

(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
2016年1月21日(21.01.2016)



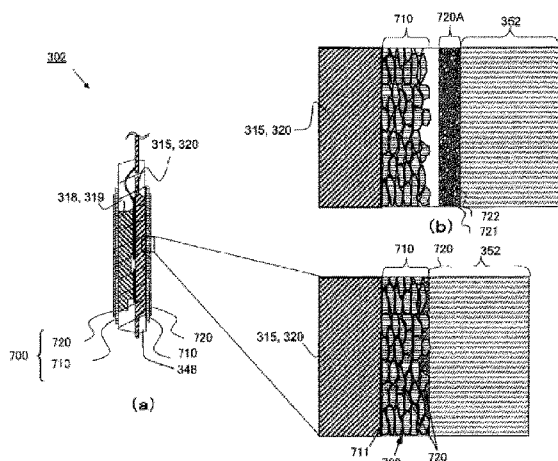
(10) 国際公開番号

WO 2016/009710 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 23/36 (2006.01) H01L 23/29 (2006.01)
C04B 35/50 (2006.01) H01L 23/373 (2006.01)
C23C 4/10 (2006.01) H01L 25/07 (2006.01)
C23C 4/18 (2006.01) H01L 25/18 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/063704
- (22) 国際出願日: 2015年5月13日(13.05.2015)
- (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 2014-143795 2014年7月14日(14.07.2014) JP
- (71) 出願人: 日立オートモティブシステムズ株式会社 (HITACHI AUTOMOTIVE SYSTEMS, LTD.)
[JP/JP]; 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場2520番地 Ibaraki (JP).
- (72) 発明者: 北條 房郎(HOJO Fusao); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP). 石井 利昭(ISHII Toshiaki); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP). 松下 晃(MATSUSHITA Akira); 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場2520番地 日立オートモティブシステムズ株式会社内 Ibaraki (JP).
- (74) 代理人: 井上 学, 外(INOUE Manabu et al.); 〒1008220 東京都千代田区丸の内一丁目6番1号 株式会社日立製作所内 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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, 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:
— 国際調査報告 (条約第21条(3))

(54) Title: POWER SEMICONDUCTOR MODULE AND POWER MODULE USING SAME

(54) 発明の名称: パワー半導体モジュール及びそれを用いたパワーモジュール



(57) Abstract: The purpose of the present invention is to provide: a power semiconductor module which has excellent thermal conductivity; and a power module which uses this power semiconductor module. In order to achieve the above-mentioned object, a power semiconductor module according to the present invention is characterized by comprising: a semiconductor element; a conductor plate, on one surface of which the semiconductor element is mounted; a resin sealing part which covers a lateral surface part of the conductor plate, while having at least a part of the other surface of the conductor plate exposed therefrom, said other surface being on the reverse side of the above-mentioned one surface; a ytrium oxide film provided on the above-mentioned one surface and the part of the other surface of the conductor plate, said part being exposed from the resin sealing part; and an insulating film that is provided on the ytrium oxide film. This power semiconductor module is also characterized in that the ytrium oxide film is formed of ytrium oxide crystals composed of cubic crystals and monoclinic crystals, with the ratio of the monoclinic crystals being 7% or less, and has a diffuse reflectance of 80% or less at a wavelength of 750 nm.

(57) 要約: 熱伝導性に優れたパワー半導体モジュールとそれを用いたパワーモジュールを提供することを目的とする。上記課題を解決するために本発明に係るパワー半導体モジュールは、半導体素子と、一面に前記半導体素子が搭載された導体板と、前記導体板の側面部を覆い、前記一面に対向する他面の少なくとも一部を露出する樹脂封止部と、前記樹脂封止部の一面及び前記導体板の前記樹脂封止部から露出した前記他面の一部に設けられた酸化イットリウム皮膜と、前記酸化イットリウム皮膜に設けられた絶縁膜と、を備え、前記酸化イットリウム皮膜が、立方晶と単斜晶から成る酸化イットリウム結晶における単斜晶の割合が7%以下であり、波長750nmの拡散反射率が80%以下であることを特徴とする。

WO 2016/009710 A1

明 細 書

発明の名称：

パワー半導体モジュール及びそれを用いたパワーモジュール

技術分野

[0001] 本発明は、熱伝導性に優れた酸化イットリウム皮膜を用いたパワー半導体モジュールと、それを用いたパワーモジュールに関する。

背景技術

[0002] 自動車に用いる大容量の車載用モータには、パワー半導体素子のスイッチングを利用した電力変換装置が用いられており、パワー半導体素子は通電により発熱するため、パワー半導体素子を搭載するパワー半導体モジュールには、高い熱伝導性（放熱性）が求められている。

[0003] 一般に、パワー半導体モジュールと、ヒートシンクなどの放熱用部材との間に、熱伝導率が良好なセラミック絶縁層を配置する構造が知られているが、溶射で形成された絶縁層には空孔が生じ、熱伝導性が低下しやすい。この対応として、絶縁層の空孔に樹脂を含浸させる構造が知られている（例えば、特許文献1参照）。

[0004] また、比較的熱伝導率が高く、溶射による分解や結晶構造の変化が少ない酸化イットリウムを溶射原料の粉末に用いられている（特許文献2参照）。酸化イットリウム粉末は α -アルミナ粉末のように高温で相変化を生じることもなく、窒化アルミ粉末のように高温で分解することもなく、高温で安定して溶射できる比較的熱伝導性の良いセラミックス材料である。

[0005] しかしながら、皮膜を形成する粉末として酸化イットリウムを選択した場合、得られる酸化イットリウム皮膜はパワー半導体モジュールとしては十分な熱伝導性を有しておらず、さらなる高熱伝導化が求められている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開2013-143439号公報

特許文献2：特開2005-256098号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0007] 本発明は、上記のような課題を鑑みてなされたものであり、熱伝導性に優れたパワー半導体モジュールとそれを用いた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] 本発明に係るパワー半導体モジュールは、半導体素子と、一面に前記半導体素子が搭載された導体板と、前記導体板の側面部を覆い、前記一面に対向する他面の少なくとも一部を露出する樹脂封止部と、前記樹脂封止部の一面及び前記導体板の前記樹脂封止部から露出した前記他面の一部に設けられた酸化イットリウム皮膜と、前記酸化イットリウム皮膜に設けられた絶縁膜と、を備え、前記酸化イットリウム皮膜が、立方晶と単斜晶から成る酸化イットリウム結晶における単斜晶の割合が7%以下であり、波長750nmの拡散反射率が80%以下であることを特徴とする。

発明の効果

- [0009] 本発明によれば、熱伝導性に優れた酸化イットリウム皮膜を用いることで、高熱伝導性のパワー半導体モジュールとそれを用いたパワーモジュールを提供することができる。

図面の簡単な説明

- [0010] [図1]パワーモジュールを示す図であり、(a)は斜視図、(b)は、図1(a)におけるXV-XV断面図である。

[図2]本発明の実施形態1に係るパワー半導体モジュールの絶縁層の一部である酸化イットリウム皮膜の導体板への形成を説明するための図であり、(a)酸化イットリウム皮膜形成前の断面図であり、(b)は酸化イットリウム皮膜形成後の断面図であり、(c)は、図2(b)の酸化イットリウム皮膜の拡大図である。

[図3]図2の導体板側に形成された酸化イットリウム皮膜にフィラーが分散した樹脂層を仮付けする工程を説明するための図であり、(a)は全体の断面図であり、(b)は図3(a)における絶縁層の拡大図である。

[図4]図3の導体板側に形成された酸化イットリウム皮膜にフィラーが分散した樹脂層を仮付けした後、酸化イットリウム皮膜の孔を樹脂含浸する工程を説明するための図であり、(a)は全体の断面図であり、(b)は含浸前の拡大図であり、(c)は含浸後の拡大図である。

[図5]図4の導体板側に形成された酸化イットリウム皮膜にフィラーが分散した樹脂層を仮付けし、酸化イットリウム皮膜の孔内を樹脂含浸した一次封止体と金属製ケースを圧着する工程を説明するための図であり、(a)は圧着前の全体の断面図であり、(b)は図5(a)における絶縁層の圧着後の拡大図である。

[図6]本発明の実施形態に係るパワーモジュールを示す図であり、(a)は外観の断面図であり、(b)は図6(a)における絶縁層の拡大図である。

[図7]本発明の実施形態2に係り、パワーモジュールの絶縁層の一部である酸化イットリウム皮膜の導体板への形成を説明するための図であり、(a)は酸化イットリウム皮膜形成前の断面図であり、(b)は酸化イットリウム皮膜形成後の断面図であり、(c)は、図7(b)における酸化イットリウム皮膜の拡大図である。

[図8]図7の導体板側に形成された酸化イットリウム皮膜にフィラーが分散した絶縁膜を仮付けする工程を説明するための図であり、(a)は全体の断面図であり、(b)は図8(a)における絶縁膜の仮付け前の拡大図であり、(c)は図8(a)における絶縁膜の仮付け後の拡大図である。

[図9]本発明の実施形態3に係り、パワーモジュールの絶縁層の一部である酸化イットリウム皮膜の金属製ベース板への形成を説明するための図であり、(a)は酸化イットリウム皮膜形成前の断面図であり、(b)はセラミックス形成後の断面図であり、(c)は異なる形状のベース板の場合を示し、(d)は図9(c)に図示されたベース板に酸化イットリウム皮膜を形成した

状態の断面図である。

[図10]図9の金属ベース側に形成された酸化イットリウム皮膜にフィラーが分散した絶縁膜を仮付けして、酸化イットリウム皮膜孔内に樹脂含浸する工程を説明するための図であり、(a)は仮付け前の断面図であり、(b)は仮付け後の断面図である。

[図11]図11は、本発明の実施形態に係るパワーモジュールの絶縁層が形成された金属製ベースをケース化する工程を説明するための図であり、図11(a)は、図9(a)の放熱部に対応する図であり、図11(b)は、図9(c)の放熱部に対応する図である。

[図12]本発明の実施形態3に係るパワーモジュールを示す図であり、(a)は、外観の断面図、(b)は、図12(a)における絶縁層の拡大図である。

[図13]本発明の実施形態4を示し、実施形態1に対応するパワーモジュールの変形例を示す図であり、(a)は樹脂層による応力緩和を増大した接着構造の断面図であり、(b)はケース側に段部と凹部を設けた構造の断面図である。

[図14]本発明の実施形態4を示し、実施形態2に対応するパワーモジュールの変形例を示す図であり、(a)は樹脂層による応力緩和を増大した接着構造の断面図あり、(b)はケース側に段部と凹部を設けた構造の断面図である。

[図15]本発明の実施形態5に係るパワーモジュールを示す図であり、(a)は樹脂封止型の片面冷却パワー半導体モジュールの平面図であり、(b)、(c)は図14(a)におけるXXXXI-XXXXI断面図であり、(b)は端子を折曲した状態図であり、(c)は端子を折曲する前の状態図である。

[図16]本発明の実施形態6に係るパワーモジュールを示す断面図である。

[図17]実施例と比較例の結果を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0011] 以下、図面を参照して、本発明に係るパワー半導体モジュールの一実施形態を説明する。

(実施形態1)

図2に示すように、酸化イットリウム皮膜710は絶縁体であり、酸化イットリウムを含む粉体を溶射で作製することができる。溶射による導体板315、320の温度上昇は小さく、溶融、熱劣化、反りなどの熱変形も小さい。酸化イットリウム皮膜710の形成方法は溶射に限らず、酸化イットリウム結晶が含まれる皮膜であり、立方晶と単斜晶から成る酸化イットリウム結晶における単斜晶の割合が7%以下で、かつ皮膜の波長750nmにおける拡散反射率が80%以下である皮膜を形成できる方法であれば、他の方法でもよい。

[0012] 図2に示すように、酸化イットリウム皮膜710は、パワー半導体モジュール302の表面に形成される。酸化イットリウムを含む粉末をプラズマ溶射法により形成する場合は、パワー半導体モジュール302の温度上昇は100～180℃程度であるため、一次封止樹脂（樹脂封止部）348、金属接合部160、パワー半導体素子（IGBT328、330とダイオード156、166）は熱劣化しない。よって、220～300℃の温度範囲でなされるチップ接合を先に行うことができる。これにより、導体板315、320に溶射した後にチップ接合する場合に比較して、熱膨張係数の小さい酸化イットリウム皮膜710と熱膨張係数の大きい導体板315、320の積層部に発生する熱応力を低減することができる。

導体板315、320、一次封止樹脂348に形成する酸化イットリウム皮膜710は、これらセラミックスが凝固し形成した扁平形状をしており、図2(c)に示すように、扁平体に形成された酸化イットリウム皮膜素材711が堆積したような層となる。

[0013] 酸化イットリウム皮膜710は酸化イットリウム皮膜のUV-VIS拡散反射スペクトルにおける750nmの拡散反射率が80%以下、好ましくは65～75%であり、かつ、酸化イットリウム皮膜のXRD分析において酸

化イットリウム結晶における立方晶と単斜晶のうち、単斜晶の占める割合が7%以下、好ましくは3～5%である。酸化イットリウム皮膜のUV-VIS拡散反射スペクトルは溶射装置や溶射条件により拡散反射率を変化させることができる。

[0014] 酸化イットリウム皮膜710は下記(式1)で定義される単斜晶の割合(Pm)が7%以下である。式中、Pmは単斜晶の割合、Imは酸化イットリウム皮膜のXRDスペクトルにおける単斜晶(402)の強度、Icは酸化イットリウム皮膜のXRDスペクトルにおける立方晶(222)の強度をそれぞれ示す。

[0015] [数1]

$$Pm(\%) = \frac{I_m}{I_m + I_c} \times 100 \quad (\text{式1})$$

[0016] 拡散反射率とは酸化イットリウム皮膜表面をサンドブラスト等により酸化イットリウム皮膜を露出させ、酸化イットリウム皮膜表面の表面粗さが100～100μmとなるようにし、測定したUV-VIS拡散反射率である。

[0017] 酸化イットリウム皮膜710を形成する粉末は、酸化イットリウムを用いることができる。用いる酸化イットリウム粉末は酸化イットリウム粉末のみでも構わないが、酸化イットリウム粉末以外セラミックス粒子が含まれていてもよい。例えばアルミナ粒子等を含んでいてもかまわない。

[0018] 酸化イットリウム皮膜710を形成する粉末は粒子径10～50μmが望ましい。10μmより小さい粒子を用いると空孔率が小さくなり、フィラ分散樹脂が酸化イットリウム皮膜の空孔内に含侵しにくくなり、熱伝導性が悪くなる。50μm以上の粒子を用いると形成される皮膜の表面粗さが悪化する。

[0019] 酸化イットリウム粉末をプラズマ溶射法により成膜する場合、酸化イットリウム粉末が還元ガス雰囲気化で溶射されると拡散反射率は低くなる。粉末が成膜されるまでに酸素等に触れ酸化される状態にさらされる機会が多いほど、拡散反射率は高くなる。プラズマ溶射により成膜する場合、プラズマジェットを発生させるためのガスに水素ガスを混合させずに溶射した場合、酸

化イットリウム粉末の供給することにより溶射する酸化イットリウム皮膜のUV-VIS拡散反射スペクトルにおける750nmの拡散反射率が80%以上になる。プラズマジェットを発生させるためのガスに水素ガスを混合したとしても、プラズマジェット周辺部の雰囲気酸素を含まない不活性雰囲気下もしくは還元雰囲気下にせず、大気下、プラズマトーチから発生したプラズマジェット内にプラズマジェット側部から酸化イットリウム粉末を供給することにより溶射すると、溶射条件により得られる酸化イットリウム皮膜のUV-VIS拡散反射スペクトルにおける750nmの拡散反射率が80%を超える。

[0020] 酸化イットリウム皮膜のUV-VIS拡散反射スペクトルにおける750nmの拡散反射率が80%を超えることを抑制するためには、プラズマジェットを発生させるためのガスに水素ガスを混合させてプラズマ溶射する際のプラズマジェット周辺部の雰囲気酸素を含まない不活性ガス雰囲気下もしくは還元雰囲気下にし溶射を行うか、プラズマジェットを発生させるためのガスに水素ガスを混合させて、プラズマトーチから発生したプラズマジェット内にプラズマジェットの中心軸方向から粉末を供給することにより溶射する必要がある。プラズマトーチから発生したプラズマジェット内にプラズマジェットの中心軸方向から粉末を供給する溶射装置としては、例えばNorthwest Mettech社製のAxial IIIを用いることができる。

[0021] プラズマジェット中で酸化イットリウムの粉末が溶融し基材に衝突することにより急激に冷却され結晶化を生じる。この際に酸化イットリウム粉末が十分に溶解していない場合、形成した酸化イットリウム皮膜は原料酸化イットリウムの結晶構造を反映する。原料酸化イットリウム粉末における酸化イットリウム結晶の立方晶と単斜晶のうち、単斜晶の占める割合が7%以下の原料を用いれば、酸化イットリウム結晶における立方晶と単斜晶のうち、立方晶の占める割合が7%以下である酸化イットリウム皮膜を形成することができる。しかし、この場合、原料酸化イットリウム粉末が十分に溶融していないため形成される酸化イットリウム皮膜の強度が脆く、また、UV-VIS

S 拡散反射スペクトルにおける 750 nm の拡散反射率が 80 % を超えてしまう。

[0022] UV-VIS 拡散反射スペクトルにおける 750 nm の拡散反射率が 80 % 以下で、かつ、酸化イットリウム結晶における立方晶と単斜晶のうち、単斜晶の占める割合が 7 % 以下である酸化イットリウム皮膜を形成するためには原料酸化イットリウム粉末を十分に溶融させ、基材に衝突する際の急冷による単斜晶の増加を抑制しなければならない。この際、プラズマジェットを発生させるためのガスに水素ガスを混合させて、溶融粉末粒子が大気の触れないよう酸化イットリウム皮膜を形成する必要がある。このためには、プラズマトーチから発生したプラズマジェット内にプラズマジェットの中心軸方向から粉末を供給することにより十分に原料酸化イットリウム粉末を溶融させ、かつ、還元雰囲気にて溶射する方法が効果的である。用いる溶射装置としては、たとえば Northwest Mettech 社製の Axial III を用いることができる。プラズマジェットの中心軸以外から原料の粉末粒子を供給する場合、プラズマジェットを発生させるためのガスに水素ガスを混合させてプラズマ溶射する際のプラズマジェット周辺部の雰囲気を酸素を含まない不活性ガス雰囲気下もしくは還元雰囲気下にし溶射を行う必要があるが、この場合でも、UV-VIS 拡散反射スペクトルにおける 750 nm の拡散反射率が 80 % 以下の酸化イットリウム皮膜を形成することができるが、同時に空孔率を 5 % ~ 15 % に制御して、酸化イットリウム結晶における立方晶と単斜晶のうち、単斜晶の占める割合が 7 % 以下である酸化イットリウム皮膜を形成することは難しい。

[0023] プラズマ溶射法などにより、酸化イットリウムの粉末を部分的、あるいは完全溶融状態で基材に衝突させることで、酸化イットリウムは導体表面に扁平形状で溶着し、さらに溶着し凝固した溶射素材 711 にも溶着していく。これにより、三次元的には溶射素材 711 同士や、溶射素材 711 と導体板 315、320 および一次封止樹脂 348 内のセラミックスフィラーや樹脂に対し、その当接する界面で溶着面を有し強固に接合している。導体板 31

5、320、318、319としては、Cu、Al、Ni、Au、Ag、Mo、Fe、Coなどの金属、それらの合金、複合体が用いられる。

(酸化イットリウム膜710の熱伝導特性)

表1と図17を用いて、酸化イットリウム膜710の熱伝導特性について説明する。表1は、立方晶と単斜晶からなる酸化イットリウム結晶における単斜晶の割合と、酸化イットリウム皮膜の750nmにおける拡散反射率と規格化熱伝導率を示している。

[0024] [表1]

	試料番号	立方晶と単斜晶から成る酸化イットリウム結晶における単斜晶の割合(%)	波長750nmの光の拡散反射率(%)	規格化熱伝導率	空孔率(%)
実施例	試料1	3.52	68	1	11
	試料2	3.52	78	0.93	10
	試料3	6.4	72	0.9	10
	試料4	3.52	69	0.87	11
		3.2	90		12
比較例	試料5	3.2	90	0.71	10
	試料6	5.76	91	0.65	11
	試料7	8	79	0.73	11
	試料8	8.96	84	0.69	12
	試料9	11.2	72	0.68	10
	試料10	11.84	69	0.69	10
	試料11	12.48	92	0.6	12

[0025] 実施例として、厚さ2mmの150mm角のAl板に対してアルミナを用いてサンドブラスト処理した後、粒径30 μ mの酸化イットリウム粒子を試料1～試料4においては、溶射装置(Northwest Mettech社製のAxial III)を用いて、80%N₂、20%H₂ガスによりプラズマ溶射した。この時、Al板に形成する酸化イットリウム皮膜の空孔率を8%程度に調整し、冷却時の酸化イットリウム皮膜の割れを防止するために、Al板は180℃に予熱した。試料4は、酸化イットリウム皮膜の60%に拡散反射率が80%以下で単斜晶の割合が7%以下の割合の酸化イットリウム皮膜を用い、40%に拡散反射率が80%以上で単斜晶の割合が7%以下の割合の酸化イットリウム皮膜を用いて形成した試料である。同様に、比較例として、厚さ2mmの150mm角のAl板に対してアルミナを用いてサンドブ

ラスト処理した後、粒径 $30\mu\text{m}$ の酸化イットリウム粒子を試料5～試料11においては単一のプラズマトーチから発生したプラズマジェット内にプラズマジェットの側部から粉末を供給する溶射装置を用いて、80% N_2 、20% H_2 ガスによりプラズマ溶射した。この時、Al板に形成する酸化イットリウム皮膜の空孔率を8%程度に制御し、冷却時の酸化イットリウム皮膜の割れを防止するために、Al板を 180°C に予熱した。いずれの酸化イットリウム皮膜も膜厚を $50\mu\text{m}$ になるようにした。なお、試料5、試料6においてはプラズマ出力を低くし、原料酸化イットリウム粉末が完全に溶融しないようにして溶射した。試料7～試料11においてはプラズマ出力や溶射距離を調整し、結晶構造を制御した。試料7、試料9、試料10は溶射雰囲気をArガスで減圧にした減圧プラズマ溶射により溶射した。

[0026] $50\mu\text{m}$ のフィラー30VOL%を分散させたエポキシ樹脂シートを用いて、上記のように形成した酸化イットリウム皮膜710の空孔内に、アルミナフィラー分散樹脂を含侵させた。フィラー含有樹脂を含侵させた酸化イットリウム膜の熱伝導率は密度計による密度の測定、レーザフラッシュ法による熱拡散率の測定、示差走査熱量測定による比熱容量の測定、断面SEMによる膜圧の測定をそれぞれ行い、熱伝導率を算出した。熱伝導率は、試料3の酸化イットリウム皮膜単体の熱伝導率を1とした場合の規格化熱伝導率である。UV-VIS拡散反射スペクトルは波長 250nm の拡散反射率であり、島図製作所製、UV2450を用いて測定した。結晶晶形は式1で示される立方晶と単斜晶から成る酸化イットリウム結晶における単斜晶の割合がであり、XRDスペクトルはリガク製 RINT2500HLを用いて測定した。

[0027] 拡散反射率が80%以下で単斜晶の割合が7%以下の割合の試料1～試料4の規格化熱伝導率は0.87～1であり、単斜晶の割合が7%以上であり、かつ、拡散反射率が80%以上である試料8、試料11の規格化熱伝導率が0.69及び0.6であるのと比べて高い値であった。また、単斜晶の割合は7%以下であるものの、拡散反射率90%以上の試料5、試料6の規格化熱伝導率が0.71及び0.65であるのと比べても高い値であった。ここ

で、試料 1 1、試料 6、試料 5 を比較すると拡散反射率が 90%以上であっても、単斜晶の割合を少なくすることにより、規格化熱伝導率がそれぞれ、0.6、0.65、0.71 と向上させることができる。しかし、拡散反射率を 80%以下かつ単斜晶の割合を 7%以下にした場合の試料 1、試料 2、試料 3 の規格化熱伝導率と比較すると、試料 1、試料 2、試料 3 の規格化熱伝導率 1、0.93、0.9 の方が熱伝導率向上の効果が顕著である。また、拡散反射率が 80%以下であるが、単斜晶の割合が 7%以上である試料 7、試料 9、試料 10 においては、単斜晶の割合が少なくなるにつれ、規格化熱伝導率はそれぞれ、0.73、0.68、0.69 と向上する。しかし、拡散反射率を 80%以下かつ単斜晶の割合を 7%以下にした場合の試料 1、試料 2、試料 3 の規格化熱伝導率と比較すると、試料 1、試料 2、試料 3 の規格化熱伝導率 1、0.93、0.9 の方が熱伝導率向上の効果が顕著である。このように、単斜晶の割合が 7%以下で、かつ、拡散反射率の値が 80%以下である酸化イットリウム皮膜が高い熱伝導率を示した。

[0028] 酸化イットリウム皮膜の一部に拡散反射率が 80%以下で単斜晶の割合が 7%以下の割合の酸化イットリウム皮膜を用いた試料 4 の規格化熱伝導率は 0.87 と試料 5 ～試料 11 の規格化熱伝導率と比較しても高い値であった。このように、酸化イットリウム皮膜の一部に拡散反射率が 80%以下で単斜晶の割合が 7%以下の割合の酸化イットリウム皮膜を用いた試料を用いることによって熱伝導率向上の効果を得ることができる。

[0029] 試料 5 と同じ条件で形成した酸化イットリウム皮膜に対し、さらに、YAG レーザーによる加熱溶融処理を行った試料は、単斜晶の割合が 7%以下であり、拡散反射率が 80%以下であるが、レーザー照射による酸化イットリウム皮膜の溶融に伴う気孔率の低下により熱伝導率の高いフィラが含侵しにくくなったため、規格化熱伝導率は 0.62 と低い値であった。

[0030] このように酸化イットリウム膜 710 は、従来の酸化イットリウム皮膜を用いた場合に比べ熱伝導性に優れており、パワーモジュールに適用する際、絶縁層の熱抵抗が低下し、パワーモジュールの放熱性を向上することができ

る。また、従来の酸化イットリウム皮膜を用いた絶縁膜に比べ本発明の酸化イットリウム皮膜も用いた絶縁膜は熱伝導性が良いため、同じ放熱性のパワーモジュールを形成した場合、従来の酸化イットリウム皮膜を用いたモジュールよりも本発明の酸化イットリウム皮膜を用いたモジュールは、絶縁層の厚さを厚くすることができ、パワーモジュールの耐電圧性を向上することができる。

[0031] インバータなどのパワーモジュールでは、近年の発熱量の増大にともない、 $5\text{ W}/(\text{m} \cdot$

K) 以上の熱伝導率が要求されるが、酸化イットリウム膜の適用により、上記熱伝導率を達成することができる。

(絶縁膜 720 の形成方法)

次に、図 5 を用いて、絶縁膜 720 の形成方法について説明する。

[0032] 絶縁膜 720 を構成する樹脂には、後に酸化イットリウム皮膜が形成されていないベース板（モジュールケース 304）側の放熱部 307A および 307B を接着できる性能が必要とされる。そこで、接着性のあるフェノール系、アクリル系、ポリイミド系、ポリアミドイミド系、エポキシ系、シリコン系、ビスマレイミドトリアジン系、シアネートエッセル系を基にした樹脂を用いる。特に、接着性が高いビスマレイミドトリアジン系、ポリアミドイミド系、ポリイミド系、シアネートエッセル系、エポキシ系、フェノール系を基にした樹脂を用いると、接着後に剥離しにくく、モジュールの寿命が高まる。

[0033] 次に、パワー半導体素子から発生する熱をモジュールケース 304 の放熱部 307A および 307B に効率よく伝えるために、高い熱伝導率が必要なので、上記に例示した樹脂 721（図 4（b）参照）に絶縁性のフィラー 722 を分散する。樹脂 721 にフィラー 722 を分散すると絶縁膜 720 の熱伝導率を向上することができる。しかし、フィラー 722 が混入されることにより絶縁膜 720 の粘度が高くなり、酸化イットリウム皮膜 710 の空孔 712 への含浸が困難となる。

[0034] そこで、本発明の一実施形態では、酸化イットリウム皮膜 710 の空孔 712 の孔サイズをフィラー 722 の粒子サイズよりも大きくなるようにして、フィラー 722 が分散した樹脂等の含浸性を向上させている。絶縁膜 720 に混入させるフィラー 722 は絶縁性を有したものがよく、フィラー 722 は、酸化イットリウム皮膜 710 よりも熱伝導率を同等以上に高いものを使用することにより、絶縁層 700 の熱伝導率を向上することができる。フィラー 722 は、具体的には、アルミナ、シリカ、マグネシア、ベリリアなどの酸化物、窒化アルミ、窒化珪素、窒化硼素などの窒化物、シリコンカーバイドなど炭化物などの高熱伝導なセラミックスのフィラーがより好ましい。

[0035] 酸化イットリウム皮膜 710 の空孔 712 内にフィラー 722 が含有された樹脂 721 からなる絶縁膜 720 を含浸させる工程を説明する。酸化イットリウム皮膜 710 は、セラミックス充填率が最大 97% 程度であり、フィラー 722 が含有された樹脂 721 からなる絶縁膜 720 よりもフィラーの充填率が高いが、三次元的な空孔 712（図 3（b）参照）を有する。そのため、そのままでは絶縁特性や熱伝導率に劣る。さらには、3 次元的な空孔 712 が形成されているため、そのままでは温度昇降に伴う熱応力での割れ感受性が高い。

[0036] フィラー 722 が含有された樹脂 721 から構成される絶縁膜 720 をシート状に形成し、図 4（b）に図示されるよう酸化イットリウム皮膜 710 上に配置すると、毛細管現象により絶縁膜 720 を仮付けした下に存在する酸化イットリウム皮膜 710 の孔内に含浸することが可能である。絶縁膜 720 の空孔 712 内への含浸は、含浸前後、あるいは含浸中に減圧すると、未充填となる領域や含浸前に酸化イットリウム皮膜 710 内に内包されているガスの巻き込みボイドの発生を防止することができる。

[0037] また、ディスペンサーなどで酸化イットリウム皮膜 710 に塗布してもよい。絶縁膜 720 を塗布すると、絶縁膜 720 が塗布された領域以外の部分にも流れ、また、酸化イットリウム皮膜 710 の周囲の側部にも流れる。こ

のため、酸化イットリウム皮膜 710 内に内包されている巻き込みボイドの発生を防止することができる。また、絶縁膜 720 の下層の酸化イットリウム皮膜 710 の空孔 712 内に含浸できたかどうかを確認しやすい。この時、注入前後や注入中、あるいは含浸後に減圧してもよい。

[0038] 酸化イットリウム皮膜 710 の孔内にフィラー 722 が混入しやすいように、酸化イットリウム皮膜 710 の空孔 712 の孔径（サイズ）は含浸されるフィラー 722 の粒径（サイズ）より大きく形成する。

[0039] 酸化イットリウム皮膜 710 の空孔 712 の孔径は、原料粒子径及び溶射条件である、母材の予熱温度、基材のパス間温度、アーク電流、アーク電圧、溶射距離、粉末粒径により制御できる。酸化イットリウム皮膜 710 の空孔 712 の孔径が混入するフィラー 722 の粒径より小さいものであると、酸化イットリウム皮膜 710 の空孔 712 内には樹脂のみが含浸されたり、また、樹脂の含浸も難しくなるため、絶縁層 700 の熱伝導率が低下する。樹脂とフィラーが含浸し易く、形成した絶縁膜の熱伝導率を高くするため、酸化イットリウム皮膜 710 の空孔を樹脂とフィラーが含浸し易い大きさの貫通孔を形成する必要がある。酸化イットリウム皮膜の空孔率は 5～15% が望ましい。空孔率が 5% よりも小さいとフィラーや樹脂の含浸が難しくなり、絶縁層 700 の熱伝導率が低下する。また、空孔率が 15% より大きい場合、絶縁層 700 の熱伝導率が低下する。酸化イットリウム皮膜 710 の空孔 712 の粒径を大きくするには、酸化イットリウム皮膜 710 と母材との密着性等を十分確保できる範囲内で、母材の予熱、パス間温度、アーク電流、及びアーク電圧を低く、溶射距離を長く、かつ、溶射材の粉末粒径は 10～50 μm であることが好ましい。

[0040] 酸化イットリウム皮膜 710 における空孔率とは、皮膜断面を鏡面研磨した後、SEM 観察により得られた 50 μm × 50 μm の範囲の断面図におけるセラミックス断面の空孔率である。

[0041] 含浸プロセスやその後の溶剤の除去時に加熱する際は、溶射した溶射素

材 7 1 1 が半硬化状態よりも硬化進行度が進行しない温度や時間とする。また、図 4 (b) に示すように、仮付けした絶縁膜 7 2 0 上に保護フィルム 3 5 2 を設けておくと、絶縁膜 7 2 0 のモジュールケース 3 0 4 接着側表面に熱伝導率を下げる絶縁膜 7 2 0 が付着しないため、生産しやすい。

[0042] 酸化イットリウム皮膜 7 1 0 を形成する工程は、フィラー 7 2 2 が分散された絶縁膜 7 2 0 を含浸する工程の前に少なくとも終えていることが望ましい。また、絶縁膜 7 2 0 による酸化イットリウム皮膜 7 1 0 への含浸作業を複数回行うとよい。すなわち、酸化イットリウム皮膜 7 1 0 を形成する工程と、フィラー分散樹脂を含浸する工程とを、酸化イットリウム皮膜 7 1 0 の厚さが所定値に達するまで交互に繰り返す。フィラー分散樹脂を含浸する工程は、上述した如く、酸化イットリウム皮膜 7 1 0 上に絶縁膜 7 2 0 を形成し、酸化イットリウム皮膜 7 1 0 の空孔 7 1 2 内にフィラー 7 2 2 含有樹脂を含浸するものである。この方法は、フィラー 7 2 2 が分散された絶縁膜 7 2 0 の含浸性が悪い場合等に有効である。

(半導体モジュールとモジュールケースの接合)

図 5 と図 6 を用いて、絶縁層 7 0 0 を介してパワー半導体モジュール 3 0 2 とモジュールケース 3 0 4 の放熱部 3 0 7 A と 3 0 7 B を接合する工程を説明する。図 5 (a) は、モジュールケース 3 0 4 の薄肉部 3 0 4 A を変形させ熱圧着する前の状態を示す。図 6 (a) は、モジュールケース 3 0 4 の放熱部 3 0 7 A と 3 0 7 B を加圧し、薄肉部 3 0 4 A を変形させ熱圧着し、二次封止樹脂 3 5 1 で残る空間を封止した状態を示す。

[0043] 図 2 に示すようにパワー半導体モジュール 3 0 2 の両面に酸化イットリウム皮膜 7 1 0 を形成した後、図 3 に示すように、その酸化イットリウム皮膜 7 1 0 の上に絶縁膜 7 2 0 を形成し、酸化イットリウム皮膜 7 1 0 の内部に樹脂を含浸し、さらに外周部に樹脂層 7 3 0 (図 6 参照) を形成する。酸化イットリウム皮膜 7 1 0 の上に絶縁膜 7 2 0 を形成し、酸化イットリウム皮膜 7 1 0 の内部に樹脂を含浸すると共に外周部に樹脂層 7 3 0 を形成する工程は、一度のプロセスで行うことができる。その方法を以下に示す。

[0044] パワー半導体モジュール302の両面に酸化イットリウム皮膜710を形成し、次に、図3に示すように、酸化イットリウム皮膜710の上に絶縁シート720Aを配置する。絶縁シート720Aは、樹脂基材内にセラミックス等のフィラーが混入されたシート状の部材であり、この絶縁シート720Aの量は、形成する絶縁膜720の量よりも多く設定される。つまり、絶縁シート720Aは、絶縁膜720よりも厚く形成される。絶縁シート720Aが形成されたパワー半導体モジュール302は、図5に図示されるように、モジュールケース304内に挿入される。パワー半導体モジュール302をモジュールケース304に挿入する場合、接続部370でパワー半導体モジュール302が接合された補助パワーモジュール600の配線絶縁部608をモジュールケース304のフランジ304Bに固定すると位置合わせできる（図1参照）。

[0045] 次に、図6に示すように、放熱部307A、307BをZ方向に加圧して、薄肉部304Aをケース内側に変形させ、放熱部307A、307Bをパワー半導体モジュール302に密着させる。この時、絶縁シート720Aは、パワー半導体モジュール302に圧着され絶縁膜720が形成される。この圧着の際に、絶縁シート720Aは絶縁膜720の厚さまで加圧されるため、絶縁シート720Aの樹脂成分は酸化イットリウム皮膜710の空孔712に含浸されるとともに、酸化イットリウム皮膜710の周側部に溢れ出る。酸化イットリウム皮膜710の周側部に溢れ出た絶縁シート720Aの樹脂成分により樹脂層730（図6（a）参照）が形成される。

[0046] 例えば、絶縁シート720Aはフィラーの混入量が20vol.%であるとする。そして、フィラー722の大きさは、酸化イットリウム皮膜710の表面凹部の大きさよりも小さく、酸化イットリウム皮膜710内の空孔712よりも小さく設定されている。絶縁シート720Aの樹脂成分が酸化イットリウム皮膜710内の空孔712に含浸されるとともに、周囲の側部に樹脂が流れ出るように加圧し、絶縁シート720Aの樹脂成分が半分減ったとする。この場合、絶縁シート720Aの樹脂成分のみが周側部に流れ出

るものとする、樹脂層 730 内部にはフィラーは混入されておらず、絶縁膜 720 のフィラー混入率は約 40 vol. % 程度まで増加することになる。また、絶縁シート 720A の樹脂成分と共に絶縁シート 720A に含有されているフィラー 722 の一部が周方向端部に流れ出るものとする、樹脂層 730 にもフィラーが混入されることになる。

[0047] なお、樹脂層 730 の形成は、絶縁シート 720A を用いる方法でなく、フィラーが混入した樹脂を塗布またはディップ等の方法により酸化イットリウム皮膜 710 上に被着させることもできる。

[0048] 図 6 (a) に示すように、放熱部 307A および 307B を絶縁膜 720 の面積よりも広くすると、パワー半導体モジュール 302 とモジュールケース 304 の放熱部 307A と 307B の周側部にフィラーが少なく弾性的な樹脂層 730 で補強された構造となる。パワー半導体モジュール 302 とモジュールケース 304 部材間の熱膨張係数差により、使用環境時の温度上昇にともない絶縁層 700 に発生する熱応力は、接着面の周側部で大きくなる。しかし、周側部に弾性的な樹脂層 730 を設けることで絶縁層 700 に発生する熱応力を吸収できるため、パワーモジュールの寿命をのばすことが可能となる。このように樹脂層 730 は、導体板 315、酸化イットリウム皮膜 710、絶縁膜 720 及び放熱部 307B からなる積層体の応力緩和用としての機能を有する。

[0049] 図 5 (b) に示すように、絶縁シート 720A を仮付けする前の酸化イットリウム皮膜 710 の表面よりも、絶縁膜 720 を形成した後は、絶縁膜 720 の接着面が平坦化されているため、モジュールケース 304 との接着性を向上することができる。

[0050] 絶縁膜 720 の厚さは、薄いほど熱抵抗が減少し絶縁層の放熱性が向上する。しかし、薄すぎるとモジュールケース 304 の反りや表面粗さを吸収できないため、酸化イットリウム皮膜 710 に含浸しきれずに厚さ方向にはみ出している絶縁膜 720 の最小厚さは、モジュールケース 304 内面の反りや最大表面粗さ R_{max} を吸収できる範囲よりも大きくすることが望ましい。絶

縁膜 720 の厚さ調整は、シート状で供給することにより簡便となる。絶縁膜 720 の最大厚さは、例えば $5 \sim 100 \mu\text{m}$ の範囲で調整され、好ましくは $10 \sim 50 \mu\text{m}$ の範囲となる。接着後に絶縁膜 720 に混入しているフィラー 722 の体積率は、 $5 \sim 80\%$ の範囲とする。ただし、体積率が大きいほど熱伝導率が高くなり放熱性が向上するが、接着強度が劣化するため、好ましくは $30 \sim 60\%$ の範囲がよい。

[0051] また、接着面となるモジュールケース 304 側にサンドブラストやディンプルなどの物理的な粗化处理、エッチング、陽極酸化、化成処理などの化学的な粗化处理、用いる樹脂に対し接着性の高い層とめっきやスパッタやカップリング処理で設けることで相対的に接着強度を向上することができ、絶縁膜 720 に混入させるフィラー 722 の体積率を増加することができる。接着前の絶縁シート 720A のフィラー 722 の含有量が少ない場合でも、接着時の加圧により絶縁膜 720 を含浸した酸化イットリウム皮膜 710 と共にモジュールケース 304 内の薄肉部 304A 方向外周に溢れでるようにすることにより、接着後のフィラー 722 量を大きくすることもできる。モジュールケース 304 との接着時の加圧力を増加することでボイドを排出することが可能である。

[0052] 上記実施形態においては図示しなかったが、酸化イットリウム皮膜 710 上だけでなく、モジュールケース 304 側にも絶縁膜 720、あるいは空孔 712 内にフィラー含有樹脂が含浸された酸化イットリウム皮膜 710 と絶縁膜 720 を形成してもよい。

[0053] 酸化イットリウム皮膜 710 の表面は、凹凸を設けアンカー効果により絶縁膜 720 との接着力を高めている。酸化イットリウム皮膜 710 の表面凹凸は、溶射温度、基材の予熱温度、噴射速度、雰囲気、粉末粒径などの溶射条件で制御できる。また、必要に応じて溶射後に研削や研磨やレーザ照射などの表面加工を施しても良い。ここで、樹脂はセラミックスや金属に比較して著しく熱伝導率が小さく、放熱経路に厚さ $10 \mu\text{m}$ でも樹脂の硬化層が存在するとモジュール全体の放熱性が低下するため、酸化イットリウム皮膜 7

１０の凹部に存在する絶縁膜７２０内には、フィラー７２２を存在させることが重要である。

[0054] こうして形成した絶縁層７００は、酸化イットリウム皮膜７１０内に、高熱伝導なフィラー７２２が含有された樹脂７２１を含浸させることで放熱性の劣化を防止することができ、また、高い熱伝導率を得ることができる。

[0055] 導体板３１５や放熱部３０７Ｂに比較して熱膨張係数が小さいセラミックスの内部に、導体板３１５や放熱部３０７Ｂよりも熱膨張係数が大きい樹脂７２１を含浸することで熱膨張係数が導体板３１５や放熱部３０７Ｂに近づき、使用中の温度変化で発生する熱応力が小さくなる。よって、モジュールの信頼性が高まる。

[0056] また、図示しないが、導体板３１５、５２０、３１８、３１９（以下、代表して「３１５」とする。）側に第１の絶縁層７００Ａを形成し、モジュールケース３０４の放熱部３０７Ａ、３０７Ｂ（以下、代表して「３０７Ｂ」とする。）側に第２の絶縁層７００Ｂを形成する接合構造とすることもできる。第１の絶縁層７００Ａと第２の絶縁層７００Ｂとは、それぞれの絶縁層７００Ａ、７００Ｂを構成する絶縁膜７２０Ａ、７２０Ｂ同士を接着する。

[0057] 第１、第２の絶縁層７００Ａ、７００Ｂを構成する各酸化イットリウム皮膜７１０の空孔７１２に含浸されるフィラー７２２の混入率を異なるものにすることもできる。この場合、導体板３１５に形成される酸化イットリウム皮膜７１０Ａのセラミックス充填率を、モジュールケース３０４に形成される酸化イットリウム皮膜７１０Ｂよりも大きくすると、絶縁層７００の熱膨張係数は、導体板３１５側からモジュールケース３０４に向かって大きくなる。この時、導体板３１５の熱膨張係数をモジュールケース３０４よりも小さくすれば、熱応力を緩和しさらにモジュールの信頼性を高めることが可能となる。例えば、導体板３１５にＣｕやＣｕ合金を用い、モジュールケース３０４にＡｌやＡｌ合金を用いた構造がよい。あるいは、酸化イットリウム皮膜７１０に含浸させる樹脂を、酸化イットリウム皮膜７１０上に形成する絶縁膜７２０を構成する樹脂７２１とは異なるようにすることもできる。酸

化イットリウム皮膜 710 に含浸させる樹脂の熱膨張係数を、絶縁膜 720 を構成する樹脂 721 よりも大きくすれば、絶縁層 700 内の熱膨張係数は導体板 315 からモジュールケース 304 に向かって小さくなる。この時、導体板 315 に Cu や Cu 合金を用い、モジュールケース 304 に AlSiC や AlC と Al の複合材を用いた構造とすることが望ましい。

[0058] また、絶縁層 700 による接着温度や溶射による温度上昇は、ろう材を用いたセラミックス板の接合温度よりもはるかに低い。このため、パワー半導体モジュール 302 作製時の熱応力を低減することができ、酸化イットリウム皮膜 710 の厚さを、シート状部材と同等にまで薄くすることができる。これにより、パワーモジュール絶縁部の放熱性を向上することができる。

[0059] 導体板 315 と放熱部 307B とを接着する際、上述した通り、酸化イットリウム皮膜 710 は、導体板 315 あるいは放熱部 307B に接合し、あるいは空孔 712 内に含浸されたフィラー 722 同士が溶着し一定の強度を有しているため、接着時の加圧力を増加することができる。加圧力を増加することでボイドの少ない接着層にすることができる。絶縁シートでは、加圧力を増加すると、絶縁層 700 の厚さ変化が大きくなるため、絶縁層 700 の層厚を小さくすることができない。絶縁層 700 は、耐電圧が確保できる最小の厚さとすればよく、従来では、この最小の厚さにすることができなかった。本発明における一実施形態では、絶縁層 700 の厚さを十分に薄くすることが可能であり、かつ、パワー半導体モジュール 302 の絶縁性能、放熱性の劣化を防止することが可能である。

[0060] 次に、パワー半導体モジュール 302 の他の実施形態を説明する。

(実施形態 2)

図 7 は、本発明の実施形態 2 に係り、パワーモジュールの絶縁層の一部である酸化イットリウム皮膜の導体板への形成を説明するための図であり、(a) は酸化イットリウム皮膜形成前の断面図であり、(b) は酸化イットリウム皮膜形成後の断面図であり、(c) は図 7 (b) における酸化イットリウム皮膜の拡大図である。

- [0061] 図8は、図7の導体板側に形成された酸化イットリウム皮膜にフィラーが分散した絶縁膜を仮付けする工程を説明するための図であり、(a)は全体の断面図であり、(b)は図8(a)における絶縁膜の仮付け前の拡大図であり、(c)は図8(a)における絶縁膜の仮付け後の拡大図である。
- [0062] 実施形態2として示すパワー半導体モジュール302では、図8(c)に図示されるように、絶縁層700が、フィラー含有樹脂740が含浸された第1の酸化イットリウム皮膜710Aと、この第1の酸化イットリウム皮膜710A上に形成された第2の酸化イットリウム皮膜710Bとを有する点に特徴を有する。第2の酸化イットリウム皮膜710B上には、実施形態1と同様に、モジュールケース304の放熱部307A、307Bに接着される絶縁膜720が形成されている。
- [0063] 第1の酸化イットリウム皮膜710Aおよび第2の酸化イットリウム皮膜710Bは絶縁体であり、710Aまたは710Bのいずれか一方の酸化イットリウム皮膜がUV-VIS拡散反射スペクトルにおける750nmの拡散反射率が80%以下であり、かつ、酸化イットリウム皮膜のXRD分析において酸化イットリウム結晶における立方晶と単斜晶のうち、立方晶の占める割合が95%以上である酸化イットリウム皮膜であることが望ましい。他方の酸化イットリウム皮膜は酸化イットリウムでもよいし、酸化イットリウム以外のアルミナ、シリカ、マグネシア、ベリリアなどの酸化物、窒化アルミ、窒化珪素、窒化硼素などの窒化物、シリコンカーバイドなどの炭化物といった高熱伝導なセラミックスの粉体から選ばれ、これら単体組成、酸化物と窒化物あるいは炭化物との複合組成、あるいは混合粉末を用いて形成した酸化イットリウム皮膜でも構わない。酸化イットリウム皮膜による導体板315、320や放熱部307A、307Bの温度上昇は小さく、熔融、熱劣化、反りなどの熱変形も小さいため、導体板315、320はパワー半導体素子が接合された導体板形状、さらには樹脂で封止された状態に形成した後に、酸化イットリウム皮膜710を形成することができる。図7を用いて本発明の実施形態2として示すパワー半導体モジュール302の製造方法を説

明する。

[0064] 図7(a)は、トランスファーモールド後のパワー半導体モジュール302の断面を示しており、図7(b)は導体板315、320、318、319(以下、代表して「315」とする。)側に第1および第2の酸化イットリウム皮膜710A、710Bを形成した後の断面図であり、図7(c)は図7(b)における導体板315、320と第1および第2の酸化イットリウム皮膜710Aおよび第2の酸化イットリウム皮膜710Bを拡大した模式図を表している。

[0065] 上記に述べたように、酸化物やセラミックス粉末をプラズマ溶射法により形成する場合は、パワー半導体モジュール302の温度上昇は100~180℃程度であるため、一次封止樹脂348、金属接合部160、IGBT328、330およびダイオード156、166は熱劣化しない。よって、220~300℃の温度範囲でなされるチップ接合を先に行うことができる。これにより、導体板に溶射した後にチップ接合する場合に比較して、熱膨張係数の小さい酸化イットリウム皮膜と熱膨張係数の大きい導体板の積層部に発生する熱応力を低減することができる。

[0066] 導体板315に第1の酸化イットリウム皮膜710A、第2の酸化イットリウム皮膜710Bを形成し、この後、第1の酸化イットリウム皮膜710Aを構成する酸化イットリウム皮膜素材711a間に形成された空孔712a内及び第2の酸化イットリウム皮膜710Bを構成する酸化イットリウム皮膜素材711b間に形成された空孔712b内に、樹脂基材741内にフィラー742が分散されたフィラー含有樹脂740を含浸する。フィラー含有樹脂740の含浸は、実施形態1に示した方法により行うことができる。すなわち、フィラー含有樹脂740を樹脂シート状に形成し、加熱圧着により第1の酸化イットリウム皮膜710Aの空孔712a内及び第2の酸化イットリウム皮膜710Bの空孔712b内に含浸させる。あるいは、塗布またはディップ等により、フィラー含有樹脂740を第1の酸化イットリウム皮膜710Aの空孔712a内及び第2の酸化イットリウム皮膜710Bの

空孔 7 1 2 b 内に含浸させるようにしてもよい。

[0067] また、第 1 の酸化イットリウム皮膜 7 1 0 A を形成する導体板 3 1 5 の処理面に対し、酸化イットリウム皮膜形成前にサンドブラストやエッチングにより粗化すると、第 1 の酸化イットリウム皮膜 7 1 0 A の接合強度を向上することができる。また、第 2 の酸化イットリウム皮膜 7 1 0 B を形成する第 1 の酸化イットリウム皮膜 7 1 0 A の処理面に対し、酸化イットリウム皮膜形成前にサンドブラストやエッチングにより粗化すると、第 2 の酸化イットリウム皮膜 7 1 0 B の接合強度を向上することができる。

[0068] 工程の順番は、第 1 の酸化イットリウム皮膜 7 1 0 A を形成する工程、第 2 の酸化イットリウム皮膜 7 1 0 B を形成する工程、フィラー分散樹脂を含浸する工程の順で行うのが望ましい。これらの工程の間に、その他の工程を取り入れてもよいし、第 1 の酸化イットリウム皮膜 7 1 0 A を形成する工程、第 2 の酸化イットリウム皮膜 7 1 0 B を形成する工程を繰り返し行ってもよい。

(実施形態 3)

実施形態 1 では、酸化イットリウム皮膜をパワー半導体素子が搭載された導体板側に形成する構造であった。酸化イットリウム皮膜をモジュールケースの放熱部側に形成することもできる。

[0069] 以下、図 9 ～図 1 2 を用いて、酸化イットリウム皮膜を放熱部側に形成する実施形態を例示する。

[0070] 図 9 は、本発明の実施形態 3 に係り、パワーモジュールの絶縁層の一部である酸化イットリウム皮膜の金属製ベース板への形成を説明するための図であり、(a) は酸化イットリウム皮膜形成前の断面図、(b) は酸化イットリウム皮膜形成後の断面図であり、(c) は異なる形状のベース板の場合を示し、(d) は (c) に図示されたベース板に酸化イットリウム皮膜を形成した状態の断面図である。

[0071] 図 1 0 は、図 9 の金属ベース側に形成された酸化イットリウム皮膜にフィラーが分散した絶縁膜を仮付けして、酸化イットリウム皮膜孔内に樹脂含浸

する工程を説明するための図であり、（a）は仮付け前の断面図であり、（b）は仮付け後の断面図である。

[0072] 図11は、本発明の実施形態に係るパワーモジュールの絶縁層が形成された金属製ベースをケース化する工程を説明するための図であり、図11（a）は、図9（a）の放熱部に対応する図であり、図11（b）は、図9（c）の放熱部に対応する図である。

[0073] 図12は、本発明の実施形態3に係るパワーモジュールを示す図であり、（a）は、外観の断面図、（b）は、図12（a）における絶縁層の拡大図である。

[0074] 図9（a）に図示された307は、図12（a）に図示されるパワーモジュール300のモジュールケース（放熱用部材）304の放熱部307A、307Bに対応する部材であり、以下では、ベース板という。ベース板307は、実施形態1に示す放熱板307A、307Bと同様に多数の放熱用のフィン305を有しており、内面側がモジュールケース304の内側に突き出している以外は、ベース板307は放熱板307A、307Bと同一である。

[0075] 以下、絶縁層700を放熱部側に形成する方法を説明する。

[0076] まず、ベース板307の上面に酸化イットリウム皮膜710を形成する。上述した如く、溶射時の被溶射体の温度上昇は100～200℃程度であるため、酸化イットリウム皮膜710は、モジュールケース304のベース板307をフィン305や薄肉部304Aが形成された状態で形成することが可能である。フィン305や薄肉部304Aが形成されたベース板307は、鋳造や鍛造や機械加工にて作製できる。材質には、Cu、Cu合金、Cu-C、Cu-CuOなどの複合材、あるいはAl、Al合金、AlSiC、Al-Cなどの複合材などから構成される。ベース板307に酸化イットリウム皮膜710が形成された状態を図9（b）に図示されている。酸化イットリウム皮膜710は、薄肉部304Aに形成しないようにマスキングされる。

[0077] 次に、図10(a)に図示されるように、酸化イットリウム皮膜710が形成されたベース板307に、フィラー722が混入した絶縁膜720を酸化イットリウム皮膜710上に仮付けする。絶縁膜720を仮付けするには、樹脂シートの状態、あるいは液状にして塗布、噴霧、ディップする手法がある。この時、図10(b)に示すように、仮付けされた絶縁膜720に保護フィルム352を貼り付け、保護フィルム720上から加圧し、絶縁膜720を酸化イットリウム皮膜710に押し付ける。これにより、酸化イットリウム皮膜710に絶縁膜を含浸すると共に酸化イットリウム皮膜710と絶縁膜720を接合する。この工程において、ベース板307は、酸化イットリウム皮膜710と絶縁膜720が形成された中央領域が薄肉部704Aより上方に突き出しているため、作業が容易となる。

[0078] 酸化イットリウム皮膜710と絶縁膜720の仮付けは、モジュールケース304の表裏両面の放熱部307A、307Bに対して行う。

[0079] 次に、図11(a)に図示されるように、放熱部307A、307Bをケース本体304Cの開口部304dの周縁部に接合する。接合前に保護フィルム352を剥離しておく。放熱部307A、307Bの周縁部は、それぞれ、周縁部に可撓性を有する薄肉部304Aとされており、この薄肉部304Aの周縁端部を金属接合することでケース本体304Cに一体化されたモジュールケース304が作製される。金属接合は、絶縁層700から離れた薄肉部304Aの外側をレーザ溶接、摩擦攪拌接合など熱影響領域が小さい手法を用いてなされる。熱影響部が小さい手法を選択することで、樹脂接着部333bや含浸部333cの硬化進行度が維持できる。また、詳細は後述する（実施形態4参照）が、ケース状にした状態で、図10に示した酸化イットリウム皮膜710にフィラー含有樹脂を含浸することも可能である。

[0080] 次に、実施形態1に示した手法で絶縁層700を介してパワー半導体モジュール302とモジュールケース304の放熱部307Aと307Bを接着し、残る空間に二次封止樹脂351を封止する。これにより、図12に示す本発明の一例である絶縁層700を有するパワーモジュール300が完成す

る。

[0081] 導体板 315 やベース板 307 に比較して熱膨張係数が小さい酸化イットリウム内部に、導体板 315 やベース板 307 よりも熱膨張係数大きい樹脂を含浸することで熱膨張係数が導体板 315 やベース板 307 に近づき、使用中の温度変化で発生する熱応力が小さくなり、パワー半導体モジュール 302 の信頼性が向上する。また、セラミックス充填率が高い酸化イットリウム皮膜 710 がモジュールケース 304 側に存在するため、モジュールケース 304 を Cu や Cu 合金で導体板 315、320、318、319 を Al や Al 合金とすると、絶縁層 700 内による熱応力の緩和が生じ、さらに信頼性が高くなる。また、導体板 315、320、318、319、が Cu や Cu 合金の場合は、モジュールケース 304 を Al-C や Al-SiC などの Cu よりも低熱膨張な材料とすればよい。

[0082] また、溶接部となる薄肉部 304A には易溶接材の Al や Cu となるように複合化してもよい。さらに、含浸させる樹脂 333c の熱膨張係数を樹脂 333B よりも大きくすれば、絶縁層 700 内の熱膨張係数は導体板 315、318、319、320 からモジュールケース 304 に向かって大きくなる。この時、導体板 315、318、319、320 に Cu や Cu 合金を用い、モジュールケース 304 に Al や Al 合金を用いた構造にすると、熱応力が連続的に傾斜され緩和される。

[0083] ベース板 307 は、中央部が薄肉部 304A より突き出している形状に限らない。図 9(c) に図示されたベース板 307 は、実施形態 1 と同様、中央部上面が薄肉部 304A と平坦な形状を有する。図 9(d) は、図 9(c) に図示された形状のベース板 307 に酸化イットリウム皮膜 710 を形成した状態の断面図である。この構造のベース板 307 を用いて作成したモジュールケース 304 の断面図を図 11(b) に示す。放熱部 307A の上面には、酸化イットリウム皮膜 710 が形成されている。上記放熱部 307A の形状は、一例を示したものに過ぎず、放熱部 307A は他に、種々の形状を採用することができる。

[0084] また、上述の実施形態３では、実施形態１と同様に、酸化イットリウム皮膜７１０が単層である構造として例示した。しかし、実施形態２と同様に、フィラー含有樹脂層３４０が含浸された第１の酸化イットリウム皮膜７１０Ａと、この第１の酸化イットリウム皮膜７１０Ａ上に形成された第２の酸化イットリウム皮膜７１０Ｂを形成するようにしてもよい。

(実施形態４)

図１３は、本発明の実施形態４を示し、図１３（ａ）は樹脂層による応力緩和を増大した接着構造の断面図あり、図１３（ｂ）はケース側に段部と凹部を設けた構造の断面図である。図１３（ａ）、３９（ｂ）は、実施形態１に示した構造に対応する。図１４は、本発明の実施形態４を示し、図１４（ａ）樹脂層による応力緩和を増大した接着構造の断面図あり、図１４（ｂ）はケース側に段部と凹部を設けた構造の断面図である。

[0085] パワーモジュール３００は求められる機能に必要な部材で構成されるため、様々な熱膨張係数の部材を積層した構造となる。このように、様々な熱膨張係数の部材を接合や接着すると、応力が端部に集中し端部から剥離が発生、進展していく。これに対し、酸化イットリウム皮膜７１０の外周に設けられた弾性的な樹脂層７３０の面積を増大すれば、応力緩和による端部剥離の発生や進展を抑制することが可能である。また、導体板３１５、３２０、３１８、３１９の外周を封止する一次封止樹脂３４８は、導体板３１５、３２０、３１８、３１９よりも熱伝導率のはるかに低いため、その領域では絶縁層７００の熱伝導率は低くても、パワー半導体モジュール３０２モジュールの放熱性は変化しない。

[0086] 図１３（ａ）および図１４（ａ）は酸化イットリウム皮膜７１０上に形成する絶縁膜７２０の供給量を増加して応力緩和を増大した構造の例である。接着時の加圧を増加して、絶縁膜７２０から溢れた樹脂層７３０により接着用フィレットを形成させる。樹脂層７３０は、放熱部３０７Ａ、３０７Ｂの周側部の側面および薄肉部３０４Ａの根元部に回り込み、接着力が増大すると共に応力緩和機能が増大する。絶縁膜７２０の供給量を増加することに代

えて、絶縁膜 720 上に別の樹脂層を形成して樹脂を増量するようにしてもよい。図 13 (a) は、樹脂層 730 が薄肉部 304 A の中間部まで回り込んだ構造であり、図 14 (a) は樹脂層 730 が薄肉部 304 A まで達していない構造である。

[0087] 図 13 (b) は、放熱部 307 A、307 B の外周部の一部あるいは全周に段部 348 a および凹部 348 b を設けた構造である。図 14 (b) は、モジュールケース 304 の放熱部 307 A、307 B の外周部の全周あるいは一部に凹部 304 a および段部 304 b を設けた構造である。段部 348 a、304 b や凹部 348 b、304 a を設けることにより、段部 348 a、304 b や凹部 348 b、304 a 内に樹脂が充填され、接着力を増大することができる。また、アンカー効果が生じるので、応力の緩和効果が大きくなる。

[0088] また、モジュールケース 304 の挿入口 306 側において、一次封止樹脂 348 に段部 348 a を形成したり（図 13 (b) 参照）、放熱板 307 A、307 B に凹部 304 a または段部 304 b を形成したりすることによりパワー半導体モジュール 302 の表面と放熱部 307 A、307 B との厚さ方向の間隙が増大する。この間隙から樹脂を侵入させることにより、パワー半導体モジュール 302 とモジュールケース 304 の放熱部 307 A と 307 B を仮付け、あるいは接着した状態で酸化イットリウム皮膜 710 にフィラー含有樹脂の含浸を行うことが容易となる。また、いずれの例でも、残る空間は二次封止樹脂 351 で封止される。

（実施形態 5）

図 15 は、本発明の実施形態 5 に係るパワーモジュールを示す図であり、(a) は樹脂封止型の片面冷却パワー半導体モジュールの平面図であり、(b)、(c) は、図 15 (a) における XXXX I - XXXX I 断面図であり、図 15 (b) は端子を折曲した状態図であり、図 15 (c) は端子を折曲する前の状態図である。

[0089] この配置では、導体板 318 と 320 が同電位となり一枚の導体板で形成

できる（以下、導体板 318 と称す）。

[0090] IGBT 328、330 およびダイオード 156、166 の表面主電極は、複数の金属ワイヤ 372 あるいは金属リボン 372 により接続され、さらに導体板 318、319 に接続される。ワイヤやリボンの材質は、Al、Al 合金、Cu、Cu 合金の単体および複合材である。IGBT 328 およびダイオード 156 の裏面電極は、金属接合部 160 により導体板 315 に金属接合される。導体板 315、318 とベース板 307 は、絶縁層 700 を介して接合される。IGBT 330 およびダイオード 166 の裏面電極は、金属接合部 160 により導体板 318 に金属接合される。導体板 315、318、319 と金属ベース 307 は、絶縁層 700 を介して接合される。

[0091] 図 15（b）に図示されるように、金属ベース 307 側に酸化イットリウム皮膜 710 が形成されており、パワー半導体素子から発熱した熱が導体板 315、絶縁層 700、金属ベース 307 を通り効率良く外部に放熱される。ここでは、金属ベース 307 側に酸化イットリウム皮膜 710 を設け、導体板 315、318、319 側を絶縁膜 720 で接合した例を示したが、導体板 315、318、319 側に酸化イットリウム皮膜 710 を設け、金属ベース 307 側に絶縁膜 720 を設けてもよい。

[0092] 酸化イットリウム皮膜 710 上に絶縁膜 720 を設けて、酸化イットリウム皮膜 710 の空孔 712 内にフィラー含有樹脂を含浸した後、図 15（c）に示すように、パワー半導体モジュール 302 のパワー半導体素子裏面を導体板 315 に接合する。また、ワイヤやタイバー 372 を表面電極にワイヤボンディングした後に、一次封止樹脂 348 により封止する。このように、一次封止樹脂 348 により封止することで、絶縁層 700 に接合する際、導体板 315 と放熱部 307 B に与える加圧力による機械的な損傷を防止することができる。また、この例では、ベース板 307 側に酸化イットリウム皮膜 710 を形成したが、導体板 315、318、319 側に酸化イットリウム皮膜 710 を形成する場合には、酸化イットリウム皮膜形成工程におけるパワー半導体モジュール 302 機械的な損傷を防止することができる。

(実施形態6)

上記各実施形態では、パワー半導体モジュール302を多数のフィン305を有する放熱部307A、307Bにより冷却する構造であった。しかし、他の冷却器により冷却するようにすることもできる。

[0093] 図16は、本発明の実施形態6を示す図であり、冷却器を備えたパワーモジュール300の断面図である。

[0094] パワー半導体モジュール302は、実施形態5に示した構造と同一である。絶縁層700はフィラー含有樹脂が含浸された酸化イットリウム皮膜710と、この酸化イットリウム皮膜710上に形成された絶縁膜720を含んでおり、絶縁膜720に、冷却器380が密着して配置されている。冷却器380内には、冷媒流路381が形成されていて、ここを冷媒が流れることにより、パワー半導体モジュール302が冷却される。

[0095] 他の構成は、実施形態5と同様であり、対応する構成に同一の符号を付して説明を省略する。

[0096] なお、図16では、パワー半導体モジュール302の片面のみに冷却器380を配置した構造として例示した。しかし、冷却器380は、パワー半導体モジュール302の両面に配置する構造とすることもできる。

[0097] また、実施形態1～5に示したパワーモジュール300においても、パワー半導体モジュール302を冷却する放熱部307A、307Bに代えて、図16に図示された冷却器380を用いることもできる。

符号の説明

- [0098] 300 パワーモジュール
302 パワー半導体モジュール
304 モジュールケース（放熱用部材）
304A 薄肉部
304a 凹部
304b 段部
305 フィン

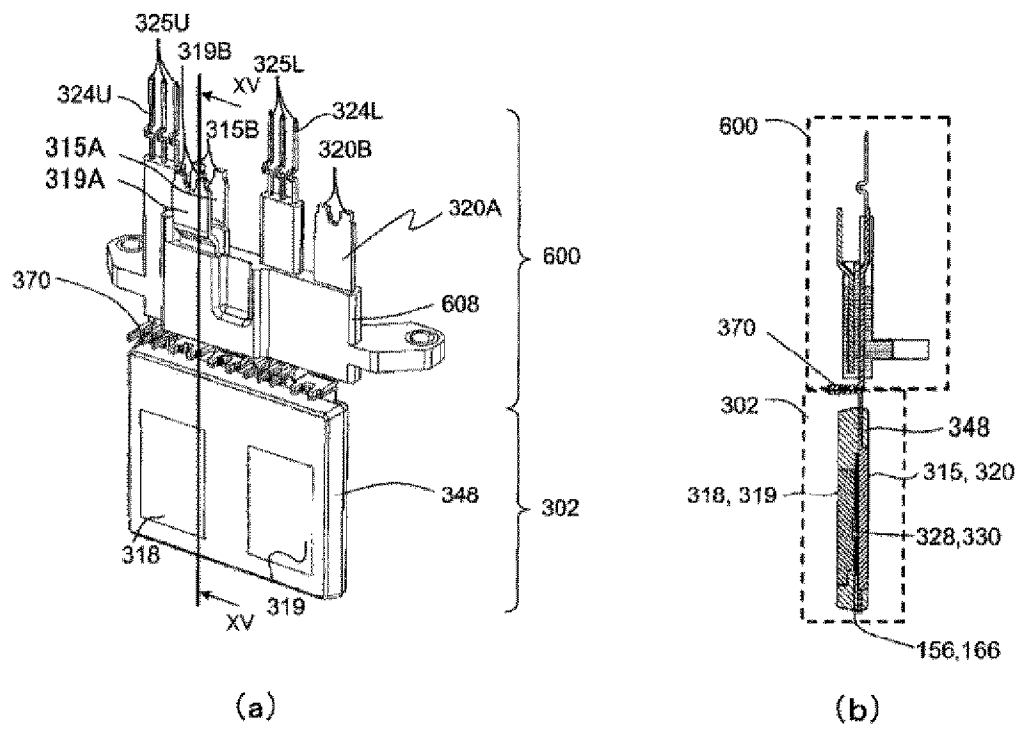
307	ベース板
307A、307B	放熱部
315、318、319、320	導体板
348	一次封止樹脂（樹脂封止部）
348a	段部
348b	凹部
351	二次封止樹脂
352	保護フィルム
380	冷却器
381	冷媒流路
700	絶縁層
710	酸化イットリウム皮膜
710A	第1の酸化イットリウム皮膜
710B	第2の酸化イットリウム皮膜
711、711a、711b	溶射素材
712、712a、712b	空孔
720	絶縁膜
720A	絶縁シート
721	樹脂
722	フィラー
730	樹脂層
740	フィラー含有樹脂層

請求の範囲

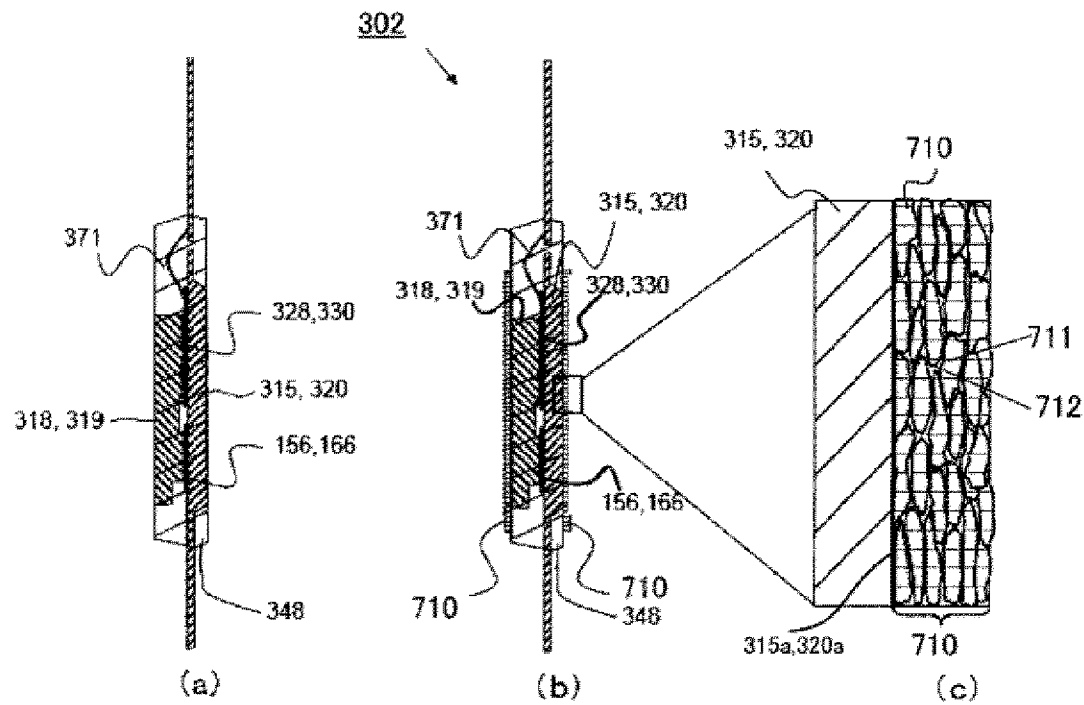
- [請求項1] 半導体素子と、
 一面に前記半導体素子が搭載された導体板と、
 前記導体板の側面部を覆い、前記一面に対向する他面の少なくとも一部を露出する樹脂封止部と、前記樹脂封止部の一面及び前記導体板の前記樹脂封止部から露出した前記他面の一部に設けられた酸化イットリウム皮膜と、
 前記酸化イットリウム皮膜に設けられた絶縁膜と、を備え、
 前記酸化イットリウム皮膜が、立方晶と単斜晶からなる酸化イットリウム結晶における単斜晶の割合が7%以下であり、波長750nmの拡散反射率が80%以下であることを特徴とするパワー半導体モジュール。
- [請求項2] 請求項1において、前記絶縁膜は、熱伝導性フィラーを含有する樹脂で構成され、前記酸化イットリウム皮膜の空孔内には、前記熱伝導性フィラーが含有された樹脂が含浸されていることを特徴とするパワー半導体モジュール。
- [請求項3] 請求項2において、前記熱伝導性フィラー含有樹脂が含浸された前記酸化イットリウム膜の熱伝導率が、5W/(mK)以上であることを特徴とするパワー半導体モジュール。
- [請求項4] 請求項1において、前記酸化イットリウム皮膜の空孔率が5～15%であることを特徴とするパワー半導体モジュール。
- [請求項5] 請求項1において、前記酸化イットリウム皮膜の表面粗さが、最大値が15μm以下であることを特徴とするパワー半導体モジュール。
- [請求項6] 請求項1において、前記酸化イットリウム皮膜は、溶射で形成されることを特徴とするパワー半導体モジュール。
- [請求項7] 請求項1において、前記酸化イットリウム皮膜および前記絶縁膜の周囲に応力緩和用樹脂層が配置されていることを特徴とするパワー半導体モジュール。

[請求項8] 請求項1乃至7のいずれかに記載のパワー半導体モジュールと、放熱用部材とを備え、前記放熱用部材は、前記酸化イットリウム皮膜を介して前記パワー半導体モジュールに配置されていることを特徴とするパワーモジュール。

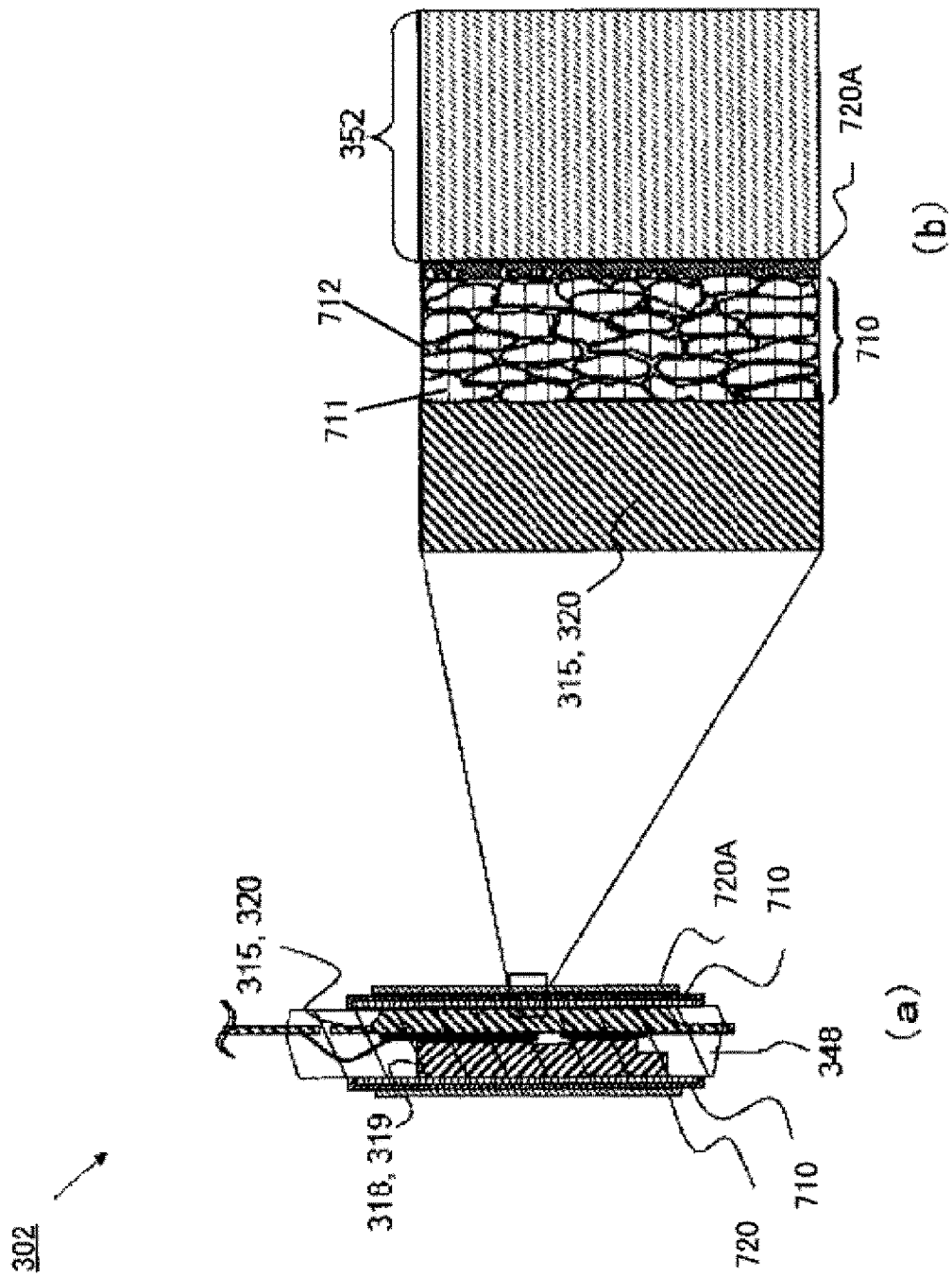
[図1]



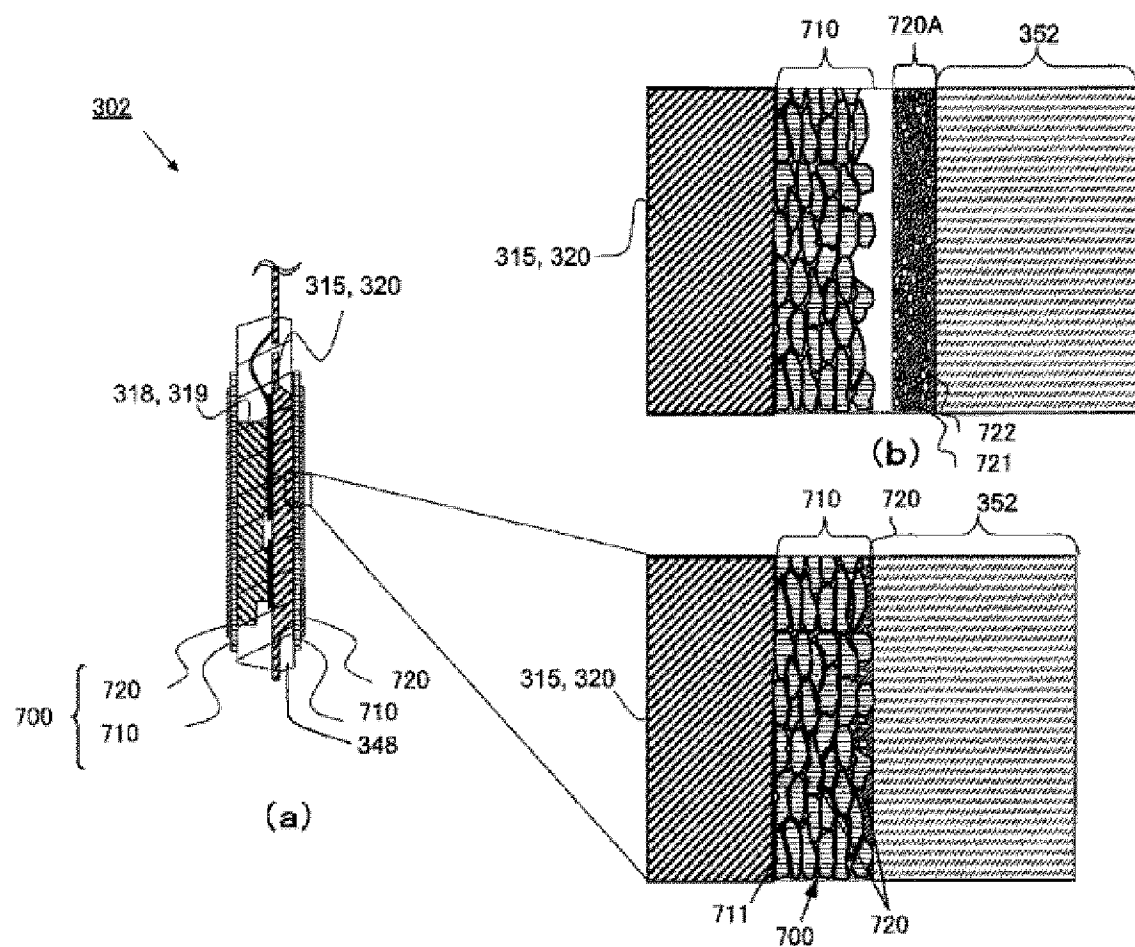
[図2]



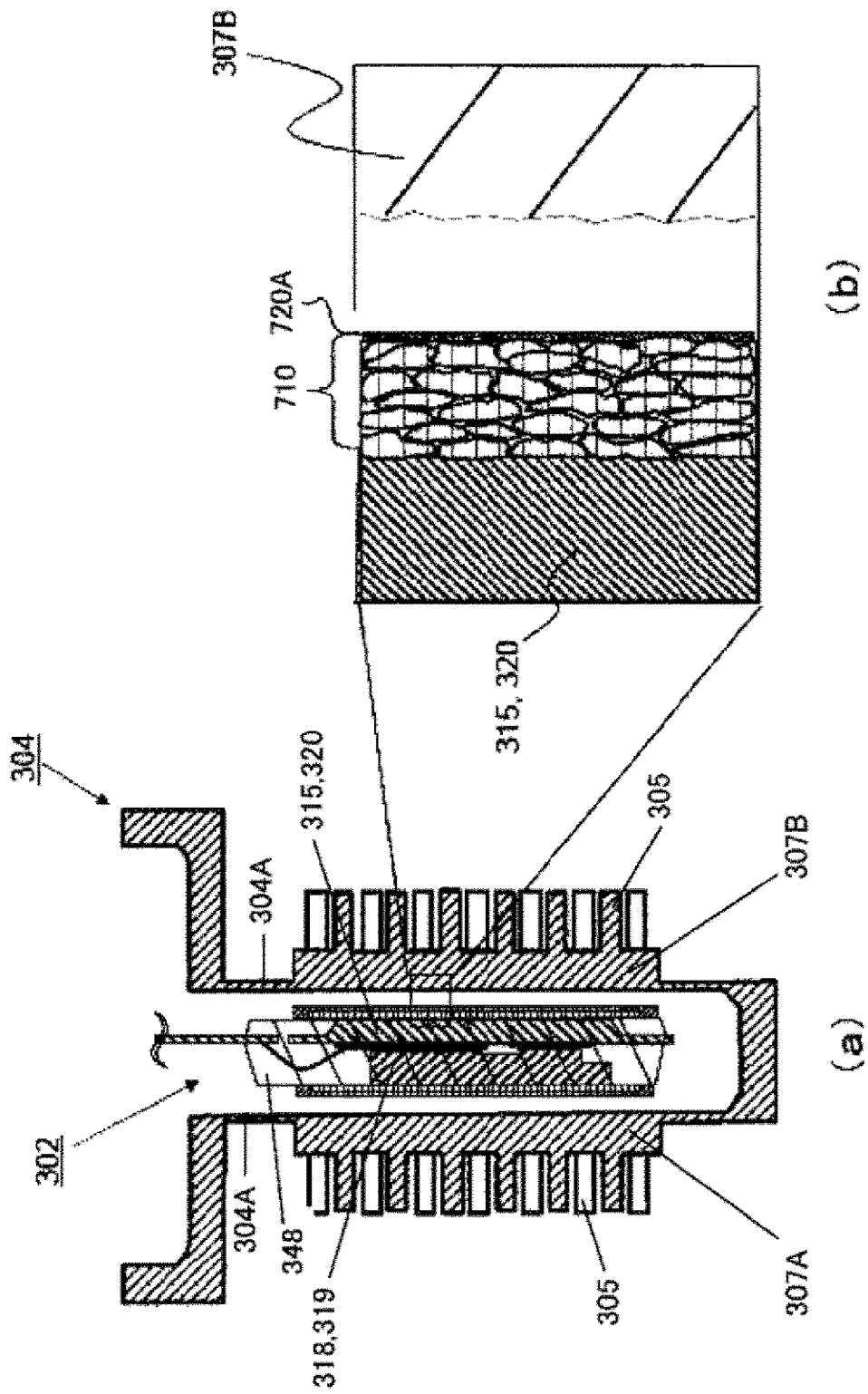
[図3]



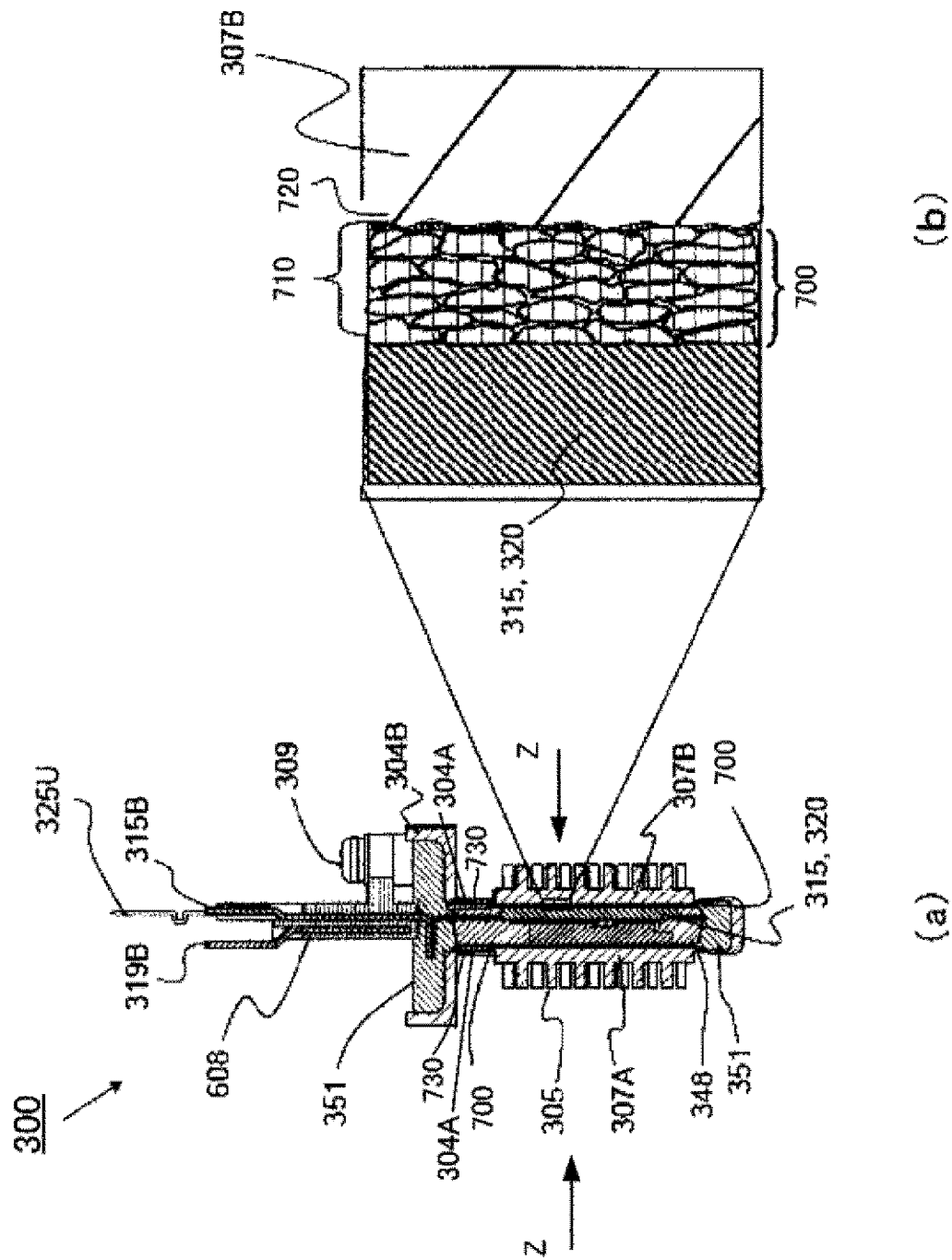
[図4]



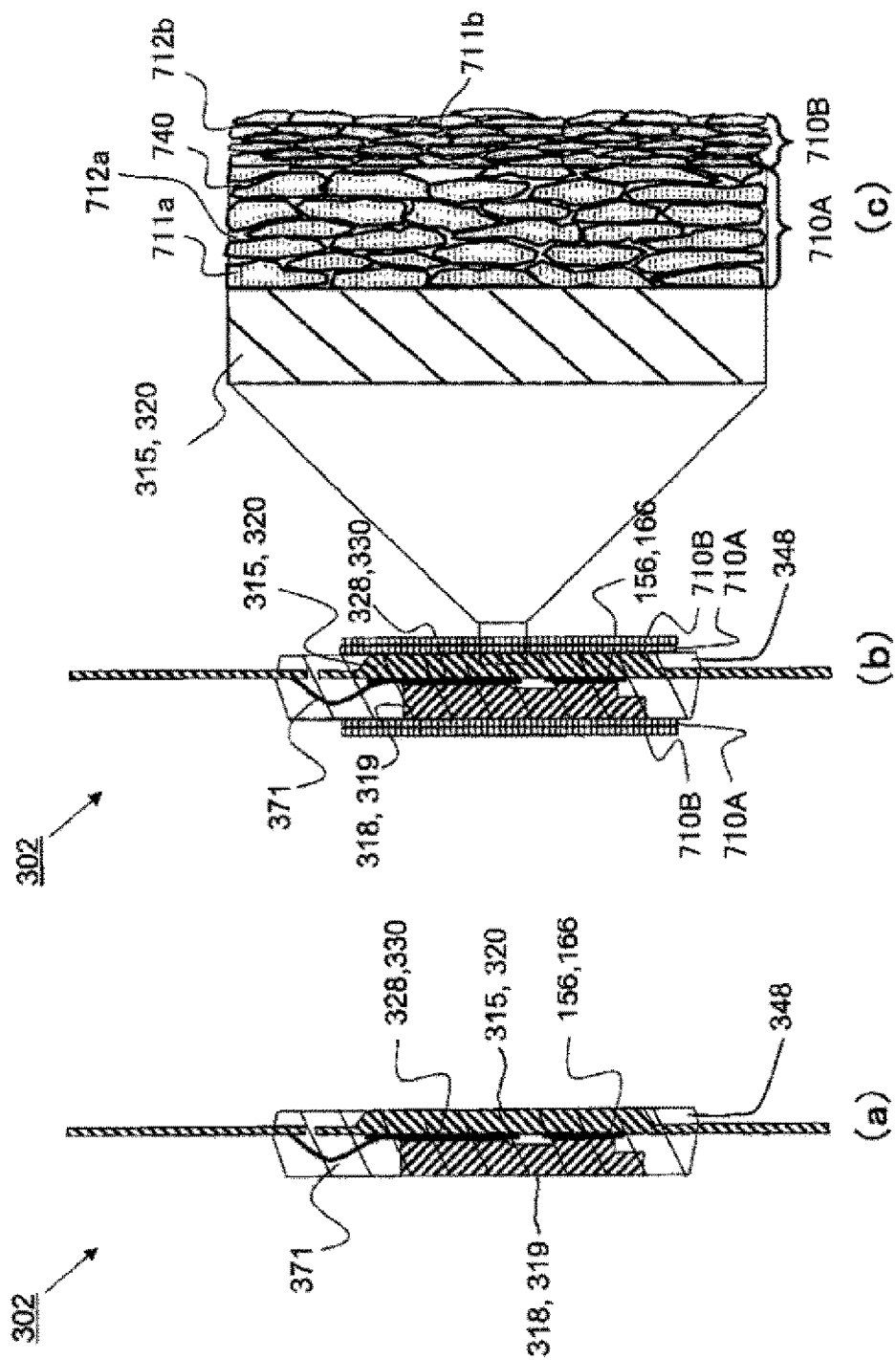
[図5]



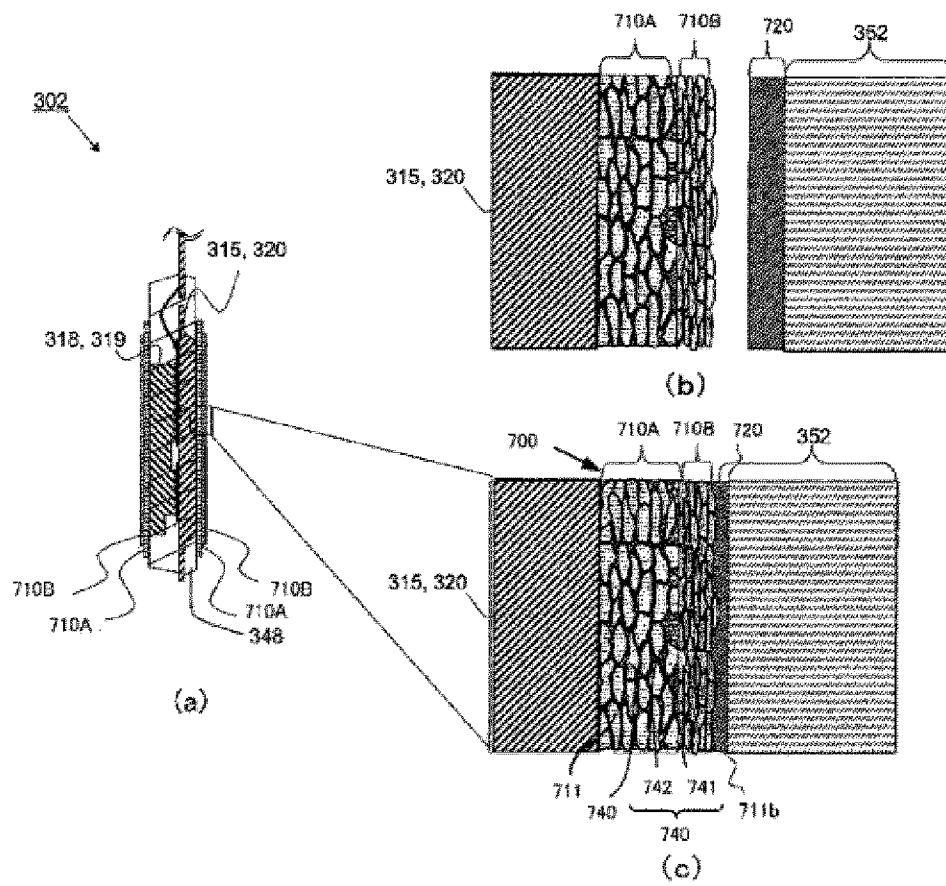
[図6]



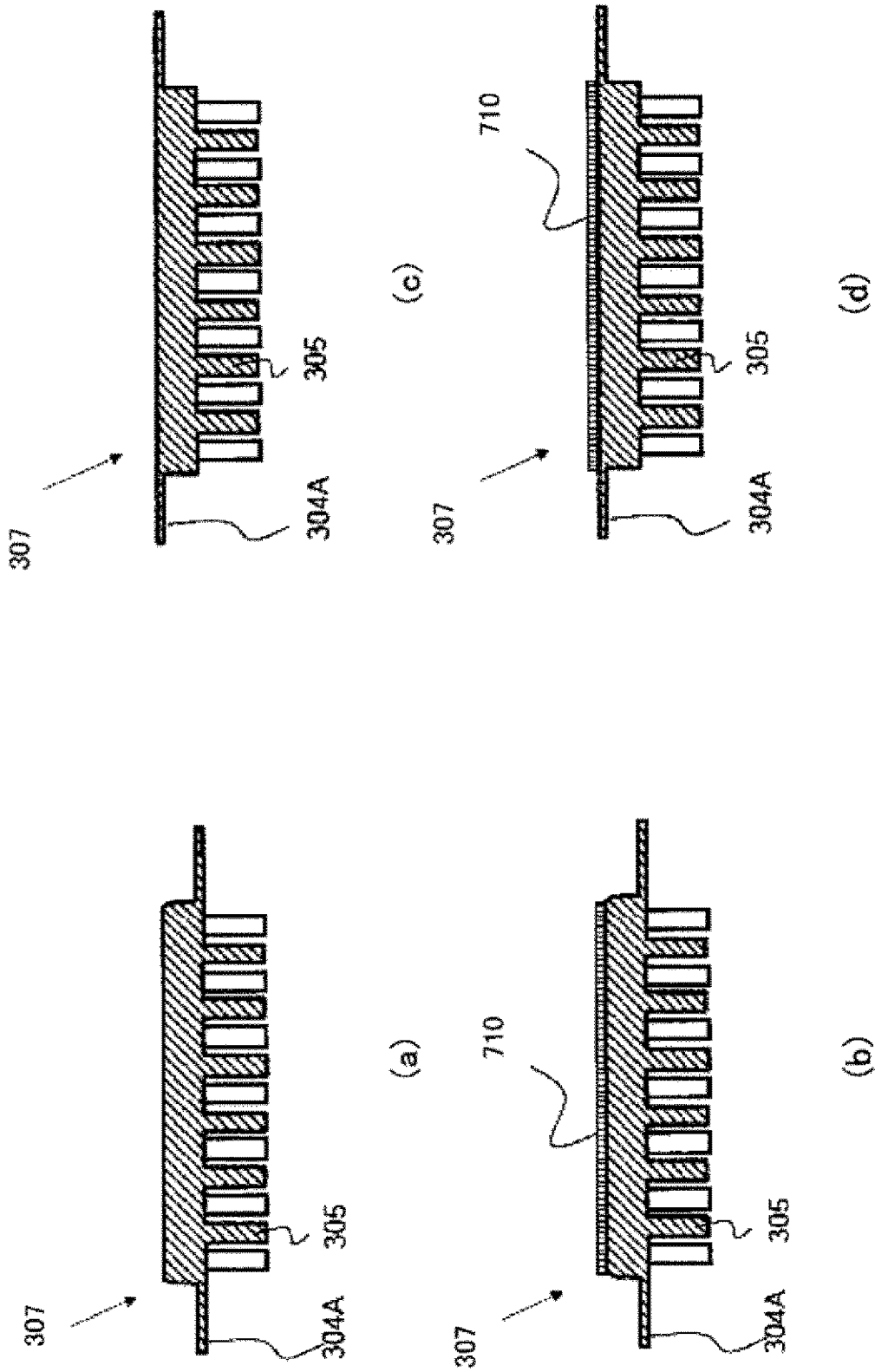
[図7]



[図8]



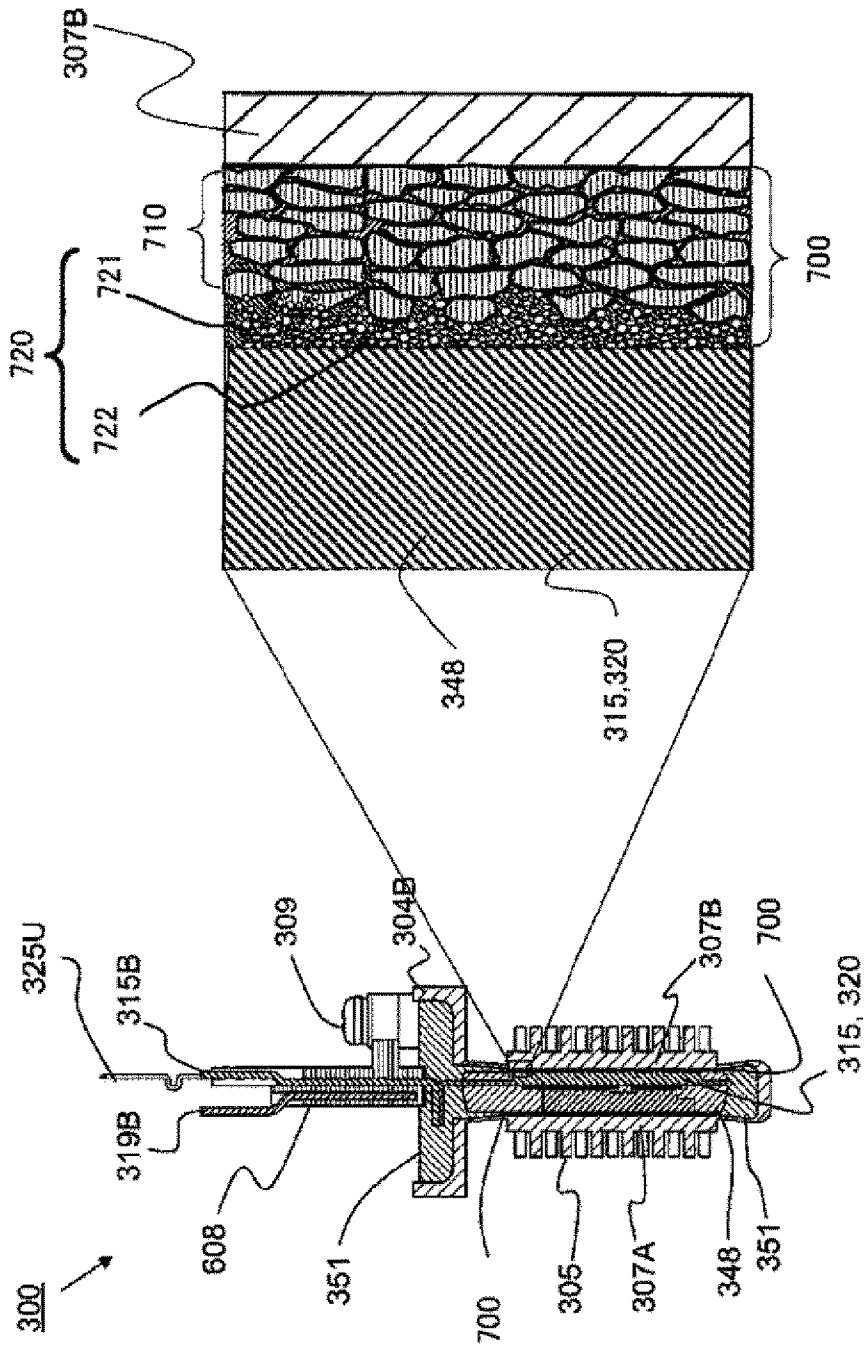
[図9]



(a)

(b)

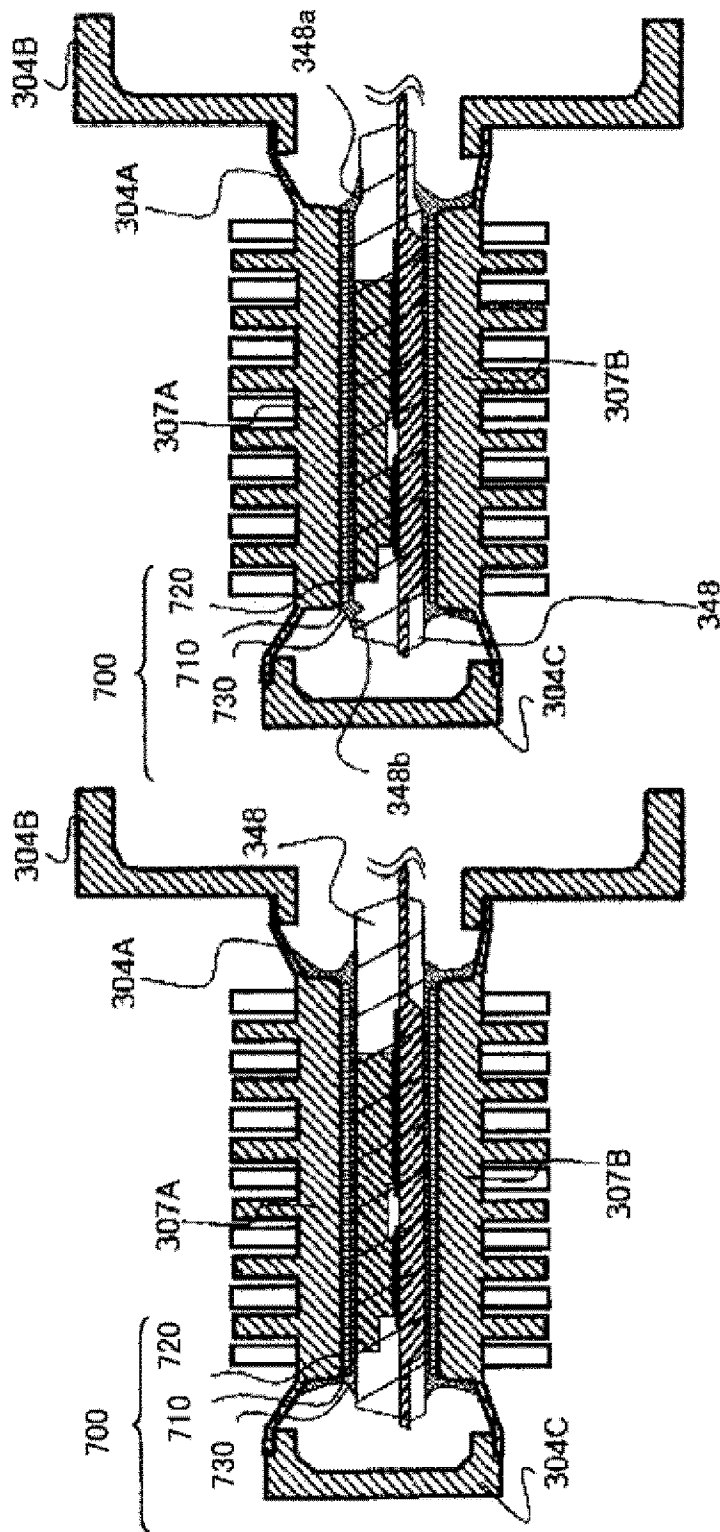
[図12]



(b)

(a)

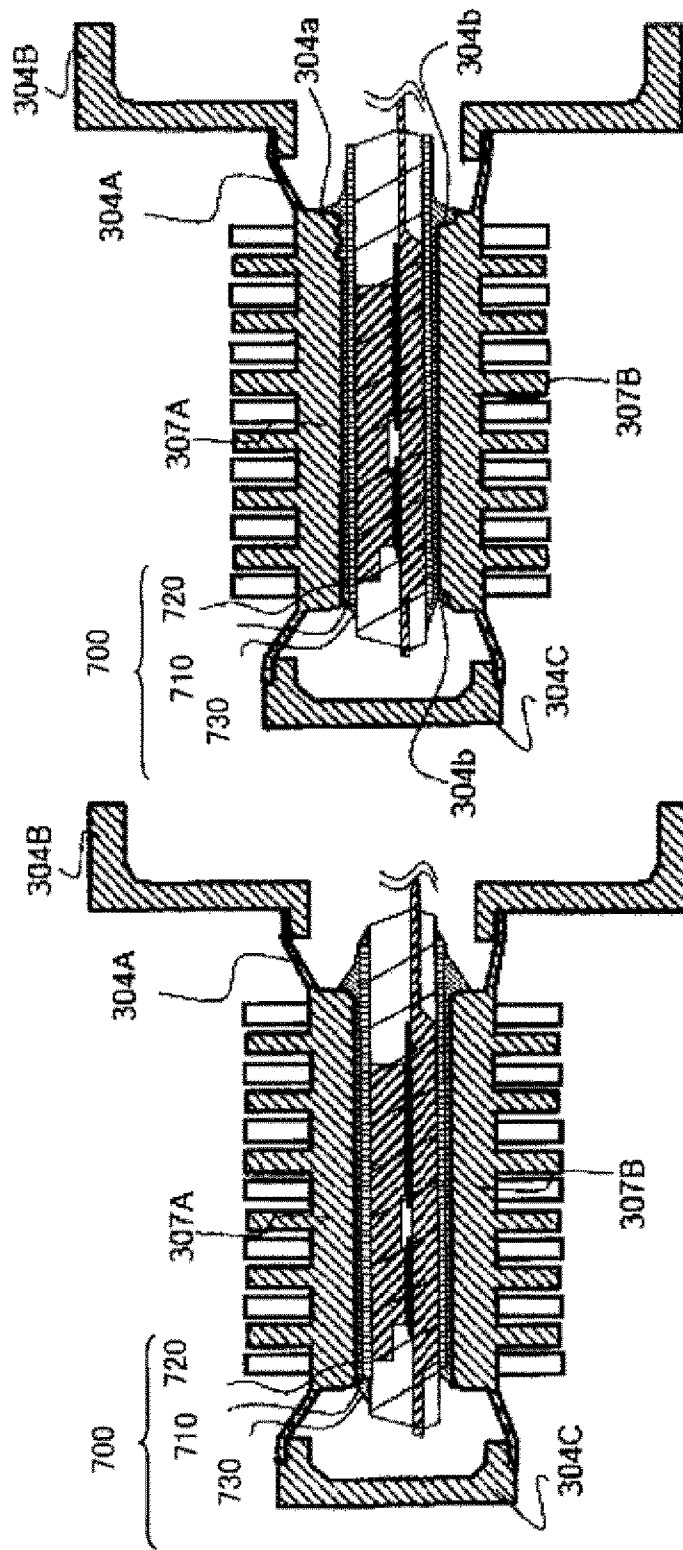
[図13]



(b)

(a)

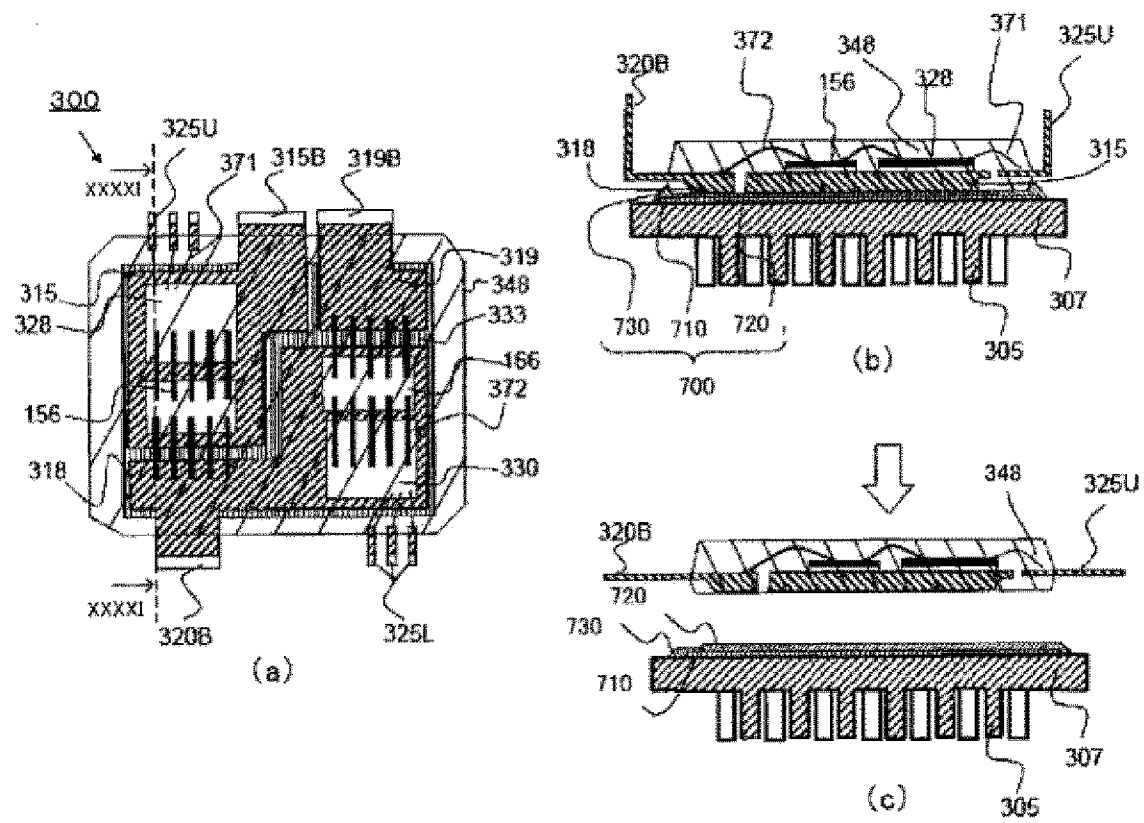
[図14]



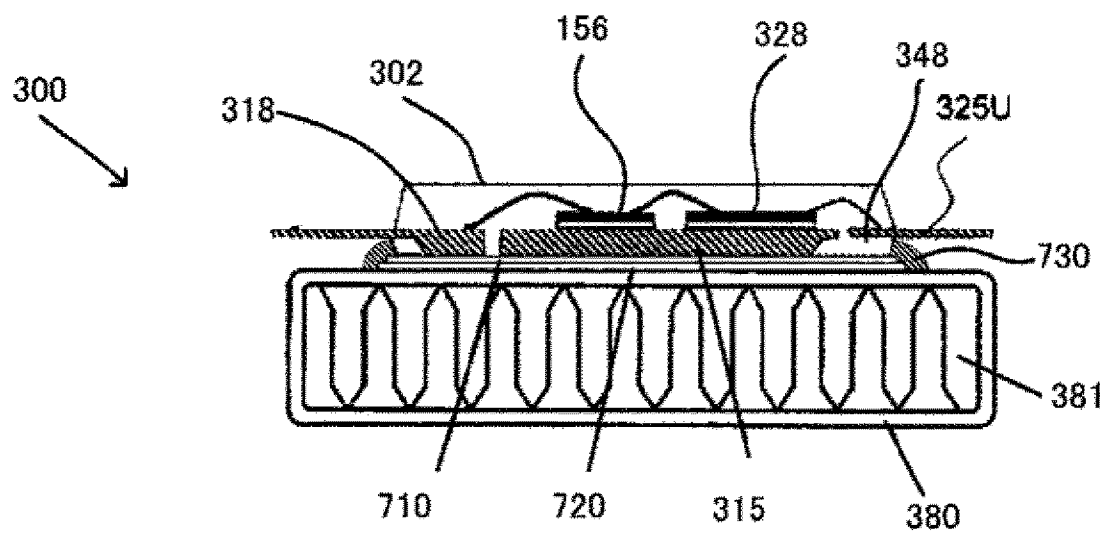
(b)

(a)

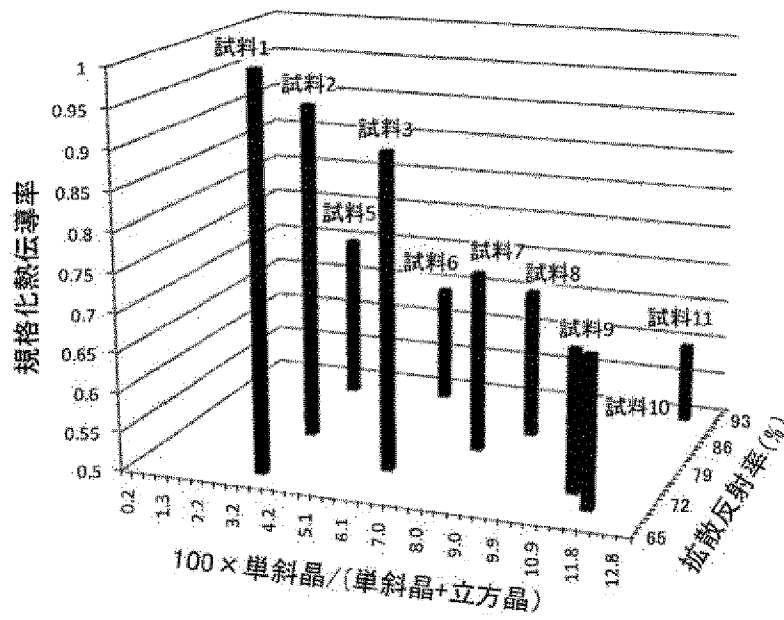
[図15]



[図16]



[図17]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/063704

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER H01L23/36(2006.01)i, C04B35/50(2006.01)i, C23C4/10(2006.01)i, C23C4/18(2006.01)i, H01L23/29(2006.01)i, H01L23/373(2006.01)i, H01L25/07(2006.01)i, H01L25/18(2006.01)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) H01L23/36, C04B35/50, C23C4/10, C23C4/18, H01L23/29, H01L23/373, H01L25/07, H01L25/18 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2015 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2015 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2015 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.
A	JP 2013-143439 A (Hitachi Automotive Systems, Ltd.), 22 July 2013 (22.07.2013), paragraphs [0118] to [0138]; fig. 28 to 32 & WO 2013/105332 A1	1-8
A	WO 2007/013184 A1 (Tocalo Co., Ltd.), 01 February 2007 (01.02.2007), page 2, lines 18 to 23; page 3, line 25 to page 4, line 6; page 7, lines 21 to 26; page 8, line 10 to page 9, line 6; page 10, line 19 to page 11, line 4 (Family: none)	1-8
☒ 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 27 July 2015 (27.07.15)		Date of mailing of the international search report 04 August 2015 (04.08.15)
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/063704

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2007-217779 A (Tocalo Co., Ltd.), 30 August 2007 (30.08.2007), paragraphs [0039] to [0041] (Family: none)	1-8
A	JP 2005-256098 A (Tocalo Co., Ltd.), 22 September 2005 (22.09.2005), paragraphs [0016], [0017] (Family: none)	1-8

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. H01L23/36(2006.01)i, C04B35/50(2006.01)i, C23C4/10(2006.01)i, C23C4/18(2006.01)i, H01L23/29(2006.01)i, H01L23/373(2006.01)i, H01L25/07(2006.01)i, H01L25/18(2006.01)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（I P C）） Int.Cl. H01L23/36, C04B35/50, C23C4/10, C23C4/18, H01L23/29, H01L23/373, H01L25/07, H01L25/18			
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 1 9 2 2 - 1 9 9 6 年 日本国公開実用新案公報 1 9 7 1 - 2 0 1 5 年 日本国実用新案登録公報 1 9 9 6 - 2 0 1 5 年 日本国登録実用新案公報 1 9 9 4 - 2 0 1 5 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	
A	JP 2013-143439 A（日立オートモティブシステムズ株式会社） 2013.07.22, [0118]-[0138], 図 28-32 & WO 2013/105332 A1	1-8	
A	WO 2007/013184 A1（トーカロ株式会社）2007.02.01, 第2頁第18行-第23行、第3頁第25行-第4頁第6行、第7頁第21-26行、第8頁第10行-第9頁第6行、第10頁第19行-第11頁第4行（ファミリーなし）	1-8	
☒ 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 2 7 . 0 7 . 2 0 1 5		国際調査報告の発送日 0 4 . 0 8 . 2 0 1 5	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（I S A / J P） 郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5 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） 麻川 倫広 電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 5 5 1	5 D 4 4 4 8

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
A	JP 2007-217779 A (トーカロ株式会社) 2007.08.30, [0039]-[0041] (ファミリーなし)	1-8
A	JP 2005-256098 A (トーカロ株式会社) 2005.09.22, [0016], [0017] (ファミリーなし)	1-8