイ素からなるセラミックス本体の表面に、厚さ２０μｍ以下のアルミニウム層を形成するアルミニウム層形成工程と、前記アルミニウム層が形成されたセラミックス本体を、前記アルミニウム層の固相線温度以上の温度まで加熱し、窒化アルミニウム層を形成する窒化アルミニウム層形成工程と、を備えている。そのため、この窒化アルミニウム層形成工程において、セラミックス本体のガラス相にＡｌが侵入するとともに、窒化ケイ素相のSi_3N_4が分解して生じた窒素とアルミニウム層とが反応することで、窒化アルミニウム層が形成される。なお、アルミニウム層の一部が残存することで、窒化アルミニウム層のうち前記セラミックス本体とは反対側の面に、金属アルミニウム部が形成されることもある。

そして、前記窒化アルミニウム層を介してアルミニウム板を接合するアルミニウム板接合工程を備えているので、セラミックス基板とアルミニウム板とを容易に接合することができる。

よって、接合信頼性に優れた絶縁回路基板を製造することが可能となる。

[0025] ここで、本発明の一態様である絶縁回路基板の製造方法においては、前記窒化アルミニウム層を酸化させて酸化アルミニウム層を形成する酸化処理工程と、前記酸化アルミニウム層を介してアルミニウム板を接合するアルミニウム板接合工程と、を備えていてもよい。

この場合、窒化アルミニウム層を酸化させることにより、酸化アルミニウム層を形成することができる。なお、窒化アルミニウム層のうち前記セラミックス本体とは反対側の面に金属アルミニウム部が形成されていた場合には、酸化処理工程によってこの金属アルミニウム部も酸化アルミニウム層となる。

また、前記酸化アルミニウム層を介してアルミニウム板を接合するアルミニウム板接合工程を備えているので、セラミックス基板とアルミニウム板とを容易に接合することができる。

よって、接合信頼性に優れた絶縁回路基板を製造することが可能となる。

発明の効果

[0026] 本発明によれば、アルミニウム部材が溶融することなく窒化ケイ素（Si_3N_4）からなるセラミックス部材と信頼性高く接合されたセラミックス／アルミニウム接合体、絶縁回路基板、この絶縁回路基板を備えたＬＥＤモジュール、上述のセラミックス／アルミニウム接合体に用いられるセラミックス部材、セラミックス／アルミニウム接合体の製造方法、絶縁回路基板の製造方法を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0027] [図1]本発明の第１の実施形態であるセラミックス／アルミニウム接合体（絶縁回路基板）を用いたＬＥＤモジュールを示す断面図である。

[図2]本発明の第１の実施形態であるセラミックス／アルミニウム接合体（絶縁回路基板）のセラミックス部材（セラミックス基板）とアルミニウム部材（アルミニウム板）との接合界面の模式図である。

[図3]本発明の第１の実施形態であるセラミックス／アルミニウム接合体（絶縁回路基板）における窒化アルミニウム層の拡大説明図である。

[図4]本発明の第１の実施形態であるセラミックス／アルミニウム接合体（絶縁回路基板）における接合前のセラミックス部材（セラミックス基板）の拡大説明図である。

[図5]本発明の第１の実施形態であるセラミックス／アルミニウム接合体（絶縁回路基板）の製造方法を示すフロー図である。

[図6]本発明の第１の実施形態であるセラミックス／アルミニウム接合体（絶縁回路基板）の製造方法を示す説明図である。

[図7]本発明の第２の実施形態であるセラミックス／アルミニウム接合体（絶縁回路基板）を用いたＬＥＤモジュールを示す断面図である。

[図8]本発明の第２の実施形態であるセラミックス／アルミニウム接合体（絶縁回路基板）のセラミックス部材（セラミックス基板）とアルミニウム部材（アルミニウム板）との接合界面の模式図である。

[図9]本発明の第２の実施形態であるセラミックス／アルミニウム接合体（絶縁回路基板）の製造方法を示すフロー図である。

[図10]本発明の第２の実施形態であるセラミックス部材（セラミックス基板）の製造方法を示す説明図である。

[図11]本発明例１のセラミックス／アルミニウム接合体（絶縁回路基板）におけるセラミックス部材（セラミックス基板）とアルミニウム部材（アルミニウム板）との接合界面の元素マッピング図である。

発明を実施するための形態

[0028] 以下に、本発明の実施形態について、添付した図面を参照して説明する。

[0029] （第１の実施形態）

まず、本発明の第１の実施形態について、図１から図６を参照して説明する。

本実施形態に係るセラミックス／アルミニウム接合体は、セラミックス部材であるセラミックス基板１１と、アルミニウム部材であるアルミニウム板２２、２３（回路層１２、金属層１３）とが接合されることにより構成された絶縁回路基板１０とされている。

[0030] 図１に、本発明の第１の実施形態である絶縁回路基板１０（セラミックス／アルミニウム接合体）及びこの絶縁回路基板１０を用いたＬＥＤモジュール１を示す。

このＬＥＤモジュール１は、絶縁回路基板１０と、この絶縁回路基板１０の一方側（図１において上側）の面に接合層２を介して接合されたＬＥＤ素子３と、絶縁回路基板１０の他方側（図１において下側）に配置されたヒートシンク５１と、を備えている。

[0031] ＬＥＤ素子３は、半導体材料で構成されており、電気エネルギーを光に変換する光電変換素子である。なお、ＬＥＤ素子３の光変換効率は２０～３０％程度であり、残りの７０～８０％のエネルギーは熱となるため、ＬＥＤモジュール１においては効率的に熱を放散させることが求められる。

ここで、このＬＥＤ素子３と絶縁回路基板１０とを接合する接合層２は、例えばＡｕ－Ｓｎ合金はんだ材等とされている。

[0032] そして、本実施形態に係る絶縁回路基板１０は、図１に示すように、セラミックス基板３０と、このセラミックス基板３０の一方の面（図１において上面）に配設された回路層１２と、セラミックス基板３０の他方の面（図１において下面）に配設された金属層１３と、を備えている。

[0033] セラミックス基板３０は、絶縁性の高いSi_3N_4（窒化珪素）で構成されている。ここで、セラミックス基板３０の厚さは、０．２～１．５ｍｍの範囲内に設定されており、本実施形態では、０．３２ｍｍに設定されている。

ここで、本実施形態におけるセラミックス基板３０は、図４に示すように、窒化ケイ素からなるセラミックス本体３１と、このセラミックス本体３１のうち回路層１２及び金属層１３との接合面に形成された窒化アルミニウム層３６と、を有している。

[0034] 回路層１２は、図６に示すように、セラミックス基板３０の一方の面（図６において上面）にアルミニウム又はアルミニウム合金からなるアルミニウム板２２（アルミニウム部材）が接合されることで形成されている。回路層１２を構成するアルミニウム板２２（アルミニウム部材）としては、例えば

、純度が９９質量％以上のアルミニウム（２Ｎアルミニウム）や純度９９．９質量％以上のアルミニウムや純度が９９．９９質量％以上のアルミニウム等の圧延板が用いることが好ましく、本実施形態では、純度が９９質量％以上のアルミニウム（２Ｎアルミニウム）を用いている。なお、回路層１２の厚さは、例えば０．０５ｍｍ以上０．８ｍｍ以下の範囲内に設定されており、本実施形態では、０．２ｍｍに設定されている。

[0035] 金属層１３は、図６に示すように、セラミックス基板３０の他方の面（図６において下面）にアルミニウム又はアルミニウム合金からなるアルミニウム板２３（アルミニウム部材）が接合されることで形成されている。金属層１３を構成するアルミニウム板２３（アルミニウム部材）としては、例えば、純度が９９質量％以上のアルミニウム（２Ｎアルミニウム）や純度９９．９質量％以上のアルミニウムや純度が９９．９９質量％以上のアルミニウム等の圧延板が用いることが好ましく、本実施形態では、純度が９９質量％以上のアルミニウム（２Ｎアルミニウム）を用いている。なお、金属層１３の厚さは、例えば０．０５ｍｍ以上１．６ｍｍ以下の範囲内に設定されており、本実施形態では、０．６ｍｍに設定されている。

[0036] ヒートシンク５１は、前述の絶縁回路基板１０を冷却するためのものであり、本実施形態においては、熱伝導性が良好な材質で構成された放熱板とされている。本実施形態においては、ヒートシンク５１は、Ａ６０６３（アルミニウム合金）で構成されている。

このヒートシンク５１は、本実施形態においては、絶縁回路基板１０の金属層１３にろう材を用いて直接接合されている。

[0037] ここで、セラミックス基板３０と回路層１２及び金属層１３との接合界面の拡大説明図を図２に示す。

セラミックス基板３０は、上述のように、窒化ケイ素からなるセラミックス本体３１と、このセラミックス本体３１のうち回路層１２及び金属層１３との接合面に形成された窒化アルミニウム層３６と、を有しており、この窒化アルミニウム層３６と回路層１２及び金属層１３とが接合された構造とさ

れている。

ここで、窒化アルミニウム層３６の厚さは４ｎｍ以上１００ｎｍ以下の範囲内とされていることが好ましい。

[0038] また、本実施形態においては、図３に示すように、窒化アルミニウム層３６は、セラミックス本体３１側から順に、窒素濃度が５０原子％以上８０原子％以下とされ、厚さ方向に窒素の濃度傾斜を有する第１窒化アルミニウム層３６Ａと、窒素濃度が３０原子％以上５０原子％未満とされ、窒素濃度が厚さ方向でほぼ一定である第２窒化アルミニウム層３６Ｂと、を有している。

[0039] そして、セラミックス本体３１は、図２に示すように、窒化ケイ素相３２とガラス相３３とを備えており、このガラス相３３の内部にＡｌが存在している。ガラス相３３は、窒化ケイ素の原料を焼結する際に用いられる焼結助剤によって形成されるものであり、図２に示すように、窒化ケイ素相３２同士の粒界部分に存在する。

[0040] ここで、本実施形態においては、接合界面を分析した際に、Ａｌ，Ｓｉ，Ｏ，Ｎの合計値を１００原子％とした際に、Ｓｉが１５原子％未満、且つ、Ｏが３原子％以上２５原子％以下の範囲内の領域をガラス相３３とした。

このガラス相３３中に存在するＡｌ量は、Ａｌ，Ｓｉ，Ｏ，Ｎの合計値を１００原子％とした際に、３５原子％以上６５原子％以下の範囲内であることが好ましい。

[0041] 次に、上述した本実施形態である絶縁回路基板１０の製造方法について、図５及び図６を参照して説明する。

[0042]（アルミニウム層形成工程Ｓ０１）

窒化ケイ素からなる板材（セラミックス本体３１）を準備し、このセラミックス本体３１の表面に厚さ２０μｍ以下のアルミニウム又はアルミニウム合金からなるアルミニウム層４１を形成する。本実施形態では、アルミニウム層４１は、純度９９質量％以上の純アルミニウムで構成されたものとした。

ここで、厚さ１μｍ未満のアルミニウム層４１を形成する場合には、スパッタ等の成膜技術を適用することが好ましい。また、厚さ１μｍ以上２０μｍ以下のアルミニウム層４１を形成する場合には、圧延箔等をセラミックス本体３１の表面に積層することが好ましい。

なお、アルミニウム層４１の厚さの下限は５μｍ以上とすることが好ましく、アルミニウム層４１の厚さの下限は１０μｍ以下とすることが好ましい。

[0043] （窒化アルミニウム層形成工程Ｓ０２）

次に、アルミニウム層４１が形成されたセラミックス本体３１を、アルミニウム層４１を構成するアルミニウム又はアルミニウム合金の固相線温度以上の温度で熱処理を行い、窒化アルミニウム層３６を形成する。窒化アルミニウム層３６はセラミックス本体３１の表面から内部に浸食する方向に形成される。

ここで、熱処理を行う際には、溶融したアルミニウムが球状になることを抑制するために、アルミニウム層４１の表面をカーボン板等で押さえておくことが好ましい。また、熱処理温度の上限は、蒸発等を抑制するために、７５０℃以下とすることが好ましい。

[0044] なお、本実施形態においては、図４に示すように、アルミニウム層４１の全てが窒化アルミニウム層３６にならず、一部が金属アルミニウム部３８として存在している。そして、金属アルミニウム部３８とセラミックス本体３１の間には窒化アルミニウム層３６が存在している。

ここで、セラミックス本体３１を上面視した場合における、窒化アルミニウム層３６の面積率はアルミニウム層４１を形成した面積に対して８０％以上とされている。本実施形態では、金属アルミニウム部３８とセラミックス本体３１の間には窒化アルミニウム層３６が存在していることから、金属アルミニウム部３８の面積と窒化アルミニウム層３６の面積は同じであるとみなす。

[0045] （アルミニウム板接合工程Ｓ０３）

次に、セラミックス基板３０の窒化アルミニウム層３６を介して、回路層１２及び金属層１３となるアルミニウム板２２，２３を接合する。ここで、接合手段としては、ろう材を用いた接合、固相拡散接合、過渡液相接合（ＴＬＰ）等の既存の手段を適宜選択することができる。本実施形態では、図６に示すように、Ａｌ－Ｓｉ系ろう材２６，２７を用いて接合している。

[0046] 具体的には、セラミックス基板３０とアルミニウム板２２，２３とを、Ａｌ－Ｓｉ系のろう材２６、２７を介在させて積層し、積層方向に１ｋｇｆ／ｃｍ^{2}以上１０ｋｇｆ／ｃｍ^{2}以下（０．０９８ＭＰａ以上０．９８０ＭＰａ以下）の範囲で加圧した状態で真空加熱炉に装入し、セラミックス基板３０とアルミニウム板２２，２３とを接合し、回路層１２及び金属層１３を形成する。

このときの接合条件として、接合雰囲気は、アルゴンや窒素等の不活性雰囲気や、真空雰囲気等で行う。真空雰囲気の場合は、10^{-6}Ｐａ以上10^{-3}Ｐａ以下の範囲内とするとよい。加熱温度は５８０℃以上６３０℃以下の範囲内、上記加熱温度での保持時間は１０分以上４５分以下の範囲内に設定する。

[0047] ここで、積層方向の加圧荷重の下限は３ｋｇｆ／ｃｍ^{2}以上とすることが好ましく、５ｋｇｆ／ｃｍ^{2}以上とすることがさらに好ましい。一方、積層方向の加圧荷重の上限は８ｋｇｆ／ｃｍ^{2}以下とすることが好ましく、７ｋｇｆ／ｃｍ^{2}以下とすることがさらに好ましい。

また、加熱温度の下限は、５８５℃以上とすることが好ましく、５９０℃以上とすることがさらに好ましい。一方、加熱温度の上限は、６２５℃以下とすることが好ましく、６２０℃以下とすることがさらに好ましい。

さらに、加熱温度での保持時間の下限は、１５分以上とすることが好ましく、２０分以上とすることがさらに好ましい。一方、加熱温度での保持時間の上限は、４０分以下とすることが好ましく、３０分以下とすることがさらに好ましい。

[0048] また、本実施形態では、上述のように、アルミニウム板２２，２３との接

合面の８０％以上に金属アルミニウム部３８（窒化アルミニウム層３６）が形成されているので、この金属アルミニウム部３８とアルミニウム板２２，２３とを接合する。このため、比較的低温条件であっても、セラミックス基板３０とアルミニウム板２２，２３とを強固に接合することができる。

[0049] 以上のような工程により、本実施形態である絶縁回路基板１０が製造される。

[0050]（ヒートシンク接合工程Ｓ０４）

次に、絶縁回路基板１０の金属層１３の他方の面側に、ヒートシンク５１を接合する。

絶縁回路基板１０とヒートシンク５１とを、ろう材を介して積層し、積層方向に加圧するとともに真空炉内に装入してろう付けを行う。これにより、絶縁回路基板１０の金属層１３とヒートシンク５１とを接合する。このとき、ろう材としては、例えば、厚さ２０～１１０μｍのＡｌ－Ｓｉ系ろう材箔を用いることができ、ろう付け温度は、アルミニウム板接合工程Ｓ０３におけるろう付け温度よりも低温に設定することが好ましい。

[0051]（ＬＥＤ素子接合工程Ｓ０５）

次に、絶縁回路基板１０の回路層１２の一方の面に、ＬＥＤ素子３をはんだ付けにより接合する。

以上の工程により、図１に示すＬＥＤモジュール１が製出される。

[0052] 以上のような構成の絶縁回路基板１０によれば、セラミックス基板３０が、窒化ケイ素からなるセラミックス本体３１と窒化アルミニウム層３６とを有しており、セラミックス本体３１のガラス相３３のうち窒化アルミニウム層３６との界面側部分にＡｌが存在していることから、窒化ケイ素からなるセラミックス本体３１と窒化アルミニウム層３６とが強固に結合している。また、セラミックス基板３０の窒化アルミニウム層３６と回路層１２（アルミニウム板２２）及び金属層１３（アルミニウム板２３）とが接合されているので、セラミックス基板３０と回路層１２及び金属層１３との接合信頼性が高い。よって、接合信頼性に優れた絶縁回路基板１０を提供することが可

能となる。

[0053] さらに、本実施形態においては、図３に示すように、窒化アルミニウム層３６が、セラミックス本体３１側から順に、窒素濃度が５０原子％以上８０原子％以下とされ、厚さ方向に窒素の濃度傾斜を有する第１窒化アルミニウム層３６Ａと、窒素濃度が３０原子％以上５０原子％未満とされ、窒素濃度が厚さ方向でほぼ一定である第２窒化アルミニウム層３６Ｂと、を有している。そのため、セラミックス本体３１の窒化ケイ素が反応することで窒化アルミニウム層３６が形成されており、窒化ケイ素からなるセラミックス本体３１と窒化アルミニウム層３６とがさらに強固に結合している。これにより、絶縁回路基板１０に対して冷熱サイクルを負荷した場合であっても、セラミックス基板３０と回路層１２及び金属層１３との接合率が低下することを抑制できる。

[0054] また、本実施形態においては、接合前のセラミックス基板３０において、窒化アルミニウム層３６のうちアルミニウム板２２，２３のとの接合面に金属アルミニウム部３８が形成されており、この金属アルミニウム部３８の前記接合面における面積率が８０％以上とされている。そのため、アルミニウム板２２，２３と金属アルミニウム部３８とがアルミニウム同士の接合となり、接合温度を比較的低く設定しても、アルミニウム板２２，２３とセラミックス基板３０とを強固に接合することができる。

[0055] さらに、本実施形態である絶縁回路基板１０の製造方法によれば、窒化ケイ素からなるセラミックス本体３１の表面に、厚さ２０μｍ以下のアルミニウム層４１を形成するアルミニウム層形成工程Ｓ０１と、アルミニウム層４１が形成されたセラミックス本体３１を、アルミニウム層４１を構成するアルミニウム又はアルミニウム合金の固相線温度以上の温度まで加熱し、窒化アルミニウム層３６を形成する窒化アルミニウム層形成工程Ｓ０２と、を備えている。そのため、この窒化アルミニウム層形成工程Ｓ０２において、セラミックス本体３１のガラス相３３にＡｌが侵入するとともに、窒化ケイ素相３２のSi_3N_4が分解して生じた窒素（Ｎ）とアルミニウム層４１のアル

ミニウム（ＡｌＮ）とが反応することで、窒化アルミニウム層３６を形成することができる。

そして、窒化アルミニウム層３６（金属アルミニウム部３８）を介してアルミニウム板２２，２３を接合するアルミニウム板接合工程Ｓ０３を備えているので、セラミックス基板３０とアルミニウム板２２，２３とを容易に接合することができる。

[0056]（第２の実施形態）

次に、本発明の第２の実施形態について、図７から図１０を参照して説明する。なお、第１の実施形態と同一の部材には、同一の符号を付して詳細な説明を省略する。

本実施形態に係るセラミックス／アルミニウム接合体は、セラミックス部材であるセラミックス基板１３０と、アルミニウム部材であるアルミニウム板１２２（回路層１１２）とが接合されることにより構成された絶縁回路基板１１０とされている。

[0057] 図７に、本発明の第２の実施形態である絶縁回路基板１１０及びこの絶縁回路基板１１０を用いたＬＥＤモジュール１０１を示す。

このＬＥＤモジュール１０１は、絶縁回路基板１１０と、この絶縁回路基板１１０の一方側（図７において上側）の面に接合層２を介して接合されたＬＥＤ素子３と、を備えている。

[0058] 本実施形態に係る絶縁回路基板１１０は、図７に示すように、セラミックス基板１３０と、このセラミックス基板１３０の一方の面（図７において上面）に配設された回路層１１２と、を備えている。

[0059] セラミックス基板１３０は、絶縁性の高いSi_3N_4（窒化珪素）で構成されており、その厚さが０．２～１．５ｍｍの範囲内に設定されており、本実施形態では、０．３２ｍｍに設定されている。

ここで、本実施形態におけるセラミックス基板１３０は、図８に示すように、窒化ケイ素からなるセラミックス本体１３１と、このセラミックス本体１３１のうち回路層１１２との接合面に形成された酸化アルミニウム層１３

６と、を有している。

[0060] 回路層１１２は、図１０に示すように、セラミックス基板１３０の一方の面（図１０において上面）にアルミニウム又はアルミニウム合金からなるアルミニウム板１２２（アルミニウム部材）が接合されることで形成されている。回路層１１２を構成するアルミニウム板１２２（アルミニウム部材）としては、例えば、純度が９９質量％以上のアルミニウム（２Ｎアルミニウム）や純度９９．９質量％以上のアルミニウムや純度が９９．９９質量％以上のアルミニウム等の圧延板が用いることが好ましく、本実施形態では、純度が９９質量％以上のアルミニウム（２Ｎアルミニウム）を用いている。なお、回路層１１２の厚さは、例えば０．０５ｍｍ以上０．８ｍｍ以下の範囲内に設定されており、本実施形態では、０．１ｍｍに設定されている。

[0061] ここで、セラミックス基板１３０と回路層１１２との接合界面の拡大説明図を図８に示す。

セラミックス基板１３０は、上述のように、窒化ケイ素からなるセラミックス本体１３１と、このセラミックス本体１３１のうち回路層１１２との接合面に形成された酸化アルミニウム層１３６と、を有しており、この酸化アルミニウム層１３６と回路層１１２とが接合された構造とされている。

ここで、酸化アルミニウム層１３６の厚さは４ｎｍ以上１００ｎｍ以下の範囲内とされていることが好ましい。

[0062] そして、セラミックス本体１３１は、図８に示すように、窒化ケイ素相１３２とガラス相１３３とを備えており、このガラス相１３３の内部にＡｌが存在している。ガラス相１３３は、窒化ケイ素の原料を焼結する際に用いられる焼結助剤によって形成されるものであり、図８に示すように、窒化ケイ素相１３２同士の粒界部分に存在する。

[0063] ここで、本実施形態においては、接合界面を分析した際に、Ａｌ，Ｓｉ，Ｏ，Ｎの合計値を１００原子％とした際に、Ｓｉが１５原子％未満、且つ、Ｏが３原子％以上２５原子％以下の範囲内の領域をガラス相１３３とした。

このガラス相１３３中に存在するＡｌ量は、Ａｌ，Ｓｉ，Ｏ，Ｎの合計値

を１００原子％とした際に、３５原子％以上６５原子％以下の範囲内であることが好ましい。

[0064] 次に、上述した本実施形態である絶縁回路基板１１０の製造方法について、図９及び図１０を参照して説明する。

[0065] （アルミニウム層形成工程Ｓ１０１）

窒化ケイ素からなる板材（セラミックス本体１３１）を準備し、このセラミックス本体１３１の表面に厚さ２０μｍ以下のアルミニウム又はアルミニウム合金からなるアルミニウム層１４１を形成する。本実施形態では、アルミニウム層１４１は、純度９９質量％以上の純アルミニウムで構成されたものとした。

[0066] （窒化アルミニウム層形成工程Ｓ１０２）

次に、アルミニウム層１４１が形成されたセラミックス本体１３１を、アルミニウム層１４１を構成するアルミニウム又はアルミニウム合金の固相線温度以上の温度で熱処理を行い、窒化アルミニウム層１３６ａを形成する。

ここで、熱処理を行う際には、溶融したアルミニウムが球状になることを抑制するために、アルミニウム層１４１の表面をカーボン板等で押さえておくことが好ましい。また、熱処理温度の上限は、蒸発等を抑制するために、７５０℃以下とすることが好ましい。

なお、アルミニウム層１４１の全てが窒化アルミニウム層１３６ａになる必要はなく、一部のアルミニウム層１４１が金属アルミニウム部として存在していてもよい。

[0067] （酸化処理工程Ｓ１０３）

次に、窒化アルミニウム層１３６ａが形成されたセラミックス本体１３１を雰囲気炉に装入して酸化処理を行い、酸化アルミニウム層１３６を形成する。このとき、上述の金属アルミニウム部も酸化され、酸化アルミニウム層１３６の一部となる。

酸化処理工程Ｓ１０３においては、露点－２０℃以下の乾燥空気雰囲気中で、処理温度：１１００℃以上１３００℃以下の範囲内、上述の処理温度で

の保持時間：１分以上３０分以下の範囲内の条件で、窒化アルミニウム層１３６ａの酸化処理を実施している。

[0068] ここで、雰囲気の露点は、－３０℃以下とすることが好ましく、－４０℃以下とすることがさらに好ましい。

また、酸化処理工程Ｓ１０３における処理温度の下限は、１１３０℃以上とすることが好ましく、１１８０℃以上とすることがさらに好ましい。一方、酸化処理工程Ｓ１０３における処理温度の上限は、１２５０℃以下とすることが好ましく、１２００℃以下とすることがさらに好ましい。

さらに、酸化処理工程Ｓ１０３における処理温度での保持時間の下限は、３分以上とすることが好ましく、５分以上とすることがさらに好ましい。一方、処理温度での保持時間の上限は、２０分以下とすることが好ましく、１０分以下とすることがさらに好ましい。

なお、この酸化処理工程Ｓ１０３において、窒化アルミニウム層１３６ａは、ほぼ全て酸化アルミニウム層１３６になる。

[0069]（アルミニウム板接合工程Ｓ１０４）

次に、セラミックス基板１３０の酸化アルミニウム層１３６を介して、回路層１１２となるアルミニウム板１２２を接合する。ここで、接合手段としては、ろう材を用いた接合、固相拡散接合、過渡液相接合（ＴＬＰ）等の既存の手段を適宜選択することができる。本実施形態では、図１０に示すように、Ａｌ－Ｓｉ系ろう材１２６を用いて接合している。

[0070] 具体的には、セラミックス基板１３０とアルミニウム板１２２とを、Ａｌ－Ｓｉ系のろう材１２６を介在させて積層し、積層方向に１ｋｇｆ／ｃｍ^{2}以上１０ｋｇｆ／ｃｍ^{2}以下（０．０９８ＭＰａ以上０．９８０ＭＰａ以下）の範囲で加圧した状態で真空加熱炉に装入し、セラミックス基板１３０とアルミニウム板１２２とを接合し、回路層１１２を形成する。

このときの接合条件は、真空条件は１０$^{-6}$Ｐａ以上１０$^{-3}$Ｐａ以下の範囲内、加熱温度は５８０℃以上６３０℃以下の範囲内、上記加熱温度での保持時間は１０分以上４５分以下の範囲内に設定する。

[0071] 以上のような工程により、本実施形態である絶縁回路基板１１０が製造される。

[0072] （ＬＥＤ素子接合工程Ｓ１０５）

次に、絶縁回路基板１１０の回路層１１２の一方の面に、ＬＥＤ素子３をはんだ付けにより接合する。

以上の工程により、図７に示すＬＥＤモジュール１０１が製出される。

[0073] 以上のような構成の絶縁回路基板１１０、およびＬＥＤモジュール１０１によれば、セラミックス基板１３０が、窒化ケイ素からなるセラミックス本体１３１と酸化アルミニウム層１３６とを有しており、セラミックス本体１３１と酸化アルミニウム層１３６との界面において、セラミックス本体１３１のガラス相１３３にＡｌが存在していることから、窒化ケイ素からなるセラミックス本体１３１と酸化アルミニウム層１３６とが強固に結合している。また、セラミックス基板１３０の酸化アルミニウム層１３６と回路層１１２（アルミニウム板１２２）とが接合されているので、セラミックス基板１３０と回路層１１２との接合信頼性が高い。よって、接合信頼性に優れた絶縁回路基板１１０を提供することが可能となる。

[0074] さらに、本実施形態である絶縁回路基板１１０の製造方法によれば、窒化ケイ素からなるセラミックス本体１３１の表面に、厚さ２０μｍ以下のアルミニウム層１４１を形成するアルミニウム層形成工程Ｓ１０１と、アルミニウム層１４１が形成されたセラミックス本体１３１を、アルミニウム層１４１を構成するアルミニウム又はアルミニウム合金の固相線温度以上の温度まで加熱し、窒化アルミニウム層１３６ａを形成する窒化アルミニウム層形成工程Ｓ１０２と、窒化アルミニウム層１３６ａが形成されたセラミックス本体１３１に対して酸化処理を行い、酸化アルミニウム層１３６を形成する酸化処理工程Ｓ１０３と、を備えている。そのため、窒化アルミニウム層形成工程Ｓ１０２において、セラミックス本体１３１のガラス相１３３にＡｌが侵入するとともに、窒化ケイ素相１３２の窒素（Ｎ）とアルミニウム層１４１のアルミニウム（Ａｌ）とが反応することで、窒化アルミニウム層１３６

ａが形成され、酸化処理工程Ｓ１０３によって酸化アルミニウム層１３６を形成することができる。

そして、酸化アルミニウム層１３６を介してアルミニウム板１２２を接合するアルミニウム板接合工程Ｓ１０４を備えているので、セラミックス基板１３０とアルミニウム板１２２とを容易に接合することができる。

[0075] 以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明はこれに限定されることはなく、その発明の技術的思想を逸脱しない範囲で適宜変更可能である。

[0076] 例えば、本実施形態では、絶縁回路基板にＬＥＤ素子を搭載してＬＥＤモジュールを構成するものとして説明したが、これに限定されることはない。例えば、絶縁回路基板の回路層にパワー半導体素子を搭載してパワーモジュールを構成してもよいし、絶縁回路基板の回路層に熱電素子を搭載して熱電モジュールを構成してもよい。

[0077] また、本実施形態では、セラミックス基板とアルミニウム板とをろう材を用いて接合するものとして説明したが、これに限定されることはなく、固相拡散接合によって接合してもよい。さらに、接合面にＣｕ、Ｓｉ等の添加元素を固着させ、これらの添加元素を拡散させることで溶融・凝固させる過渡液相接合法（ＴＬＰ）によって接合してもよい。また、接合界面を半溶融状態として接合してもよい。

[0078] さらに、セラミックス本体に形成するアルミニウム層として純度９９質量％以上のアルミニウムで構成されたものを例に挙げて説明したが、これに限定されることはなく、他のアルミニウム又はアルミニウム合金であってもよい。ここで、アルミニウム層としてＭｇを含むアルミニウム合金を用いた場合には、窒化アルミニウム層及び酸化アルミニウム層にＭｇが存在する。なお、Ｍｇは活性元素であるため、窒化ケイ素とアルミニウム層との反応が促進され、窒化アルミニウム層（及びこれを酸化処理されて得られた酸化アルミニウム層）が十分な厚さで形成され、セラミックス本体と窒化アルミニウム層（酸化アルミニウム層）とがさらに強固に接合される。

実施例

[0079] 以下に、本発明の効果を確認すべく行った確認実験の結果について説明する。

[0080] （実施例１）

窒化ケイ素から成るセラミックス板（４０ｍｍ×４０ｍｍ×０．３２ｍｍｔ）を準備し、上述した実施形態に記載された方法で、セラミックス板に窒化アルミニウム層および酸化アルミニウム層を形成した。実施例１～９では、表１に示す条件で窒化アルミニウム層を形成した。実施例１１～１２では、表２に示す条件で酸化アルミニウム層を形成した。なお、従来例では、窒化アルミニウム層及び酸化アルミニウム層を形成しなかった。

そして、得られたセラミックス基板に対して、アルミニウム板を表３，４に示す方法で接合し、アルミニウム／セラミックス接合体（絶縁回路基板）を製造した。

[0081] なお、表３，４において「ろう付け」は、Ａｌ－Ｓｉ系ろう材（Ｓｉ：５ｍａｓｓ％、厚さ７μｍ）を用いて接合した。

表３，４において「固相拡散」は、アルミニウム板とセラミックス基板を固相拡散接合によって接合した。

表３，４において「ＴＬＰ」は、アルミニウム板の接合面にＣｕを０．２ｍｇ／ｃｍ^{2}となるように固着し、過渡液相接合法（ＴＬＰ）によって接合した。

なお、表３，４のアルミニウム板接合工程の雰囲気は２．０×１０$^{-4}$Ｐａの真空雰囲気とした。

[0082] 上述のようにして得られたアルミニウム／セラミックス接合体（絶縁回路基板）について、以下のように評価した。

[0083] （窒化アルミニウム層、酸化アルミニウム層、ガラス相中のＡｌの有無の確認）

本発明例１～９においては窒化アルミニウム層形成工程Ｓ０２後に、本発明例１１～１８においては酸化処理工程Ｓ１０３後に、セラミックス基板の

断面を透過型電子顕微鏡（ＦＥＩ社製Ｔｉｔａｎ　ＣｈｅｍｉＳＴＥＭ、加速電圧２００ｋＶ）を用いて観察し、窒化アルミニウム層の有無、酸化アルミニウム層の有無、ガラス相中のＡｌの有無を確認した。なお、従来例においては、アルミニウム板を接合する前のセラミックス基板を観察した。

なお、ガラス相は、Ａｌ，Ｓｉ，Ｏ，Ｎの合計値を１００原子％とした際に、Ｓｉが１５原子％未満、且つ、Ｏが３原子％以上２５原子％以下の範囲内の領域とした。評価結果を表１及び表２に示す。また、本発明例１の観察結果を図１１に示す。

[0084]（窒化アルミニウム層の面積率）

窒化アルミニウム層の面積率は、窒化アルミニウム層を形成後（窒化アルミニウム層形成工程Ｓ０２）に、セラミックス本体を上面からＥＰＭＡ（日本電子株式会社製ＪＸＡ－８５３９Ｆ）を用いて観察する。ここで、金属アルミニウム部とセラミックス本体の間には窒化アルミニウム層が存在していることから、金属アルミニウム部の面積と窒化アルミニウム層の面積は同じであると見做し、（金属アルミニウム部の面積／アルミニウム層の面積×１００）を窒化アルミニウム層の面積率（％）とした。この結果を表１に示す。

[0085]（冷熱サイクル試験）

冷熱衝撃試験機（エスペック株式会社製ＴＳＡ－７２ＥＳ）を使用し、絶縁回路基板に対して、気相で、－４０℃で５分と１７５℃で５分の８００サイクルを実施した。

この後、セラミックス基板とアルミニウム板との接合率を以下のようにして評価した。

なお、接合率の評価は、冷熱サイクル試験前（初期接合率）と冷熱サイクル試験後（サイクル後接合率）に行った。

[0086] 接合率の評価は、絶縁回路基板に対し、セラミックス基板とアルミニウム板（回路層及び金属層）との界面の接合率について超音波探傷装置（株式会社日立パワーソリューションズ製ＦｉｎｅＳＡＴ２００）を用いて評価し、

以下の式から接合率を算出した。

ここで、初期接合面積とは、接合前における接合すべき面積、すなわち本実施例では回路層及び金属層の面積（３７ｍｍ×３７ｍｍ）とした。

（接合率）＝｛（初期接合面積）－（剥離面積）｝／（初期接合面積）×１００

超音波探傷像を二値化処理した画像において剥離は接合部内の白色部で示されることから、この白色部の面積を剥離面積とした。これらの結果を表３，４に記載した。

[0087]

[表1]

	窒化アルミニウム層形成条件				窒化アルミニウム層の有無	ガラス相のAlの有無	窒化アルミニウム層の面積率(%)
	アルミニウム層		保持温度	保持時間			
	材質	厚さ(μm)	(℃)	(min)			
本発明例1	4N	0.15	670	1	有	有	75.2
本発明例2	4N	0.3	670	1	有	有	81.2
本発明例3	1050	5	730	10	有	有	88.3
本発明例4	1050	5	730	10	有	有	88.1
本発明例5	3003	10	730	10	有	有	94.8
本発明例6	5083	10	620	30	有	有	86.8
本発明例7	6061	10	680	15	有	有	91.4
本発明例8	6063	15	680	15	有	有	92.7
本発明例9	AC7A	20	620	30	有	有	90.5
従来例	実施せず				無	無	-

[0088]

[表2]

	窒化アルミニウム層形成条件				酸化処理条件			酸化アルミニウム層の有無	ガラス相のＡＩの有無
	アルミニウム層		保持温度	保持時間	露点	保持温度	保持時間		
	材質	厚さ（μm）	(℃)	(min)	(℃)	(℃)	(min)		
本発明例１１	4N	0.2	670	1	-40	1250	1	有	有
本発明例１２	4N	3	700	10	-30	1100	30	有	有
本発明例１３	4N	3	700	5	-20	1180	10	有	有
本発明例１４	2024	3	560	5	-30	1180	10	有	有
本発明例１５	3003	8	750	10	-40	1200	10	有	有
本発明例１６	5052	20	660	30	-40	1130	20	有	有
本発明例１７	AC4A	8	620	20	-40	1200	5	有	有
本発明例１８	AC4D	16	600	30	-40	1300	3	有	有
従来例	実施せず							無	無

[0089]

[表3]

	アルミニウム板		アルミニウム板接合工程				接合率(%)	
	材質	厚さ(μm)	方式	接合温度(℃)	保持時間(min)	加圧圧力(MPa)	冷熱サイクル試験前	冷熱サイクル試験後
本発明例1	4N	200	ろう付け	630	10	0.49	97.3	84.1
本発明例2	4N	200	ろう付け	630	10	0.49	98.4	91.7
本発明例3	4N	200	ろう付け	620	30	0.098	95.8	92.3
本発明例4	4N	200	TLP	590	45	0.98	98.8	91.7
本発明例5	3003	200	TLP	620	30	0.98	98.4	92.8
本発明例6	3003	200	ろう付け	600	20	0.49	98.2	88.6
本発明例7	4N	200	ろう付け	600	20	0.49	96.5	90.6
本発明例8	1050	200	ろう付け	600	20	0.686	95.3	88.7
本発明例9	1050	200	ろう付け	600	20	0.686	98.0	88.1
従来例	4N	200	ろう付け	600	20	0.49	97.8	74.9

[0090]

[表4]

	アルミニウム板		アルミニウム板接合工程				接合率(%)	
	材質	厚さ(μm)	方式	接合温度(℃)	保持時間(min)	加圧圧力(MPa)	冷熱サイクル試験前	冷熱サイクル試験後
本発明例11	4N	150	固相拡散	630	20	0.98	96.8	92.7
本発明例12	4N	150	固相拡散	630	30	0.784	99.0	92.8
本発明例13	3003	150	TLP	590	20	0.294	97.1	87.8
本発明例14	3003	150	固相拡散	630	40	0.98	97.6	93.0
本発明例15	1100	150	TLP	610	15	0.294	95.8	89.8
本発明例16	1100	150	ろう付け	610	15	0.098	97.0	86.3
本発明例17	4N	150	ろう付け	610	15	0.294	98.1	90.2
本発明例18	4N	150	ろう付け	620	15	0.294	98.1	91.5
従来例	4N	150	固相拡散	630	30	0.784	96.4	72.4

[0091] 窒化ケイ素から成るセラミックス板のアルミニウム板との接合面に窒化アルミニウム層又は酸化アルミニウム層を形成しなかった従来例においては、冷熱サイクル後に接合率が大きく低下した。

これに対して、セラミックス板のアルミニウム板との接合面に窒化アルミニウム層を形成し、セラミックス板のガラス相にＡｌが存在する本発明例１－９、及び、セラミックス板のアルミニウム板との接合面に酸化アルミニウム層を形成し、セラミックス板のガラス相にＡｌが存在する本発明例１１－１９においては、冷熱サイクル前後での接合率の変化が小さかった。

[0092] また、本発明例１～９、１１～１９に示すように、アルミニウム板の接合方式によらず、ろう付け、固相拡散接合、ＴＬＰのいずれの接合方式においても、接合体の冷熱サイクル後の接合信頼性が向上することが確認された。

さらに、本発明例１～９、１１～１９に示すように、アルミニウム層及びアルミニウム板の組成によらず、純アルミニウム及び各種アルミニウム合金であっても、接合体の冷熱サイクル後の接合信頼性が向上することが確認された。

また、表１及び表３に示すように、窒化アルミニウム層の面積率が高くなるに従い、冷熱サイクル負荷時の接合信頼性が向上することが確認された。

[0093]（実施例２）

次に、窒化ケイ素から成るセラミックス板（４０ｍｍ×４０ｍｍ×０．３２ｍｍｔ）を準備し、上述した実施形態に記載された方法で、セラミックス板に窒化アルミニウム層を形成した。実施例２１～２４では、表５に示す条件で窒化アルミニウム層を形成した。

なお、比較例では、セラミックス板の表面に、スパッタによって窒化アルミニウム層を成膜した。

そして、得られたセラミックス基板に対して、純度９９．９９質量％以上（４Ｎ）のアルミニウム板（厚さ２０μｍ）を、Ａｌ－Ｓｉ系ろう材（Ｓｉ：５ｍａｓｓ％、厚さ７μｍ）を用いて、接合温度６２０℃、保持時間３０ｍｉｎ、加圧圧力０．０９８ＭＰａの条件で接合し、アルミニウム／セラミ

ックス接合体（絶縁回路基板）を製造した。

[0094] 上述のようにして得られたアルミニウム／セラミックス接合体（絶縁回路基板）について、実施例１と同様に、窒化アルミニウム層、ガラス相中のＡｌの有無、窒化アルミニウム層の面積率、冷熱サイクル負荷前後の接合率を評価した。評価結果を表５に示す。

[0095]

[表5]

	窒化アルミニウム層形成条件				窒化アルミニウム層		ガラス相のAlの有無	窒化アルミニウム層の面積率	接合率	
	アルミニウム層		保持温度	保持時間	第1窒化アルミニウム層の有無	第2窒化アルミニウム層の有無			冷熱サイクル試験前	冷熱サイクル試験後
	材質	厚さ（μm）	（℃）	（min）				（%）	（%）	（%）
本発明例21	1050	5	730	10	有	有	有	88.3	95.8	92.3
本発明例22	4N	15	730	10	有	有	有	95.1	98.2	94.2
本発明例23	4N	15	700	10	有	有	有	96.5	96.5	93.8
本発明例24	6061	10	700	10	有	有	有	91.4	97.9	93.7
比較例	スパッタリング				無	有	無	100.0	99.1	48.6

[0096] 窒化ケイ素から成るセラミックス板の表面にスパッタリングによって窒化アルミニウム層を成膜した比較例においては、窒素濃度が５０原子％以上８０原子％以下とされ、厚さ方向に窒素の濃度傾斜を有する第１窒化アルミニウム層が形成されていなかった。また、セラミックス本体のガラス相にはＡｌが確認されなかった。そして、冷熱サイクル負荷後の接合率が大きく低下した。

[0097] これに対して、窒化アルミニウム層が、窒素濃度が５０原子％以上８０原子％以下とされ、厚さ方向に窒素の濃度傾斜を有する第１窒化アルミニウム層と、窒素濃度が３０原子％以上５０原子％未満とされた第２窒化アルミニウム層と、を有している本発明例２１－２４においては、冷熱サイクル前後での接合率の変化が小さかった。

[0098] 以上のことから、本発明例によれば、窒化ケイ素（Si_3N_4）からなるセラミックス部材の接合面に、窒化アルミニウム層又は酸化アルミニウム層を形成することにより、アルミニウム部材が溶融することなく、セラミックス部材とアルミニウム部材とを信頼性高く接合されたセラミックス／アルミニウム接合体を提供できることが確認された。

産業上の利用可能性

[0099] 本発明によれば、アルミニウム部材が溶融することなく窒化ケイ素（Si_3N_4）からなるセラミックス部材と信頼性高く接合されたセラミックス／アルミニウム接合体を提供することができる。

符号の説明

[0100] １、１０１　ＬＥＤモジュール

１０、１１０　絶縁回路基板（セラミックス／アルミニウム接合体）

１２、１１２　回路層（アルミニウム板，アルミニウム部材）

１３　金属層（アルミニウム板，アルミニウム部材）

３０、１３０　セラミックス基板（セラミックス部材）

３１、１３１　セラミックス本体

３２、１３２　窒化ケイ素相

３３、１３３　ガラス相

３６　窒化アルミニウム層

３６Ａ　第１窒化アルミニウム層

３６Ｂ　第２窒化アルミニウム層

３８　金属アルミニウム部

１３６　酸化アルミニウム層

請求の範囲

[請求項1] セラミックス部材と、アルミニウム又はアルミニウム合金からなるアルミニウム部材とが接合されてなるセラミックス／アルミニウム接合体であって、

前記セラミックス部材は、窒化ケイ素からなるセラミックス本体と、このセラミックス本体のうち前記アルミニウム部材との接合面に形成された窒化アルミニウム層又は酸化アルミニウム層と、を有し、前記窒化アルミニウム層又は前記酸化アルミニウム層を介して前記アルミニウム部材が接合されており、

前記セラミックス本体は、窒化ケイ素相と、この窒化ケイ素相の間に形成されたガラス相と、を備えており、

前記セラミックス本体の前記ガラス相のうち前記窒化アルミニウム層又は前記酸化アルミニウム層との界面側部分にＡＩが存在していることを特徴とするセラミックス／アルミニウム接合体。

[請求項2] 前記セラミックス本体のうち前記アルミニウム部材との接合面に前記窒化アルミニウム層が形成されており、前記窒化アルミニウム層は、前記セラミックス本体側から順に、窒素濃度が５０原子％以上８０原子％以下とされ、厚さ方向に窒素の濃度傾斜を有する第１窒化アルミニウム層と、窒素濃度が３０原子％以上５０原子％未満とされた第２窒化アルミニウム層と、を有していることを特徴とする請求項１に記載のセラミックス／アルミニウム接合体。

[請求項3] セラミックス基板と、アルミニウム又はアルミニウム合金からなるアルミニウム板とが接合されてなる絶縁回路基板であって、

前記セラミックス基板は、窒化ケイ素からなるセラミックス本体と、このセラミックス本体のうち前記アルミニウム板との接合面に形成された窒化アルミニウム層又は酸化アルミニウム層と、を有し、前記窒化アルミニウム層又は前記酸化アルミニウム層を介して前記アルミニウム板が接合されており、

前記セラミックス本体は、窒化ケイ素相と、この窒化ケイ素相の間に形成されたガラス相と、を備えており、

前記セラミックス本体の前記ガラス相のうち前記窒化アルミニウム層又は前記酸化アルミニウム層との界面側部分にＡＩが存在していることを特徴とする絶縁回路基板。

[請求項4] 前記セラミックス本体のうち前記アルミニウム板との接合面に前記窒化アルミニウム層が形成されており、前記窒化アルミニウム層は、前記セラミックス本体側から順に、窒素濃度が５０原子％以上８０原子％以下とされ、厚さ方向に窒素の濃度傾斜を有する第１窒化アルミニウム層と、窒素濃度が３０原子％以上５０原子％未満とされた第２窒化アルミニウム層と、を有していることを特徴とする請求項３に記載の絶縁回路基板。

[請求項5] 請求項３又は請求項４に記載の絶縁回路基板と、前記アルミニウム板の前記セラミックス基板とは反対側の面に接合されたＬＥＤ素子と、を備えていることを特徴とするＬＥＤモジュール。

[請求項6] 窒化ケイ素からなるセラミックス本体と、このセラミックス本体の表面に形成された窒化アルミニウム層又は酸化アルミニウム層と、を備え、

前記セラミックス本体は、窒化ケイ素相と、この窒化ケイ素相の間に形成されたガラス相と、を備えており、

前記セラミックス本体の前記ガラス相のうち前記窒化アルミニウム層又は前記酸化アルミニウム層との界面側部分にＡＩが存在していることを特徴とするセラミックス部材。

[請求項7] 前記セラミックス本体の表面に前記窒化アルミニウム層が形成されており、前記窒化アルミニウム層は、前記セラミックス本体側から順に、窒素濃度が５０原子％以上８０原子％以下とされ、厚さ方向に窒素の濃度傾斜を有する第１窒化アルミニウム層と、窒素濃度が３０原子％以上５０原子％未満とされた第２窒化アルミニウム層と、を有し

ていることを特徴とする請求項６に記載のセラミックス部材。

[請求項8] 前記セラミックス本体の表面に前記窒化アルミニウム層が形成されており、この窒化アルミニウム層のうち前記セラミックス本体とは反対側の面に、金属アルミニウム部が形成されていることを特徴とする請求項６又は請求項７に記載のセラミックス部材。

[請求項9] 請求項１又は請求項２に記載のセラミックス／アルミニウム接合体を製造するセラミックス／アルミニウム接合体の製造方法であって、

窒化ケイ素からなるセラミックス本体の表面に、厚さ２０μｍ以下のアルミニウム層を形成するアルミニウム層形成工程と、

前記アルミニウム層が形成されたセラミックス本体を、前記アルミニウム層の固相線温度以上の温度まで加熱し、窒化アルミニウム層を形成する窒化アルミニウム層形成工程と、

前記窒化アルミニウム層を介してアルミニウム部材を接合するアルミニウム部材接合工程と、

を備えていることを特徴とするセラミックス／アルミニウム接合体の製造方法。

[請求項10] 前記窒化アルミニウム層を酸化させて酸化アルミニウム層を形成する酸化処理工程と、前記酸化アルミニウム層を介してアルミニウム部材を接合するアルミニウム部材接合工程と、を備えていることを特徴とする請求項９に記載のセラミックス／アルミニウム接合体の製造方法。

[請求項11] 請求項３又は請求項４に記載の絶縁回路基板を製造する絶縁回路基板の製造方法であって、

窒化ケイ素からなるセラミックス本体の表面に、厚さ２０μｍ以下のアルミニウム層を形成するアルミニウム層形成工程と、

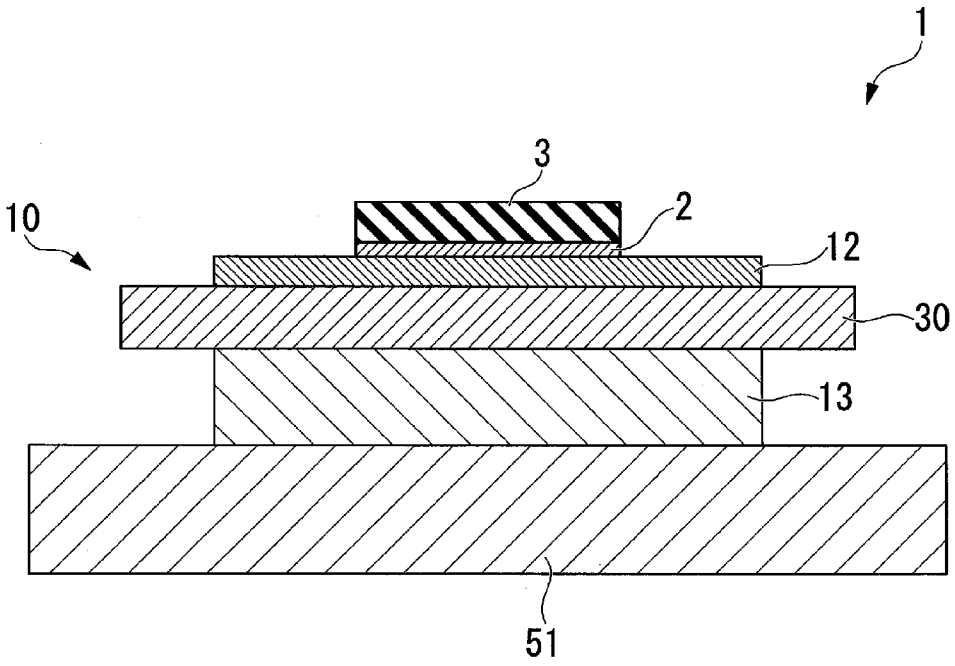
前記アルミニウム層が形成されたセラミックス本体を、前記アルミニウム層の固相線温度以上の温度まで加熱し、窒化アルミニウム層を形成する窒化アルミニウム層形成工程と、

前記窒化アルミニウム層を介してアルミニウム板を接合するアルミニウム板接合工程と、

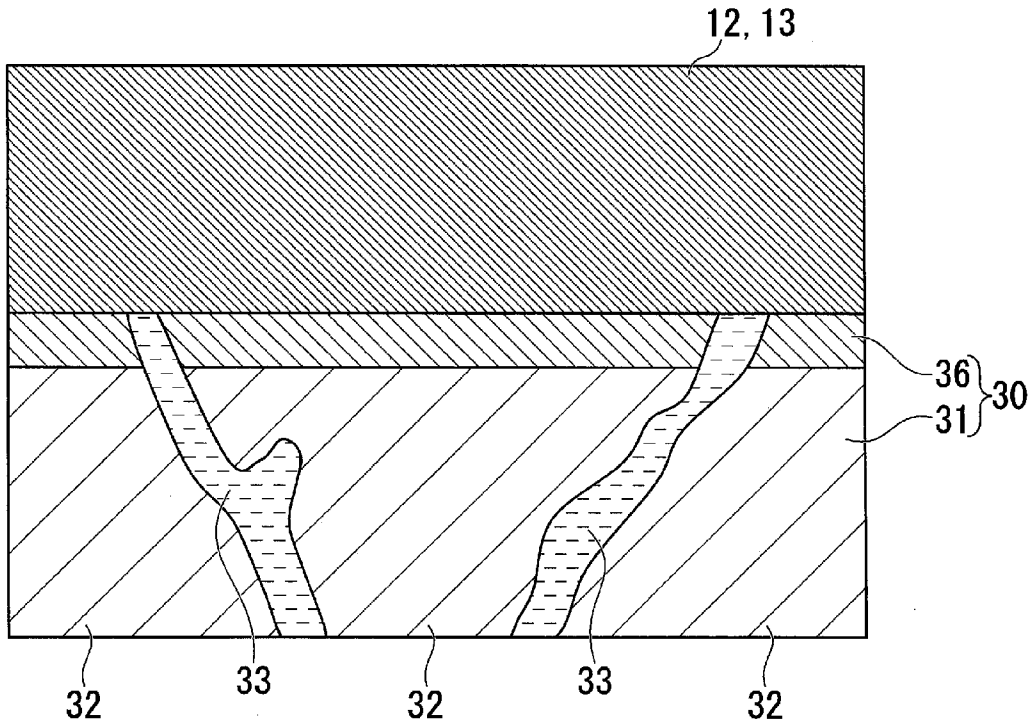
を備えていることを特徴とする絶縁回路基板の製造方法。

[請求項12] 前記窒化アルミニウム層を酸化させて酸化アルミニウム層を形成する酸化処理工程と、前記酸化アルミニウム層を介してアルミニウム板を接合するアルミニウム板接合工程と、を備えていることを特徴とする請求項１１に記載の絶縁回路基板の製造方法。

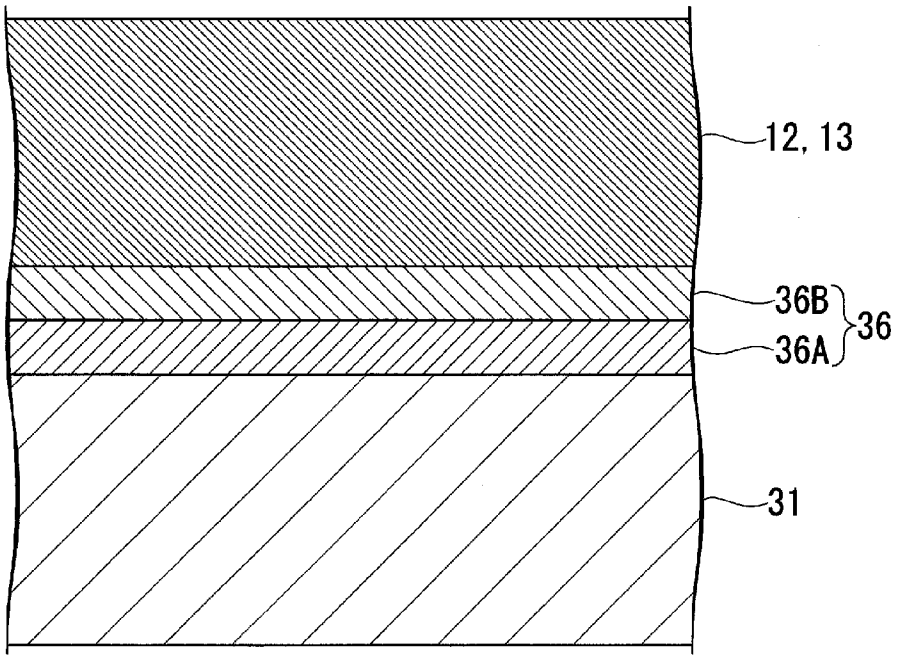
[図1]



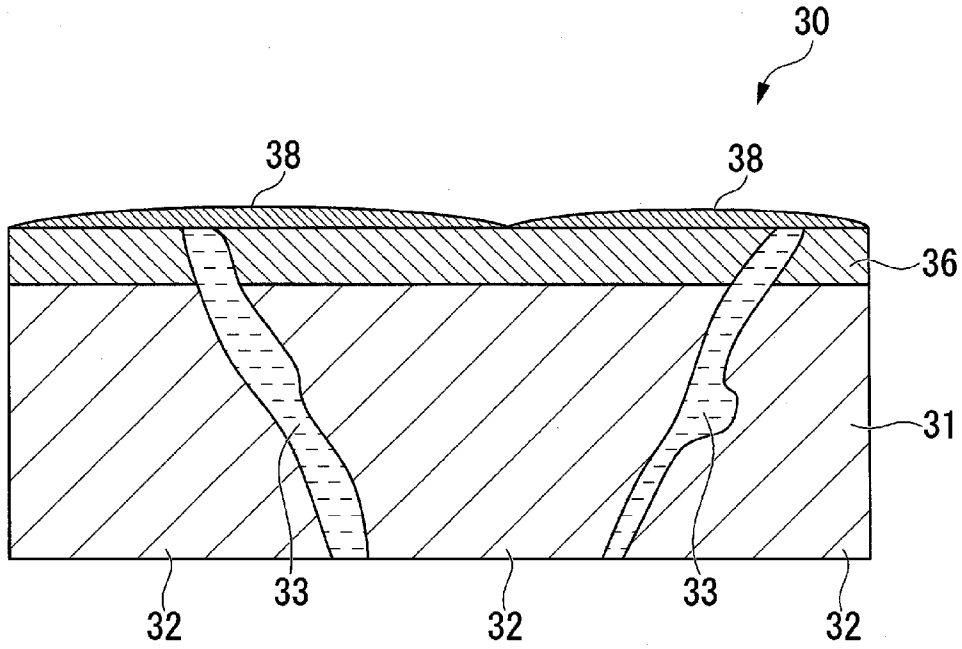
[図2]



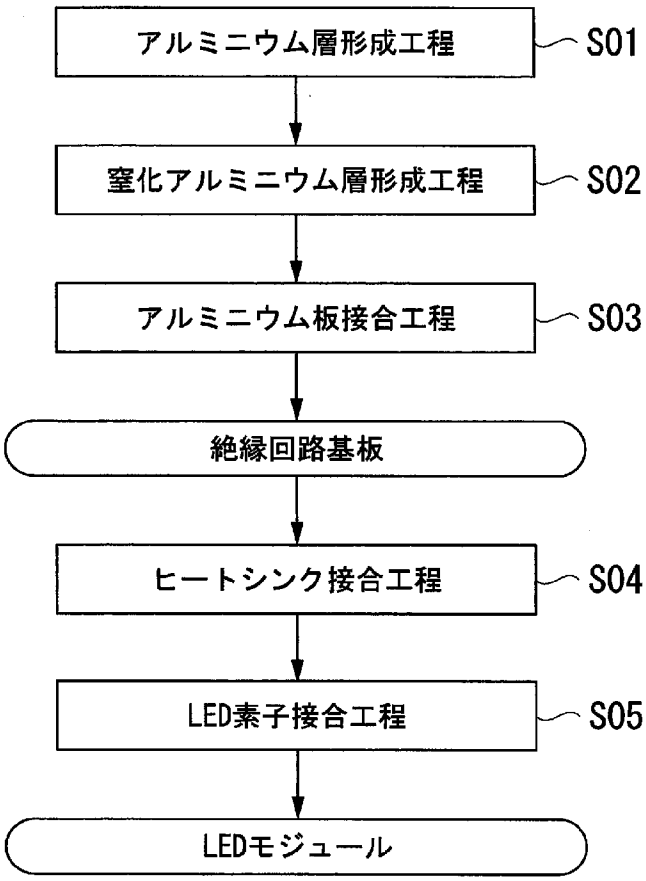
[図3]



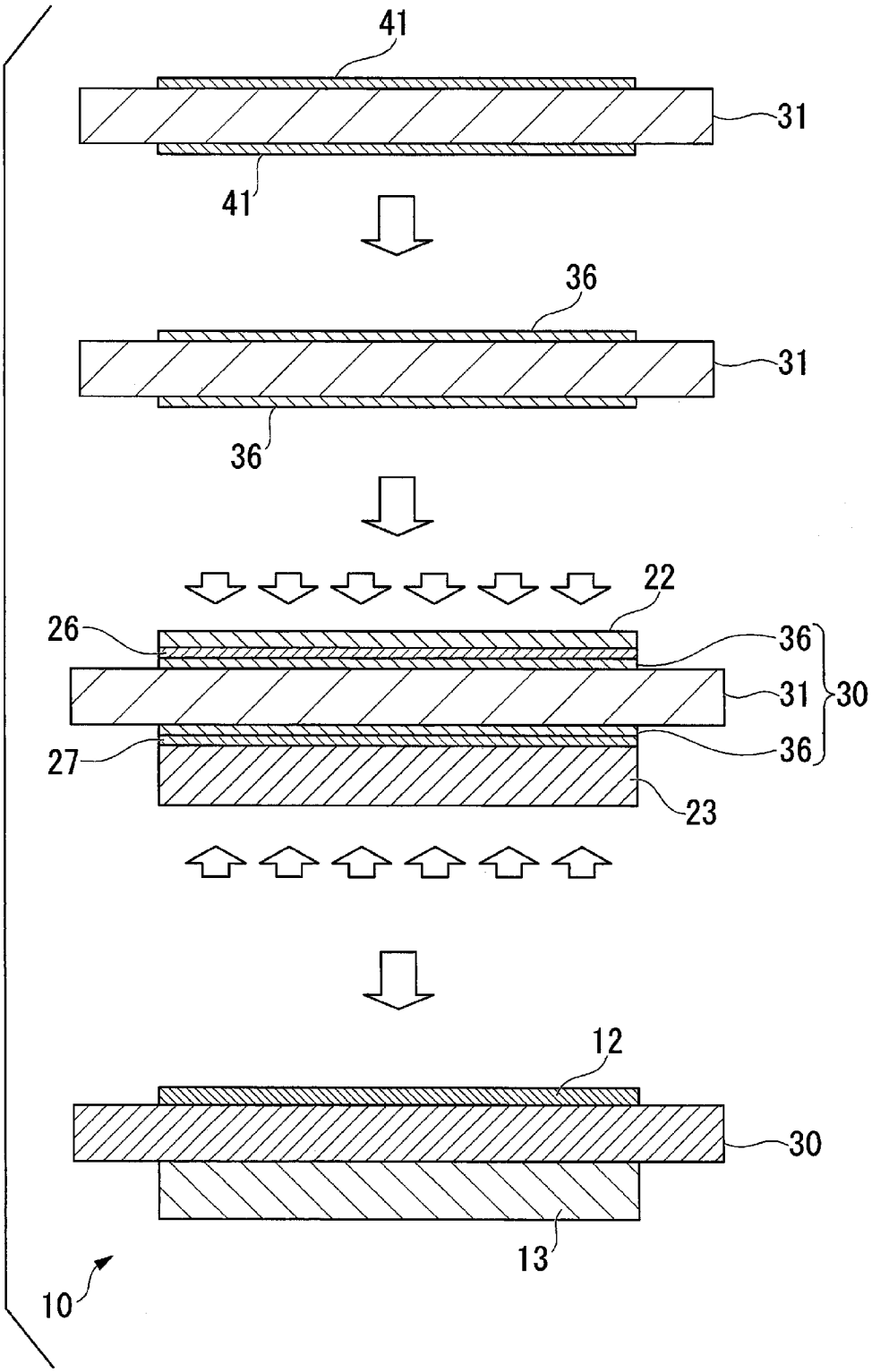
[図4]



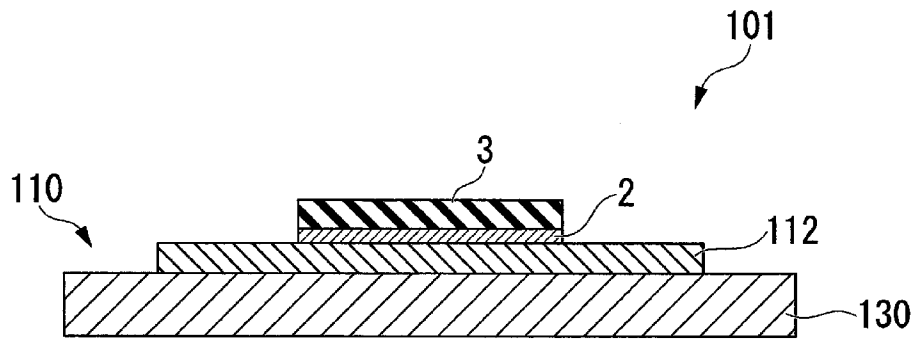
[図5]


アルミニウム層形成工程
S01
窒化アルミニウム層形成工程
S02
アルミニウム板接合工程
S03
絶縁回路基板
ヒートシンク接合工程
S04
LED素子接合工程
S05
LEDモジュール

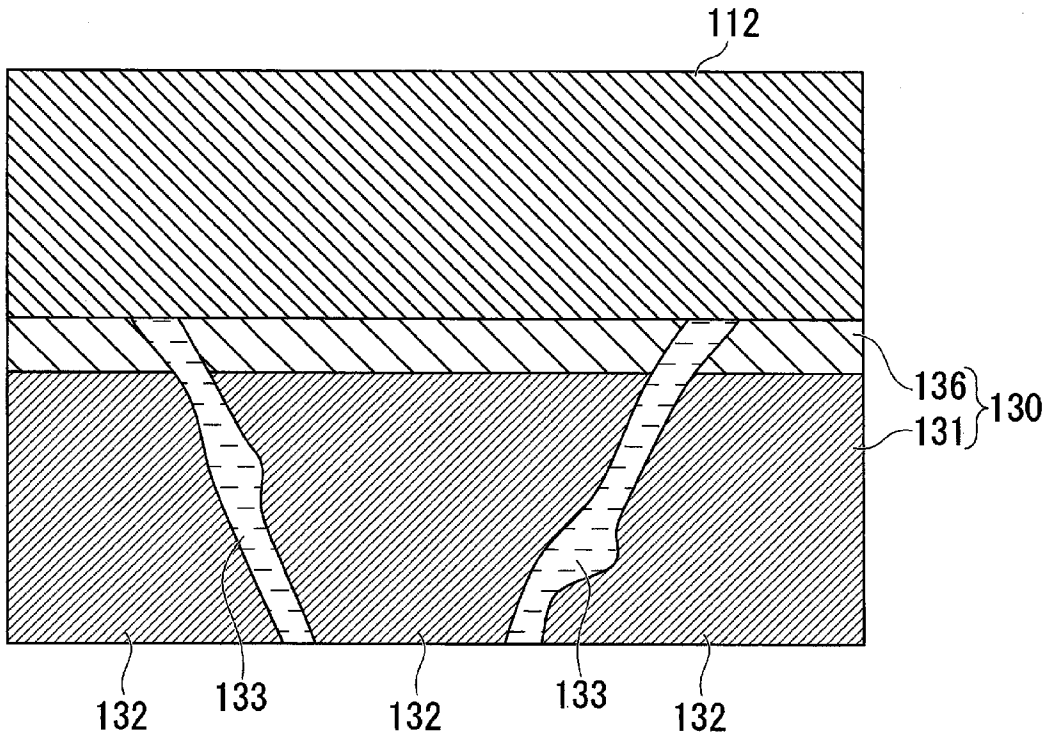
[図6]



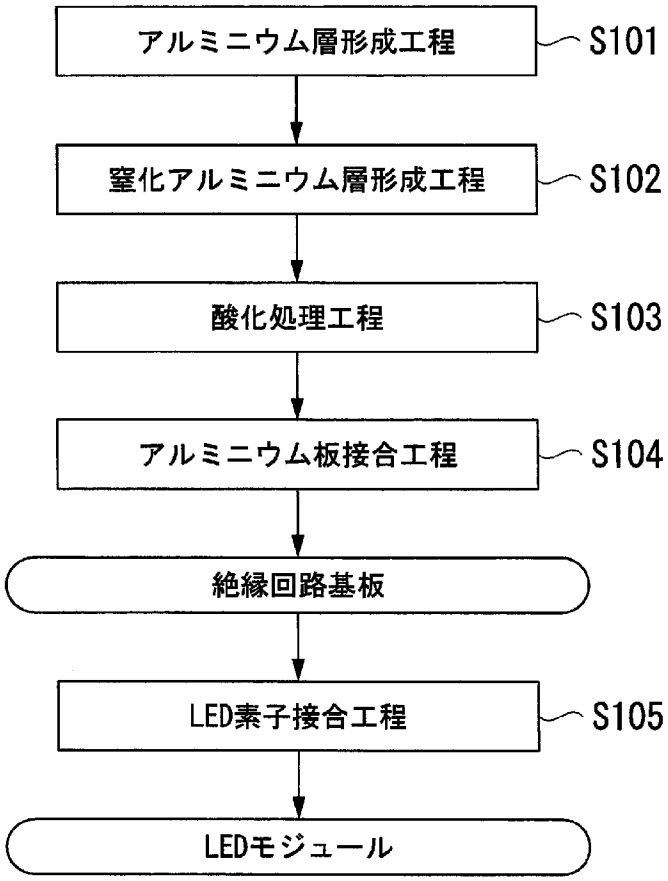
[図7]



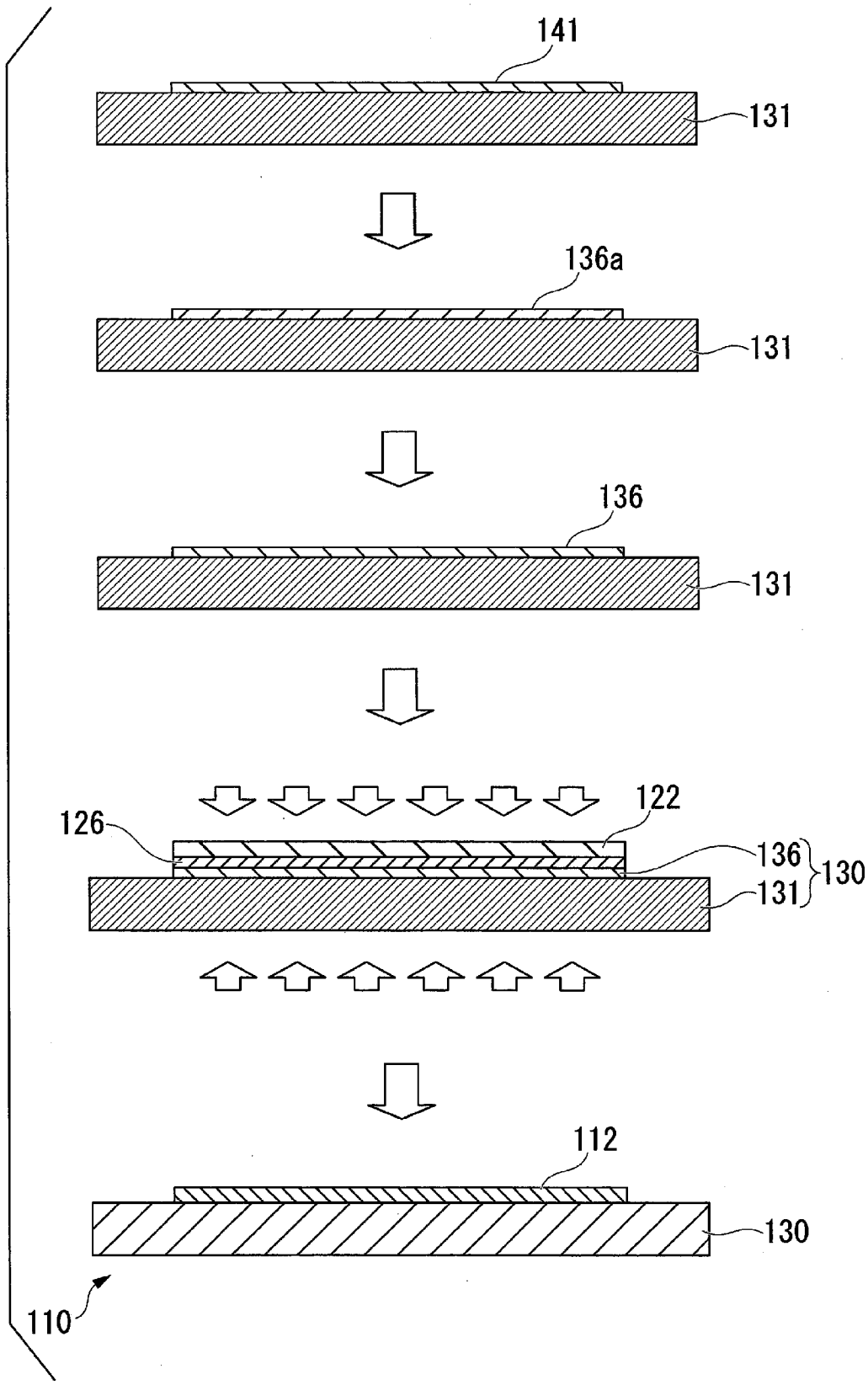
[図8]



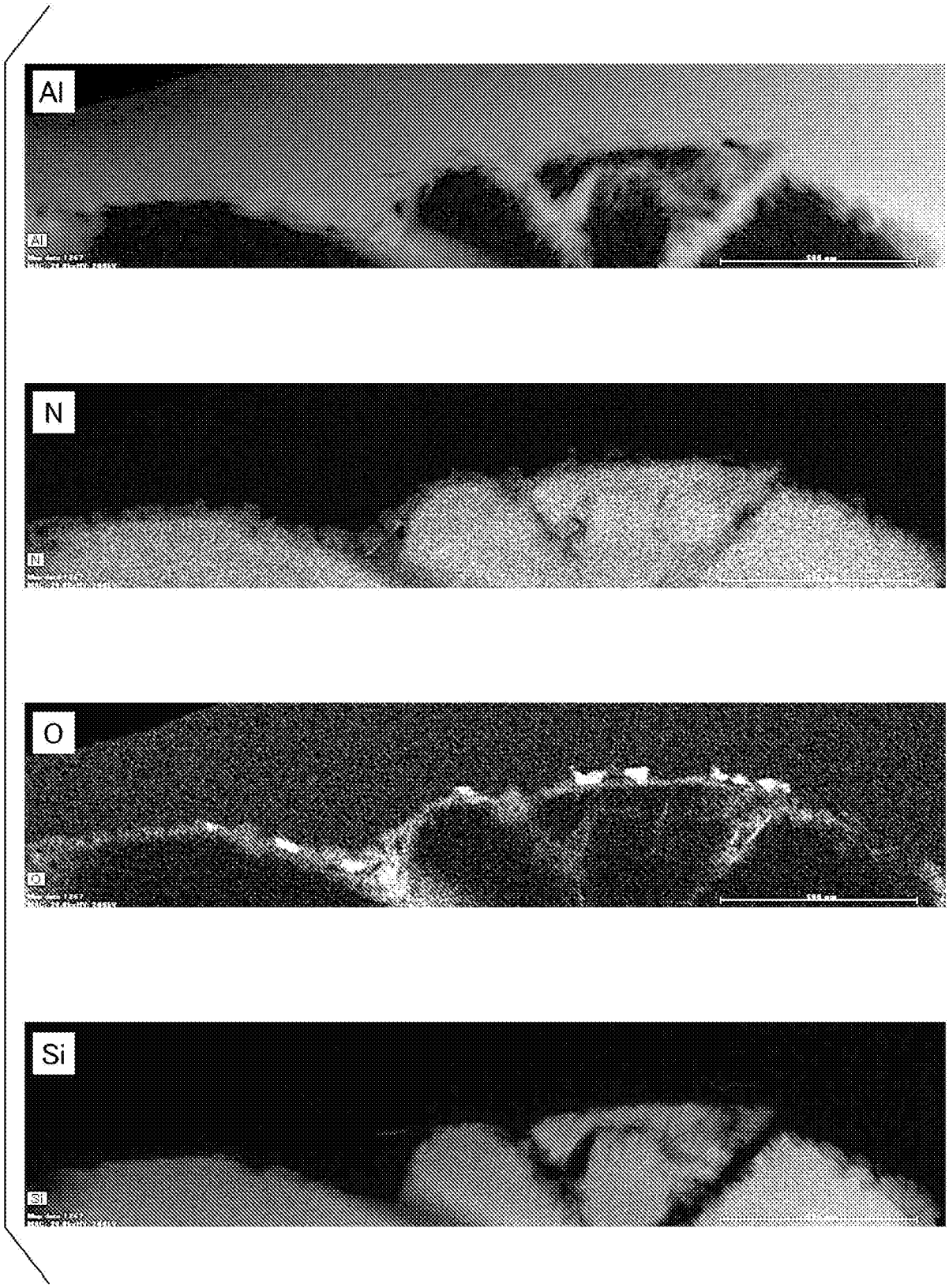
[図9]


アルミニウム層形成工程
S101
窒化アルミニウム層形成工程
S102
酸化処理工程
S103
アルミニウム板接合工程
S104
絶縁回路基板
LED素子接合工程
S105
LEDモジュール

[図10]



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2018/003957

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl. C04B37/00(2006.01)i, B23K1/00(2006.01)i, H01L23/12(2006.01)i, H01L23/15(2006.01)i, H01L33/62(2010.01)i, H01L33/64(2010.01)i
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)
Int.Cl. C04B37/00, B23K1/00, H01L23/12, H01L23/15, H01L33/62, H01L33/64

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	1971-2018
Registered utility model specifications of Japan	1996-2018
Published registered utility model applications of Japan	1994-2018

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.
X Y A	JP 9-153567 A (TOSHIBA CORP.) 10 June 1997, paragraphs [0020]-[0024], [0051], [0055]-[0056], fig. 2 & US 6086990 A, column 5, line 12 to column 6, line 21, column 12, lines 43-61, column, 13, line 61 to column 14, line 26, fig. 2 & CN 1151612 A	1, 3, 6, 8 5 9-12
X Y A	JP 2010-10563 A (MITSUBISHI MATERIALS CORP.) 14 January 2010, paragraphs [0006]-[0010], [0020], fig. 3 (Family: none)	1, 3, 6, 8 5 9-12

☒ 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	Date of mailing of the international search report
28 February 2018 (28.02.2018)	13 March 2018 (13.03.2018)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2018/003957

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 11-154719 A (TOSHIBA CORP.) 08 June 1999, paragraphs [0006]-[0007], [0009], [0033]-[0040], [0073]-[0075], [0099]-[0101], [0126]-[0128], fig. 2 & US 6107638 A, column 2, lines 1-15, column 7, line 24 to column 9, line 53, column 16, lines 12-53, column 17, lines 10-29, column 21, line 45 to column 22, line 29, column 26, line 31 to column 27, line 21, fig. 2	1-4, 6-8 5 9-12
Y	WO 2011/004798 A1 (MITSUBISHI MATERIALS CORP.) 13 January 2011, paragraphs [0020], [0024]-[0026] & US 2012/0098020 A1, paragraphs [0026], [0029]-[0031] & EP 2484957 A1	5

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１８／００３９５７

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　C04B37/00(2006.01)i, B23K1/00(2006.01)i, H01L23/12(2006.01)i, H01L23/15(2006.01)i, H01L33/62(2010.01)i, H01L33/64(2010.01)i

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））

Int.Cl.　C04B37/00, B23K1/00, H01L23/12, H01L23/15, H01L33/62, H01L33/64

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

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１８年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１８年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１８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
X Y A	JP 9-153567 A (株式会社東芝) 1997.06.10, 段落[0020]-[0024],[0051],[0055]-[0056],図２ & US 6086990 A, 第５欄第12行-第６欄第21行,第12欄第43-61行,第13欄第61行-第14欄第26行,FIG.2 & CN 1151612 A	1,3,6,8 5 9-12
X Y A	JP 2010-10563 A (三菱マテリアル株式会社) 2010.01.14, 段落[0006]-[0010],[0020],図３（ファミリーなし）	1,3,6,8 5 9-12

☑　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。

＊　引用文献のカテゴリー
「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
「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
「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）
「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
「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矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「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
「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
「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
２８．０２．２０１８	１３．０３．２０１８

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
郵便番号１００－８９１５
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

特許庁審査官（権限のある職員）　４Ｔ　９５３９
田中　永一
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３４６５

C（続き）．　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
X Y A	JP 11-154719 A（株式会社東芝）1999.06.08, 段落[0006]-[0007],[0009],[0033]-[0040],[0073]-[0075], [0099]-[0101],[0126]-[0128],図2 & US 6107638 A ,第2欄第1-15行,第7欄第24行-第9欄第53行, 第16欄第12-53行,第17欄第10-29行, 第21欄第45行-第22欄第29行,第26欄第31行-第27欄第21行, FIG.2	1-4,6-8 5 9-12
Y	WO 2011/004798 A1（三菱マテリアル株式会社）2011.01.13, [0020],[0024]-[0026] & US 2012/0098020 A1 ,[0026],[0029]-[0031] & EP 2484957 A1	5