(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
2015 年 10 月 8 日(08.10.2015)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2015/151235 A1

(51) 国際特許分類:
H01L 23/28 (2006.01) *H01L 25/18* (2006.01)
H01L 25/07 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2014/059679

(22) 国際出願日: 2014 年 4 月 1 日(01.04.2014)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(71) 出願人: 富士電機株式会社(FUJI ELECTRIC CO., LTD.) [JP/JP]; 〒2109530 神奈川県川崎市川崎区田辺新田１番１号 Kanagawa (JP).

(72) 発明者: 仲村 秀世(NAKAMURA Hideyo); 〒2109530 神奈川県川崎市川崎区田辺新田１番１号 富士電機株式会社内 Kanagawa (JP).

(74) 代理人: 本多 一郎(HONDA Ichiro); 〒1050001 東京都港区虎ノ門一丁目１４番１号 郵政福祉琴平ビル６階 本多国際特許事務所 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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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, 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).

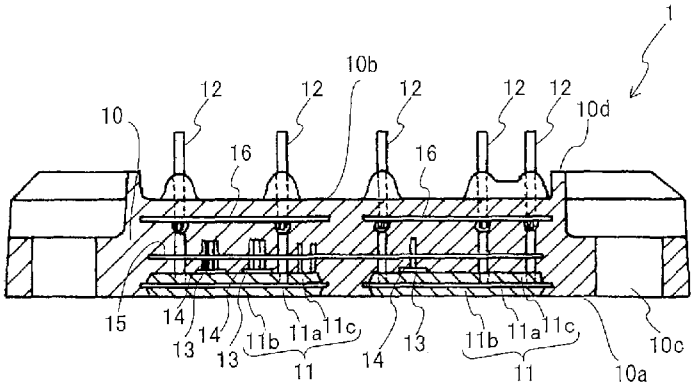
添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

(54) **Title**: SEMICONDUCTOR DEVICE

(54) 発明の名称 : 半導体装置

[図2]



(57) **Abstract**: This semiconductor device is provided with: an insulating substrate having an insulating board configured from a ceramic, and a circuit board on a main surface of the insulating board; a semiconductor element fixed on the circuit board; a printed board that is provided to face the main surface of the insulating board; a ceramic board, which faces the main surface of the insulating board, and which is provided further from the main surface of the insulating board than the printed board; a supporting member, which is fixed on the main surface of the insulating board or on the circuit board, and which fixes the position of the ceramic board; and a resin with which the circuit board, the semiconductor element, the printed board, and the ceramic board are covered.

(57) 要約: 本発明の半導体装置は、セラミックスで構成された絶縁板及び該絶縁板の主面に回路板を有する絶縁基板と、該回路板に固定された半導体素子と、該絶縁板の主面に対向して設けられたプリント基板と、該絶縁板の主面に対向し、該プリント基板よりも該絶縁板の主面から離れて設けられたセラミックス板と、該絶縁板の主面もしくは該回路板に固定され、該セラミックス板の位置を固定する支持部材と、該回路板、該半導体素子、該プリント基板及び該セラミックス板を被覆する樹脂とを備える。

WO 2015/151235 A1

明　細　書

発明の名称 ： 半導体装置

技術分野

[0001] 本発明は、パワー半導体モジュール等の半導体装置に関する。

背景技術

[0002] 半導体素子が絶縁基板上に搭載されているパワー半導体モジュールにおいては、半導体素子の電極と絶縁基板の回路板とをボンディングワイヤにより電気的に接続されていた。近年、ボンディングワイヤの代わりに、導電ポストが用いられたパワー半導体モジュールが知られるようになった（特許文献１、特許文献２）。導電ポストが用いられたパワー半導体モジュールは、半導体素子の電極に導電ポストの一端部が取り付けられるとともに、絶縁基板の回路板にも別の導電ポストの一端部が取り付けられている。また、これらの導電ポストの他端部が、半導体素子が固定された絶縁基板に対向して設けられたプリント基板の配線膜に接続されている。このことにより半導体素子と絶縁基板の回路板とが電気的に接続されている。このような構成を備えるパワー半導体モジュールは、ボンディングワイヤを有するパワー半導体モジュールと比べて小型化が可能である。そして、配線のインダクタンスを小さくすることができ、高速スイッチングに対応できるという利点がある。

[0003] また、パワー半導体モジュールでは、半導体素子及び絶縁基板が収容された樹脂ケース内にシリコーンゲルが充填されて封止されていた。また近年では、トランスファーモールド成型された絶縁性の熱硬化性樹脂により、半導体素子及び絶縁基板が封止されたパワー半導体モジュールが知られている。このようにモールド成型された樹脂による封止では、樹脂によって内部の半導体素子やプリント基板等の各種部材を固定することができる。このため、パワー半導体モジュールの使用時におけるパワーサイクルに対する信頼性が高い。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開２０１２－１２９３３６号公報

特許文献2：国際公開第２０１３／１１８４１５号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、モールド成型された樹脂による封止構造を有するパワー半導体モジュールの外形が、絶縁基板が配置されている放熱面において、常温で凸状に反ってしまうという課題があった。この原因は、絶縁基板の一部であるセラミックス製の絶縁板の線膨脹係数と、封止樹脂の線膨脹係数とが異なるためである。すなわち、モールド成型時に金型内で平らになるように成型された樹脂が、モールド成型後に絶縁基板よりも大きく収縮するためと考えられる。

[0006] この反りの量が大きいと、パワー半導体モジュールの放熱面を、平坦な設備の取り付け面にねじ止めするとき、パワー半導体モジュールには、その放熱面を平らに矯正する方向に応力が加わる。このような応力は信頼性の観点から好ましくなかった。また、パワー半導体モジュールの放熱面を平らにする加工を追加で行った場合は、パワー半導体モジュールの取り付け時には上記の応力は加わらない。しかし、この場合でも、パワー半導体モジュールの運転中には、半導体素子の発熱の繰り返しによるパッケージの温度変化によって、パワー半導体モジュールの放熱面は繰り返し変形する。その結果、設備の取り付け面とパワー半導体モジュールの放熱面と間に、熱伝導を高めるために形成されたグリース状のコンパウンドを外部に押し出してしまう。このため、パワー半導体モジュールの長期間の使用中に十分な放熱性が得られなくなるおそれがあった。

[0007] モジュール放熱面の反りの対処として、樹脂に添加されるフィラー量を増やして封止樹脂の線膨張係数が小さくしたり、樹脂の厚さを増やして剛性を上げたりすることで、変形を小さくすることも考えられる。しかし、パワー半導体モジュールに用いられる樹脂は、フィラー量を増やしても絶縁基板の

セラミックス製の絶縁板と同じ線膨張係数にすることは困難である。また、樹脂を厚くすることは、パッケージの小型化に反するために限度がある。したがって、通常は、数十μｍ～１００μｍ程度の反りは発生していた。

[0008] また設備の取り付け面とパワー半導体モジュールの放熱面との間に、１００μｍ程度以上の厚さのコンパウンドや放熱シートを形成すれば、放熱面の反りによって生じる問題は、ある程度は改善される。しかし、コンパウンドや放熱シートが厚いと放熱性が低下する。小型化され、よって放熱面の放熱面積が小さくなっているパワー半導体モジュールは、コンパウンドや放熱シートの厚さを２５～５０μｍ程度まで薄くしなければ、放熱性が十分得られない。そのためボンディングワイヤを用いて作製された大型のパワー半導体モジュールと同等な半導体素子温度にできない場合もある。

[0009] 絶縁基板を、セラミックス製の絶縁板から樹脂製の絶縁板に変更することも考えられるが、樹脂製の絶縁板は、セラミックス製の絶縁板に比べて絶縁性能が低下してしまう。又は熱抵抗の上昇が数倍となる。

[0010] 本発明はこのような実情に鑑みてなされたものであって、その目的は、絶縁基板を備え、小型でモールド成型された樹脂による封止構造を有する半導体装置の反りや熱変形を抑え、ひいては取り付けられた半導体装置の信頼性を上げ、コンパウンドの押し出しを抑え、またコンパウンドを薄くして冷却系全体の熱抵抗を下げることができる半導体装置を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0011] 前記の目的を達成するために、本発明の半導体装置は、セラミックスで構成された絶縁板及び該絶縁板の主面に固定された回路板を有する絶縁基板と、該回路板に固定された半導体素子と、該絶縁板の主面に対向して設けられたプリント基板と、該絶縁板の主面に対向し、該プリント基板よりも該絶縁板の主面から離れて設けられたセラミックス板と、該絶縁板の主面もしくは該回路板に固定され、該セラミックス板の位置を固定する支持部材と、該回路板、該半導体素子、該プリント基板及び該セラミックス板を被覆する樹脂とを備えることを特徴とする。

発明の効果

[0012] この発明によれば、絶縁基板の絶縁板の主面に対向し、プリント基板よりも絶縁板の主面から離れて設けられたセラミックス板を備えることから、パワー半導体モジュールの放熱面の反りや熱変形を抑えることでき、ひいては半導体装置の信頼性を上げ、冷却系全体の熱抵抗を下げることができる。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]図１は、本発明の半導体装置の一実施形態であるパワー半導体モジュールの斜視図である。

[図2]図２は、図１に示したパワー半導体モジュールのII－II線視断面図である。

[図3]図３は、本発明の一実施形態のパワー半導体モジュールにおける内部の部材を示す斜視図である。

[図4]図４は、外部接続端子の例の説明図である。

[図5]図５は、本発明の別の実施形態のパワー半導体モジュールにおける内部の部材を示す斜視図である。

[図6]図６は、本発明の別の実施形態のパワー半導体モジュールにおける内部の部材を示す斜視図である。

[図7]図７は、実施例１～３及び比較例のパワー半導体モジュールの模式的な断面図である。

[図8]図８は、実施例４～６のパワー半導体モジュールの模式的な断面図である。

[図9]図９は、実施例１～６及び比較例のパワー半導体モジュールにおけるセラミックス板の位置と反りの量との関係を示すグラフである。

[図10]図１０は、従来のパワー半導体モジュールの断面図である。

発明を実施するための形態

[0014] 本発明の半導体装置の実施形態を、図面を用いて具体的に説明する。

図１は、本発明の半導体装置の一実施形態であるパワー半導体モジュール１の斜視図である。図１（ａ）はパワー半導体モジュール１の外部接続端子

１２が突出した側を見た斜視図であり、図１（ｂ）は放熱面側を見た斜視図である。図示したパワー半導体モジュール１は略直方体であり、樹脂１０の第１面（放熱面）１０ａに、２個の絶縁基板１１が、その金属板１１ｂが露出するように設けられている。樹脂１０の第１面１０ａには、熱拡散用の銅板を別途に備えていないので、パワー半導体モジュール１は軽量安価なものである。

[0015] また樹脂１０の第１面１０ａと略平行であり、向かい合う位置に配置された第２面１０ｂには、複数の外部接続端子１２の一部が樹脂１０内から突き出るように設けられている。図示した例は、２ｉｎ１のパワー半導体モジュールを示している。

[0016] パワー半導体モジュール１の長手方向両端部には、このモジュールを設備の取り付け面にねじ止めするためのねじ孔１０ｃが形成されている。またこのねじ孔に対して、沿面距離を十分に確保するための好適な形状として、パワー半導体モジュール１の第２面１０ｂには、ねじ孔１０ｃの周囲に絶縁壁１０ｄが形成されている。

[0017] 図２に、パワー半導体モジュール１のII－II線視断面図を示す。樹脂１０の第１面１０ａと略同一平面上に絶縁基板１１が設けられている。絶縁基板１１は、セラミックスで構成された絶縁板１１ａと、金属板１１ｂと、回路板１１ｃからなる。回路板１１ｃは絶縁板１１ａの主面に固定されている。金属板１１ｂは絶縁板１１ａの主面とは反対側の面に固定され、樹脂１０の第１面１０ａから露出している。

絶縁板１１ａは、Al_2O_3やＡｌＮ、Si_3N_4などの比較的熱伝導率の高いセラミックスで構成される。

[0018] 絶縁基板１１は、絶縁板１１ａと、金属板１１ｂ及び回路板１１ｃの材料である銅板とをロウ付けし、エッチングによって銅板をパターニングした、ＡＭＢ（Active Metal Brazed copper）基板を用いることができる。また絶縁基板１１は、絶縁板１１ａと、金属板１１ｂ、回路板１１ｃを構成する銅板との直接接合によるＤＣＢ（Direct Copper Bond）基板であってもよい。

絶縁基板１１の金属板１１ｂ、回路板１１ｃの厚さは、熱拡散性や端子整合性を考慮して０．５ｍｍ以上であることが望ましい。ＡＭＢ基板において銅板を厚くする手段としては、厚い銅板を直接絶縁板１１ａに接合してからエッチングしても良い。また、まず薄い銅板を絶縁板１１ａに接合してエッチングした後、拡散接合や焼結などによって銅ブロックを貼り合わせてもよい。

[0019] 絶縁板１１ａの主面に配置された回路板１１ｃに、半導体素子１３がはんだ等の導電性の接合材（図示せず）により固定されている。半導体素子１３はＩＧＢＴ（絶縁ゲートバイポーラトランジスタ）やパワーＭＯＳＦＥＴといったスイッチング素子、又はＦＷＤ（還流ダイオード）といったダイオードである。このようなスイッチング素子とダイオードとの組み合わせにより、いわゆる２ｉｎ１のパワー半導体モジュールが構成されている。図２に表れないが、回路板１１ｃには、半導体素子１３の背後にも複数のスイッチング素子又はダイオードが搭載されている。

[0020] 絶縁板１１ａの主面に配置された回路板１１ｃに、外部接続端子１２がはんだ等の導電性の接合材（図示せず）により固定されている。外部接続端子１２には、外部からの引き抜き力に対する強度を増すために、表面の一部に凸部及び／又は凹部を形成させ、樹脂１０に対するアンカー効果を生じさせることが好ましい。外部接続端子１２や半導体素子１３を回路板１１ｃに固定するための接合材は、金属焼結材などであってもよく、はんだに限定されない。

[0021] 半導体素子１３の、回路板１１ｃとの接合面と反対側の面に設けられた電極上に、導電ポスト１４の一端がはんだ等の接合材により固定されて、電気的に接続している。また、回路板１１ｃに、別の導電ポスト１４の一端がはんだ等の接合材により固定されて、電気的に接続している。これらの導電ポストの他端部は、後述するプリント基板１５の配線膜と電気的かつ機械的に接続される。導電ポスト１４は導電性の材料、例えば銅からなる。導電ポスト１４は、半導体素子１３の一つの電極当たり複数個を設けることが、一個

の場合よりも大電流を流すことができるために好ましい。

[0022] 回路板１１ｃが固定された絶縁板１１ａの主面に対向して、プリント基板１５が設けられている。このプリント基板１５の配線膜に、上述した導電ポスト１４の他端部が、はんだ等の接合材により固定され、電気的に接続している。導電ポスト１４及びプリント基板１５による配線は、従来のボンディングワイヤの代わりに用いられている。このため本実施形態のパワー半導体モジュール１は、従来のワイヤボンディングを用いたモジュールと比べて、小型化が可能である。さらに、従来よりも配線のインダクタンスを小さくすることができるため、高速スイッチングに対応できる。

[0023] 導電ポスト１４は、プリント基板１５のスルーホールに貫通した状態で、はんだ付け又はポスト表面の再溶融などによってプリント基板と電気的かつ機械的に接続される。このため、パワー半導体モジュール１の組み立て前に、導電ポスト付きのプリント基板の構成としておくのが好ましい。また、プリント基板１５は、一般的に入手可能である、厚さ数十μｍ～１００μｍ程度の配線膜が形成された基板であれば特に限定されない。もっとも、接合時の温度や出荷後の高温使用、成型時の温度や成型性を考慮して、ポリイミド樹脂のフレキシブルプリント基板（ＦＰＣ）等の、高耐熱性を有し絶縁部が薄い材料が望ましい。

[0024] 回路板１１ｃが固定された絶縁板１１ａの主面に対向し、プリント基板１５よりも絶縁板１１ａの主面とは離れた位置に、セラミックス板１６が設けられている。

また回路板１１ｃ、半導体素子１３、プリント基板１５及びセラミックス板１６を被覆する樹脂１０が配置されている。樹脂１０は前述のように絶縁基板１１と略同一平面である第１面１０ａと、それと略平行である第２面１０ｂを有する。樹脂１０はエポキシ樹脂、ポリイミド樹脂、シリコーン樹脂、フェノール樹脂およびアミノ樹脂などにより構成された熱硬化性樹脂を用いることができる。

そしてセラミックス板１６が、樹脂１０の第２面１０ｂの近くに設けられ

ることにより、樹脂１０の第１面１０ａ部分における線膨張係数と、第２面１０ｂ部分における線膨張係数とを同程度とすることができる。よって、パワー半導体モジュール１の製造時において、モールド成型した後に樹脂１０が熱収縮するとき、第１面１０ａ部分と第２面１０ｂ部分と熱収縮量が同等になるから、第１面１０ａが曲面状に反ることを抑制することができる。よって、平坦な設備の取り付け面にパワー半導体モジュール１をねじ止めしても、反りを矯正するような応力が低減されるので、パワー半導体モジュール１は信頼性が高い。

[0025] また、パワー半導体モジュール１の使用時に半導体素子１３の発熱が繰り返されても、第１面１０ａ部分と第２面１０ｂ部分とで熱膨張量、熱収縮量が同程度であるから、モジュール内部にパワーサイクルによる応力が加わることを抑制できる。すなわち、樹脂１０の熱変形が抑制できることから、この点でもパワー半導体モジュール１は信頼性が高い。さらに、設備の取り付け面とパワー半導体モジュール１の間に設けられるコンパウンドが、使用中に熱変形により押し出されることも抑制できるので、この点でも信頼性が高い。

[0026] このようにパワー半導体モジュール１は、製造後においても使用中においても、樹脂１０の第１面１０ａの反りを抑制できることから、第１面１０ａを削る加工をする必要がない。また、樹脂１０についてのフィラー添加の有無やフィラー添加量等の制約がなく、より適切な樹脂を選択することができる。また、反り防止のために樹脂１０を厚くして剛性を高める必要がないから、樹脂１０の小型化が妨げられない。更に、コンパウンドや放熱シートの厚さを薄くすることができるため、パワー半導体モジュール１を取り付けたときの放熱性を高めることができる。

また、セラミックス板１６を用いて反りを解消していることから、絶縁基板１１の絶縁板１１ａを樹脂製の絶縁板に変更する必要がない。このため、樹脂製の絶縁板を用いた場合に生じる絶縁抵抗の低下や熱抵抗の上昇を招かない。

[0027] セラミックス板１６の材料は、特に限定されず、セラミックス板１６の線膨張係数が、樹脂１０に比べて、絶縁板１１ａの材料に近く、曲げや応力に強い材料であれば、特に支障はない。また、絶縁板１１ａの材料と同じであることが、線膨張係数が同じであるために、より好ましい。また、後述するように本実施形態においては、セラミックス板１６が外部接続端子１２により支持又は固定されているので、セラミックス板１６は、絶縁性を有することが好ましい。更に、セラミックス板１６は、セラミックス単体であってもよいし、一方の表面又は両面に導電性層があるＡＭＢ基板やＤＢＣ基板であってもよい。

[0028] 本実施形態におけるパワー半導体モジュール１の製造の際のモールド成型時において、樹脂流動にかかわらずセラミックス板１６の位置を保持する手段が必要となる。本実施形態では、上記手段として、外部接続端子１２を用いてセラミックス板１６の位置を保持している。すなわち、本実施形態においては、外部接続端子１２を、セラミックス板１６の位置を固定する支持部材として用いている。

[0029] 図３に、本実施形態のパワー半導体モジュール１の樹脂１０を除いた内部の部材を斜視図で示す。図３に示す本実施形態の例では、セラミックス板１６は、２個の絶縁基板１１のそれぞれに対応した２枚が設けられている。各セラミックス板１６は、略長方形の平面形状を有していて、大きさ及び厚さは、絶縁基板１１の絶縁板１１ａの大きさ及び厚さとほぼ同じである。各セラミックス板１６の周辺部には、外部接続端子１２の位置に応じた複数の貫通孔１６ａが形成されている。貫通孔１６ａの孔径は、外部接続端子１２を通し得る径である。

[0030] 本実施形態における、セラミックス板１６を固定する支持部材として機能する外部接続端子１２の例を図４に示す。図４（ａ）に示す外部接続端子１２Ａは、所定の位置に突起部１２Ａａを有している。この突起部１２Ａａは、図４（ｃ）に外部接続端子１２Ａの中心軸に垂直な断面の断面図を示すように、その断面で十字形状を有している。突起部１２Ａａにおける、外部接

続端子１２の直径方向の最大突出し長さは、セラミックス板１６に形成された貫通孔１６ａの直径よりも大きい。したがって、セラミックス板１６の貫通孔１６ａを、外部接続端子１２Ａの一端から通すと、セラミックス板１６は、外部接続端子１２Ａの突起部１２Ａａの位置で係止される。これにより、セラミックス板１６の位置を固定することができる。

本実施形態のように支持部材を絶縁基板１１に固定するのではなく、プリント基板１５に固定してセラミックス板１６の位置を固定することも考えられる。しかしながら、プリント基板１５は絶縁基板１１に比べて剛性が低いため、セラミックス板１６をしっかりと固定することができない。このためモールド成型で樹脂を金型に注入した際にセラミックス板１６が動いてしまい、セラミックス板１６の位置にバラつきが生じる恐れがある。一方本実施形態では、剛性の高い絶縁基板１１を用いてセラミックス板１６の位置を固定しているので上記の問題は発生せず、信頼性の高いパワー半導体モジュール１が安定して製造できる。また上述のように外部接続端子１２を支持部材として用いることにより、支持部材を別途用意する必要がないことから、製造コストを低減させることができる。

また支持部材として外部接続端子１２を用いるのではなく、図４に示した構造を有する専用の部材を用いることもできる。さらに、支持部材を回路板１１ｃに固定するのではなく、絶縁板１１ａの主面に固定することもできる。これらの場合は、支持部材を外部接続端子とは独立して配置することができるので、パワー半導体モジュール１の内部構造の自由度を高くすることができる。

[0031] 図４（ａ）及び（ｃ）に示した外部接続端子１２Ａの突起部１２Ａａは、例えば外部接続端子１２Ａの特定の位置に絞り加工を行うことにより形成することができる。また、別途に用意した係止部材を外部接続端子１２に固着することによって、突起部１２Ａａを形成することもできる。外部接続端子１２Ａの突起部１２Ａａは図４（ｃ）に示した十字形状の形状に限られない。中心軸に垂直な断面における突起部１２Ａａの形状は任意であり、要は直

径方向の最大突出し長さが、セラミックス板１６の貫通孔１６ａの直径よりも大きければよい。

[0032] 図４（ｂ）に示す外部接続端子１２Ｂは、外部接続端子１２の別の例である。この外部接続端子１２Ｂは、図４（ａ）に示す外部接続端子１２Ａとは、突起部１２Ｂａの形状が異なっている。外部接続端子１２Ｂの全長のうちの特定の位置に形成された突起部１２Ｂａは、その中心軸に垂直な断面で十字形状を有する。そして、突起部１２Ｂａにおける、外部接続端子１２の直径方向の最大突出し長さは、セラミックス板１６に形成された貫通孔１６ａの直径よりもわずかに大きい。具体的には、突起部１２Ｂａは、貫通孔１６ａに圧入することができる大きさ、又は貫通孔１６ａに対し押圧することにより貫通孔１６ａとの摩擦力でセラミックス板１６を係止可能な大きさである。したがって、セラミックス板１６の貫通孔１６ａを、外部接続端子１２Ｂの一端から通し、突起部１２Ｂａに圧入又は押圧することにより、セラミックス板１６は、外部接続端子１２Ｂの突起部１２Ｂａの位置で係止される。これにより、セラミックス板１６の位置を固定することができる。

[0033] 図４（ｂ）に示す外部接続端子１２Ｂは、粘性の高い樹脂を樹脂１０として用いる場合に、金型内での樹脂流動によりセラミックス板１６の位置変動が懸念される場合に有利に用いられる。

[0034] 外部接続端子１２Ｂの突起部１２Ｂａは、上述した外部接続端子１２Ａの突起部１２Ａａと同様に、外部接続端子１２Ｂの特定の位置で絞り加工を行うことで形成することができる。また、別途に用意した係止部材を外部接続端子１２に固着することによって、突起部１２Ｂａを形成することもできる。外部接続端子１２Ｂの突起部１２Ｂａは十字形状の形状に限られない。中心軸に垂直な断面における突起部１２Ｂａの形状は任意であり、要は直径方向の最大突出し長さが、貫通孔１６ａの直径よりもわずかに大きく、貫通孔１６ａに圧入可能な大きさ又は押圧により摩擦力を生じさせる大きさであればよい。

[0035] 外部接続端子１２、１２Ａ、１２Ｂは、電気抵抗を下げるために銅材を用

いることが好ましく、また必要に応じて更に導電性のめっきをすることができる。銅材は相対的に柔らかく塑性変形し得ることから、突起部１２Ａａ、１２Ｂａの絞り加工が容易である。また、貫通孔１６ａへの圧入又は押圧によりセラミックス板１６を係止させることも容易になる。

また、支持部材として外部接続端子１２以外の専用の部材を用いる場合には、銅材以外の材料を用いてもよい。この場合にも塑性変形しやすい材料を用いることが好ましい。

[0036] 支持部材（本実施形態では外部接続端子１２）によりセラミックス板１６を固定する位置は、樹脂１０の第１面１０ａから絶縁基板１１の絶縁板１１ａの厚み方向の中心までの距離に対する、樹脂１０の第２面１０ｂからセラミックス板１６の厚み方向の中心までの距離の比が、１～５の範囲内であることが好ましい。なぜなら、この数値範囲にすることにより樹脂１０の第１面１０ａ部分と第２面１０ｂ部分の線膨張係数を近づけることができ、反りを確実に抑制することができるからである。より好ましくは、上記の比が１～４の範囲内であり、更に好ましくは、上記の比がほぼ１である。上記の比が１であることは、樹脂１０の第１面１０ａから絶縁板１１ａまでの距離と、樹脂１０の第２面１０ｂからセラミックス板１６までの距離とが、おおよそ同じくらいであることを意味する。樹脂１０の第１面１０ａの反りを、より適切に抑えるためには、上記の比や、セラミックス板１６の材料、平面形状、平面的な大きさ、厚さ等のパラメータを適切に調整するのがよい。特に、絶縁板１１ａとセラミックス板１６とが同じ材料、同じ厚さ、同じ形状ではない場合は、上記パラメータを調整するのが好ましい。

[0037] 図１～図３に示した本実施形態では、セラミックス板１６は、２個の絶縁基板１１のそれぞれに対応して２枚が設けられている。一方で、セラミックス板１６は、２個の絶縁基板１１を覆う大きさの単板とすることもできる。セラミックス板１６を単板とすることにより、２枚設けられている場合よりも、セラミックス板１６の剛性を向上させることができる。よって樹脂１０の第１面１０ａの反りをより有効に抑制することが可能である。

[0038] 本実施形態のパワー半導体モジュール１は、いわゆるフルモールドタイプの構造を有している。封止樹脂によって各部材を固定し、各部材を接合している接合材に加わる応力を抑制していることからパワーサイクル等に対する信頼性がきわめて高い。

[0039] 図５を用いて、本発明の別の実施形態の半導体装置を説明する。図５は、前述の実施形態の半導体装置を説明した図３に対応する斜視図である。また、図５においては、先に説明した部材と同一の部材については同一の符号を付しており、以下では重複する説明を省略する。図５のセラミックス板１６Ａと図３のセラミックス板１６とは、平面形状が異なり、それ以外は、図５と図３とは同一構成を有している。

[0040] 図５に示すセラミックス板１６Ａは、外部接続端子１２を避けるように、外部接続端子１２が位置する部分が切除された平面形状を有している。セラミックス板１６Ａは、図４に示した外部接続端子１２Ａの突起部１２Ａａ又は外部接続端子１２Ｂの突起部１２Ｂａによって位置を固定され得る。図５のセラミックス板１６Ａは、図３に示して先の実施形態のセラミックス板１６と同様の効果を有する。

この実施形態は、孔形状の形成が困難なセラミックス材料をセラミックス板１６に用いる場合に特に有効である。

[0041] 図６を用いて、本発明の別の実施形態の半導体装置を説明する。図６は、前述の実施形態の半導体装置を説明した図３に対応する斜視図である。また、図６においては、先に説明した部材と同一の部材については同一の符号を付しており、以下では重複する説明を省略する。図６のセラミックス板１６Ｂと図３のセラミックス板１６とは、平面形状がとこなり、それ以外は、図６と図３とは同一構成を有している。

[0042] 図６に示すセラミックス板１６Ｂは、中央部に樹脂流入用孔１６ｂを有している。この樹脂流入用孔１６ｂは、パワー半導体モジュール１製造時のモールド成型の際に、樹脂がセラミックス板１６と絶縁基板１１との間の各部材の間に流入させるのに有利である。また、セラミックス板１６と樹脂との

接着強度を向上させるのに役立つ。樹脂流入用孔１６ｂの大きさ、位置、数等は、セラミックス板１６Ｂに求められる剛性を勘案して適正に定めることができる。

[0043] 次に、パワー半導体モジュール１の製造方法の一例について説明する。

絶縁板１１ａの主面に配置された回路板１１ｃに、半導体素子１３を接合材によって固定する。次に、あらかじめ用意された導電ポスト１４付きのプリント基板１５の当該導電ポスト１４を、半導体素子１３の電極と、絶縁基板１１の回路板１１ｃに位置合わせして、接合材によって固定する。半導体素子１３及び回路板１１ｃと、導電ポスト１４付きのプリント基板１５との接続は、絶縁基板１１と半導体素子１３との接続と同時でもよいし、別工程でもよい。

[0044] 次に、絶縁板１１ａの主面に配置された回路板１１ｃに、外部接続端子１２を接合材によって固定する。次に、セラミックス板１６を外部接続端子１２に係止させることにより、プリント基板１５から間隔をあけて固定する。これにより、図３に示す各部材の組み立て体が得られる。この組み立て体を金型にセットし、金型内に熱硬化性樹脂である樹脂１０を充填して硬化させる。樹脂を硬化させる温度は、例えば１５０～２５０℃程度である。

[0045] 比較のために従来のパワー半導体モジュール１００を、図２に示した本発明の実施形態の断面図２に対応する断面図で図１０に示す。図１０において、図２と同一部材については同一符号を付しており、以下では重複する説明を省略する。また符号ｂはパワー半導体モジュール１００をねじ止めするためのボルトである。

図１０に示すパワー半導体モジュール１００は、セラミックス板１６を有していない点で図２に示したパワー半導体モジュール１とは相違する。セラミックス板１６を有していないために、樹脂１０の第１面１０ａには反りが生じ易く、反りの量が大きい構成になっている。

実施例

[0046] 図２に示す構成を有するパワー半導体モジュール１において、樹脂１０の

第２面１０ｂからのセラミックス板１６の距離を変更した三種類のパワー半導体モジュール１Ａ～１Ｃを用意して、反りの程度を調べた。また、セラミックス板１６に関し、２個の絶縁基板１１を覆う大きさの単板を用い、かつ、樹脂１０の第２面１０ｂからのセラミックス板１６の距離を変更した三種類のパワー半導体モジュール１Ｄ～１Ｆを用意して、反りの程度を調べた。更に、セラミックス板１６を有しない、従来のパワー半導体モジュール１００を用意して、反りの程度を調べた。

[0047] 図７（ａ）に模式的な断面図で示す比較例のパワー半導体モジュール１００は、セラミックス板１６を有しない例である。

図７（ｂ）に模式的な断面図で示す実施例１のパワー半導体モジュール１Ａは、樹脂１０の第２面１０ｂからセラミックス板１６までの距離が大きい例である。

図７（ｃ）に模式的な断面図で示す実施例２のパワー半導体モジュール１Ｂは、樹脂１０の第２面１０ｂからセラミックス板１６までの距離が中程度の例である。

図７（ｄ）に模式的な断面図で示す実施例３のパワー半導体モジュール１Ｃは、樹脂１０の第２面１０ｂからセラミックス板１６までの距離が小さい例である。

図８（ａ）に模式的な断面図で示す実施例４のパワー半導体モジュール１Ｄは、セラミックス板１６が２個の絶縁基板１１を覆う大きさの単板であり、樹脂１０の第２面１０ｂからセラミックス板１６までの距離が大きい例である。

図８（ｂ）に模式的な断面図で示す実施例５のパワー半導体モジュール１Ｅは、セラミックス板１６が２個の絶縁基板１１を覆う大きさの単板であり、樹脂１０の第２面１０ｂからセラミックス板１６までの距離が中程度の例である。

図８（ｃ）に模式的な断面図で示す実施例６のパワー半導体モジュール１Ｆは、セラミックス板１６が２個の絶縁基板１１を覆う大きさの単板であり

、樹脂１０の第２面１０ｂからセラミックス板１６までの距離が小さい例である。

[0048] 常温において平坦面上に各実施例及び比較例のパワー半導体モジュール１Ａ～１Ｆ、１００を置いたときに、樹脂１０の長手方向端部が平坦面からどの程度離れたかの距離によって反りの程度を評価した。

その結果、実施例１～３で比べると実施例１のパワー半導体モジュール１Ａの反りＬ１よりも実施例２のパワー半導体モジュール１Ｂの反りＬ２が小さく、反りＬ２よりも実施例３のパワー半導体モジュール１Ｃの反りＬ３が小さかった。また、実施例４～６で比べると実施例４のパワー半導体モジュール１Ｄの反りＬ４よりも実施例５のパワー半導体モジュール１Ｅの反りＬ５が小さく、反りＬ５よりも実施例６のパワー半導体モジュール１Ｆの反りＬ６が小さかった。なお、実施例６のパワー半導体モジュール１Ｆは、他のパワー半導体モジュール１Ａ～１Ｅとは逆向きの反りが生じていた。比較例のパワー半導体モジュール１００の反りＬ０は、実施例２、３、実施例５、６のパワー半導体モジュール１Ｂ、１Ｃ、１Ｅ、１Ｆよりも反りが大きかった。

[0049] 図９に、実施例１～６及びパワー半導体モジュールについて、樹脂１０の第１面１０ａから絶縁基板１１の絶縁板１１ａまでの距離に対する、樹脂１０の第２面１０ｂからセラミックス板までの距離との比を横軸に、反り量を縦軸にしてグラフ化した結果を示す。なおグラフ縦軸の反り量は、各パワー半導体モジュールの反り量の相対的な数値で示した。

[0050] 以上、本発明の半導体装置を、各実施形態及び図面を用いて説明したが、本発明の半導体装置は、これらの実施形態及び図面に限定されず、本発明の趣旨を逸脱しない限り、幾多の変形が可能である。

符号の説明

[0051] １　パワー半導体モジュール

１０　樹脂

１０ａ　第１面

１０ｂ　第２面

１１　絶縁基板

１１ａ　絶縁板

１１ｂ　金属板

１１ｃ　回路板

１２、１２Ａ、１２Ｂ　外部接続端子

１２Ａａ、１２Ｂａ　突起部

１３　半導体素子

１４　導電ポスト

１５　プリント基板

１６、１６Ａ、１６Ｂ　セラミックス板

請求の範囲

[請求項1] セラミックスで構成された絶縁板及び該絶縁板の主面に固定された回路板を有する絶縁基板と、

該回路板に固定された半導体素子と、

該絶縁板の主面に対向して設けられたプリント基板と、

該絶縁板の主面に対向し、該プリント基板よりも該絶縁板の主面から離れて設けられたセラミックス板と、

該絶縁板の主面もしくは該回路板に固定され、該セラミックス板の位置を固定する支持部材と、

該回路板、該半導体素子、該プリント基板及び該セラミックス板を被覆する樹脂と、

を備えることを特徴とする半導体装置。

[請求項2] 前記支持部材は、該回路板に固定された外部接続端子である請求項1記載の半導体装置。

[請求項3] 前記外部接続端子が、前記セラミックス板を固定する突起部を有する請求項２記載の半導体装置。

[請求項4] 前記樹脂は前記絶縁基板と略同一平面である第１面と、該第１面と略平行である第２面を有し、

該絶縁板と該第１面との距離に対する、前記セラミックス板と該第２面との距離の比が１～５である請求項１記載の半導体装置。

[請求項5] 前記セラミックス板が、前記絶縁板の材料と同じ線膨張係数を有する材料からなる請求項１記載の半導体装置。

[請求項6] 前記樹脂はエポキシ樹脂、ポリイミド樹脂、シリコーン樹脂、フェノール樹脂およびアミノ樹脂よりなる群から選ばれる少なくとも１種類により構成される熱硬化性樹脂である請求項１記載の半導体装置。

[請求項7] 前記半導体素子および前記プリント基板に電気的かつ機械的に接続された導電ポストを備える請求項１記載の半導体装置。

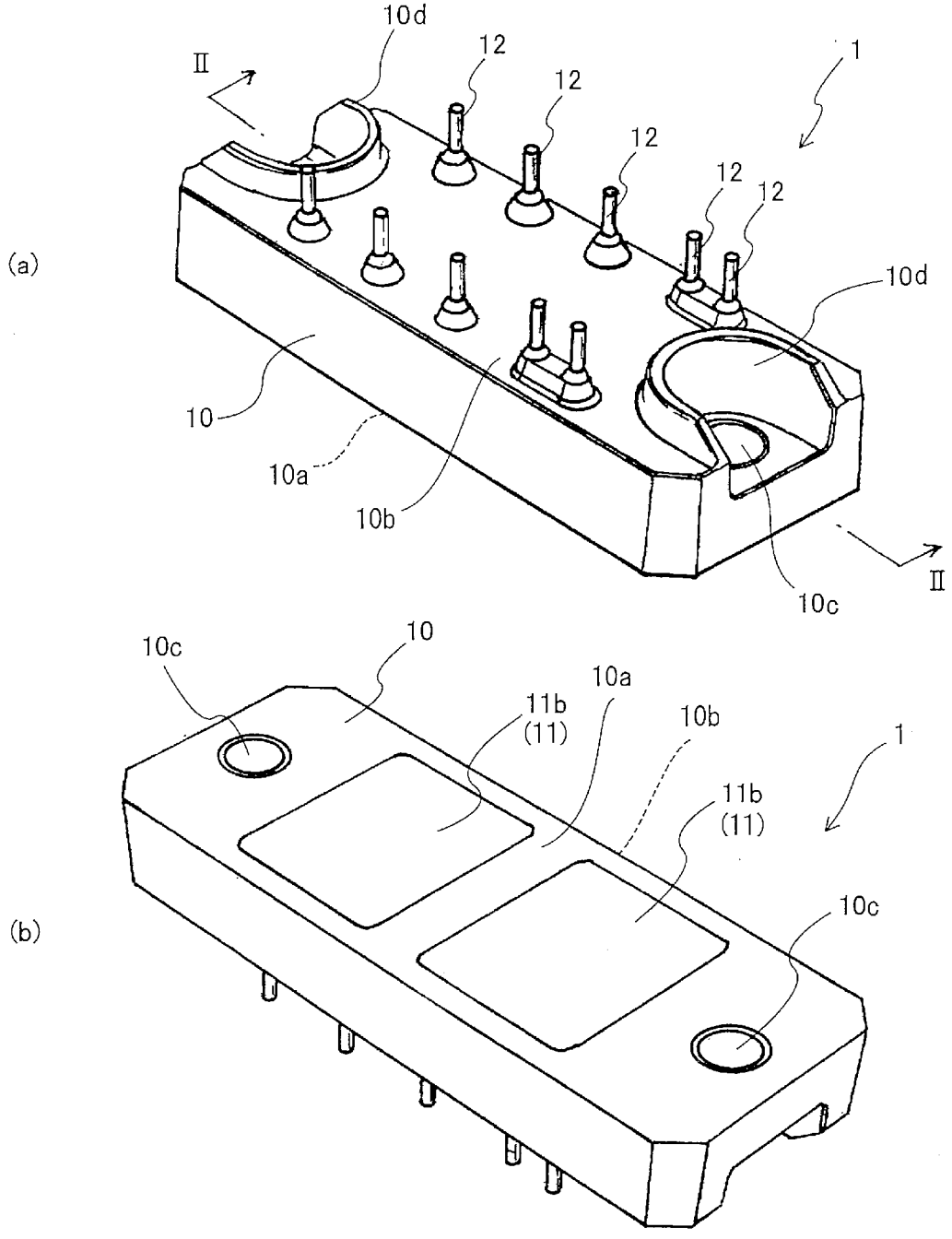
[請求項8] 前記セラミックス板が、樹脂流入用孔を備える請求項１記載の半導

体装置。

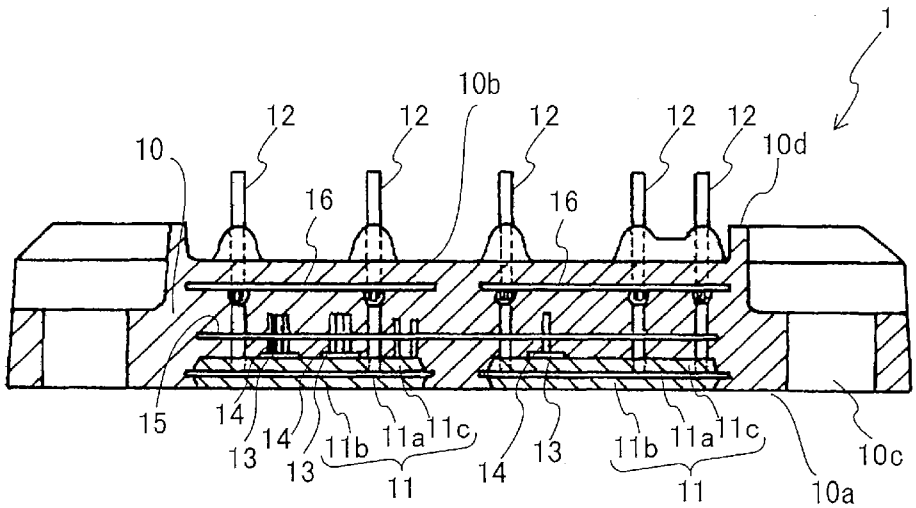
[請求項9] 前記セラミックス板が、導電性層を備える請求項１記載の半導体装置。

[請求項10] 前記セラミックス板が、単板である請求項1記載の半導体装置。

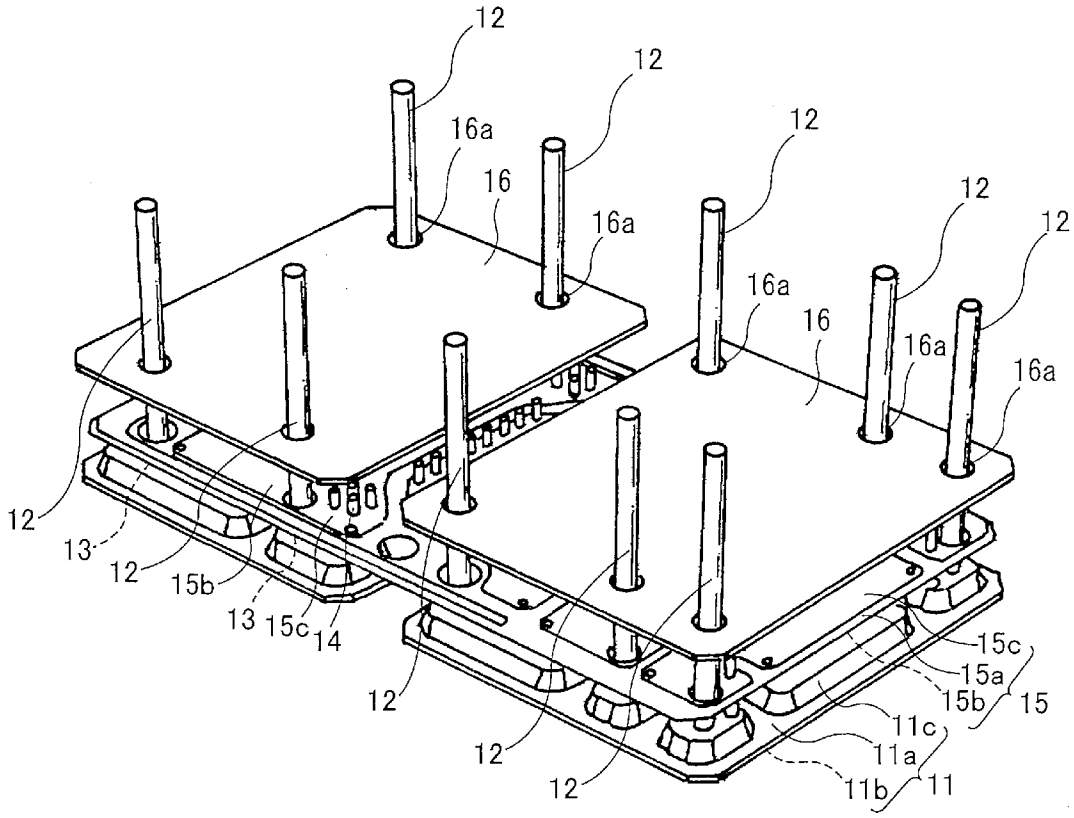
[図1]


(a)
10d
12
12
12
12
12
1
II
II
10d
10
10a
10b
10c
(b)
10c
10
10a
11b
(11)
10b
1
11b
(11)
10c

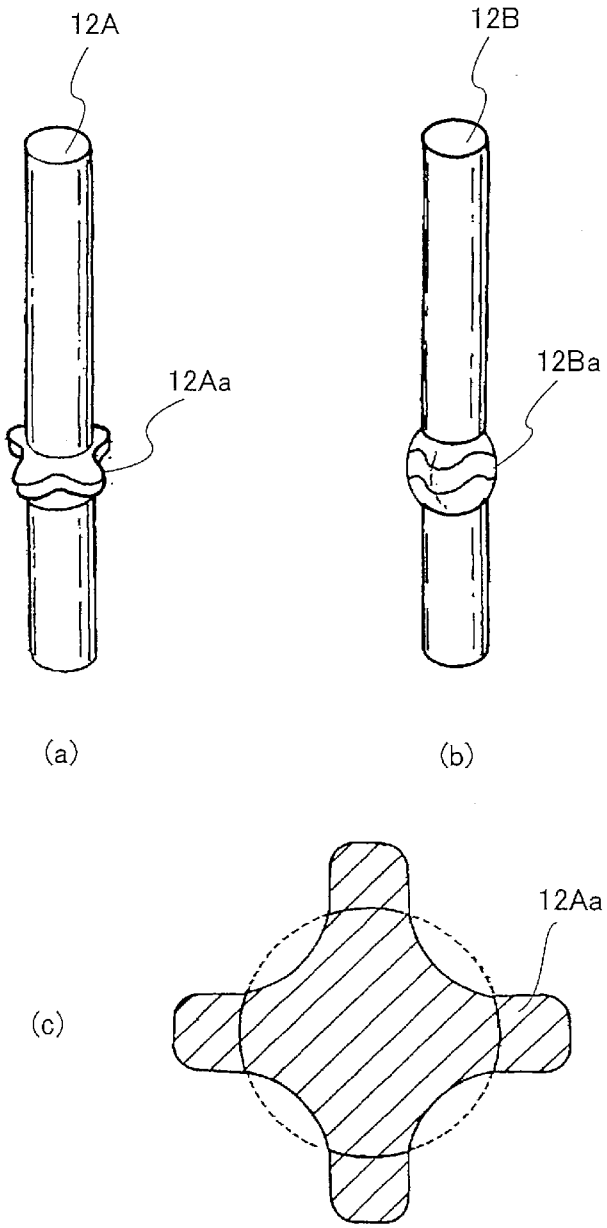
[図2]


1
10b
12
12
12
12
12
10
10d
16
16
15
14
13
14
13
11b
11a
11c
11
14
13
11b
11a
11c
11
10c
10a

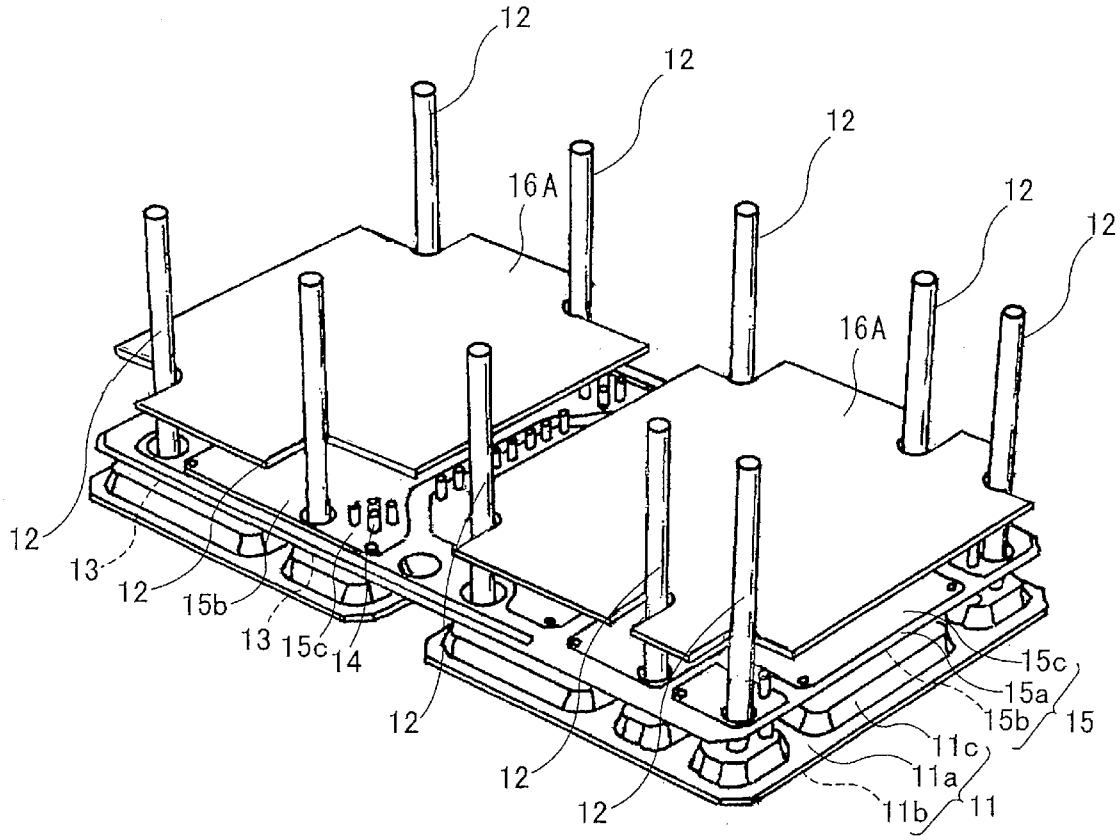
[図3]


12
12
16a
16
12
16a
12
12
16a
16
16a
16a
12
13
12
15b
13
15c
14
12
12
12
15c
15a
15b
15
11c
11a
11b
11

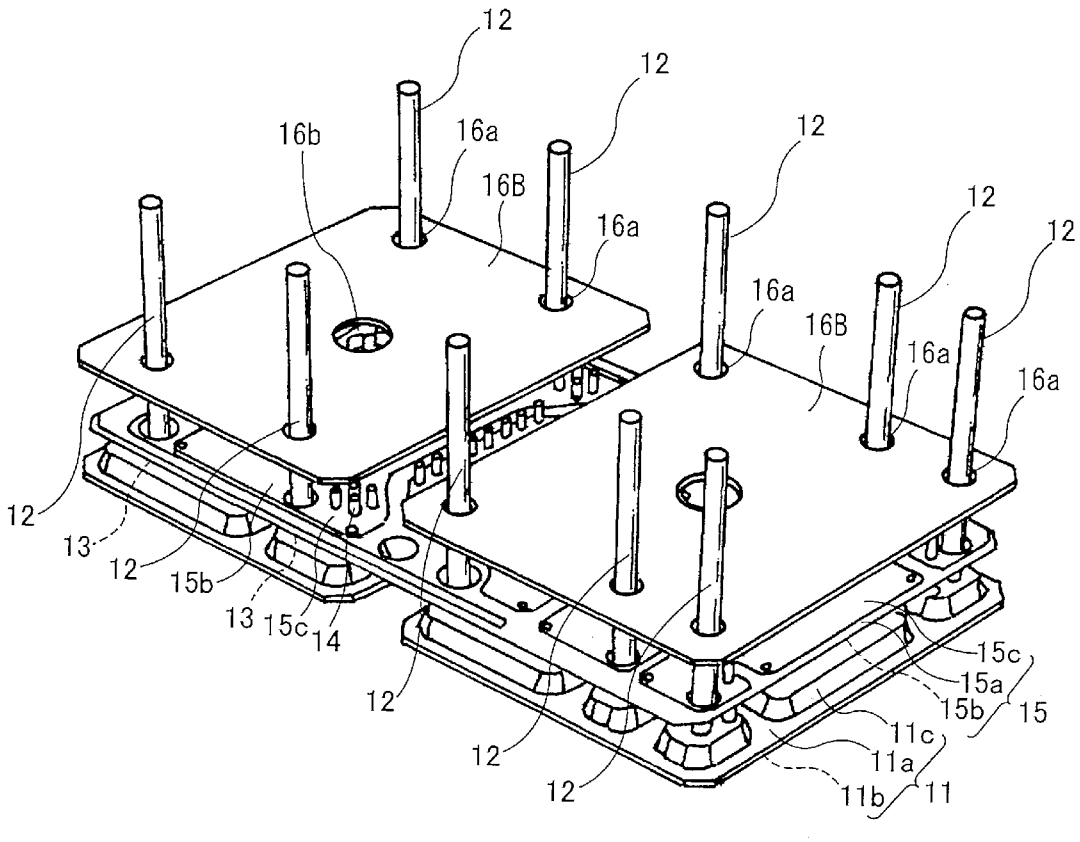
[図4]



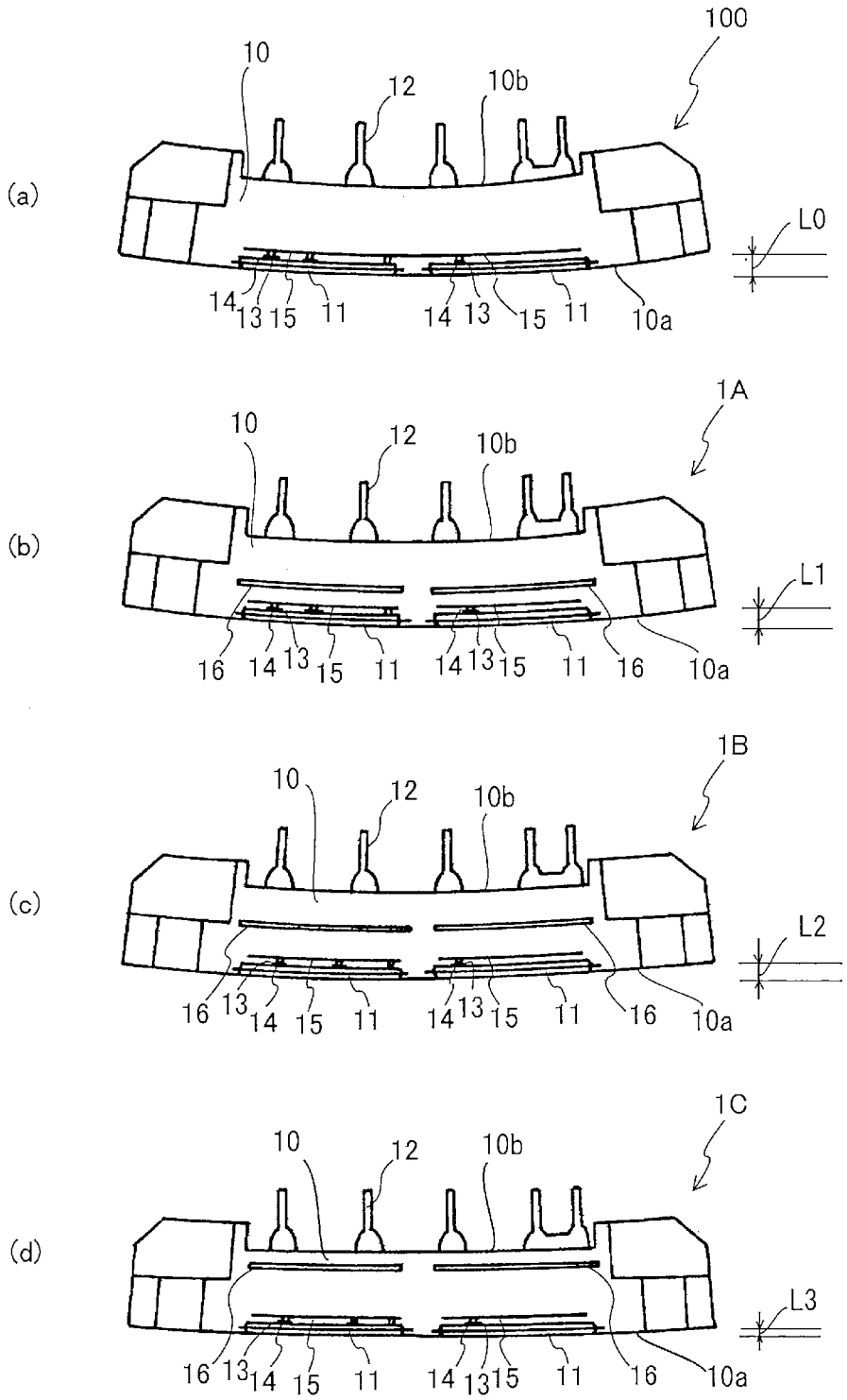
[図5]


12
12
12
16A
12
12
16A
12
13
12
15b
13
15c
14
12
12
12
15c
15a
15b
15
11c
11a
11b
11

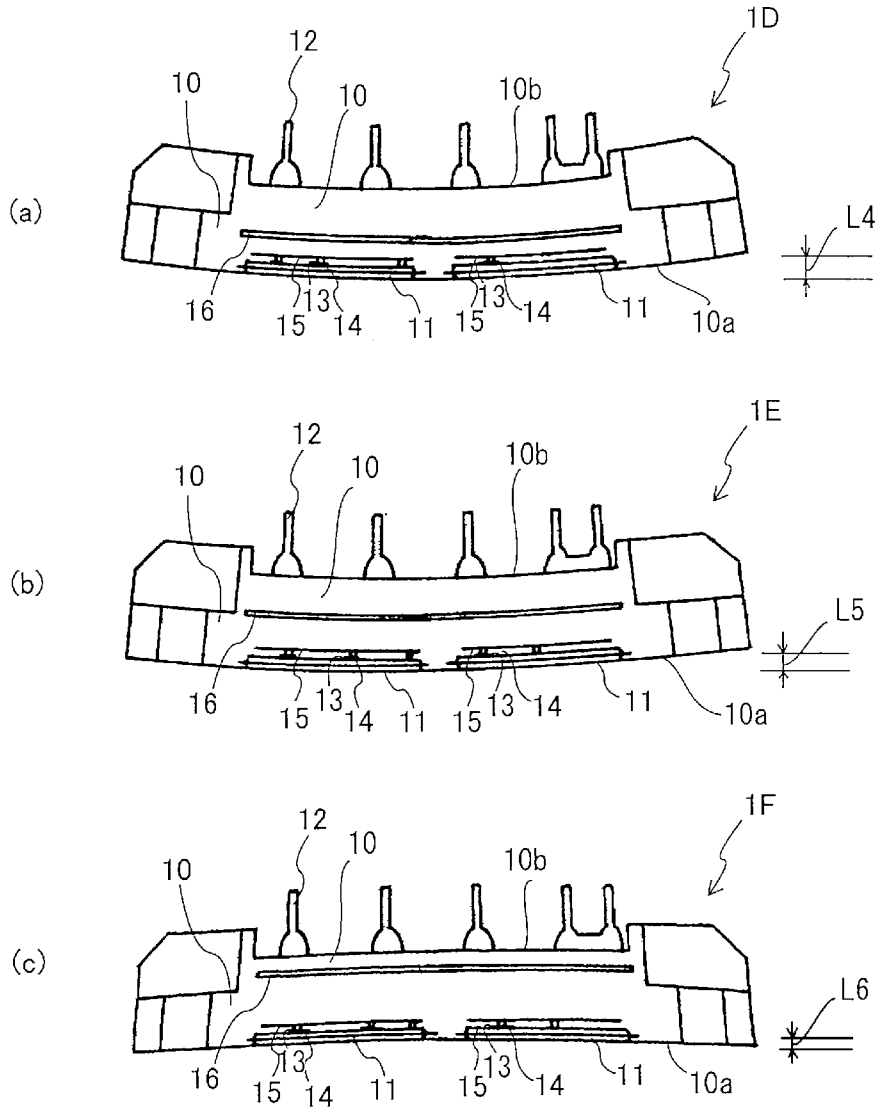
[図6]


12
12
16b
16a
16B
12
16a
12
12
16a
16B
16a
16a
12
13
12
15b
13
15c
14
12
12
12
15c
15a
15b
15
11c
11a
11b
11

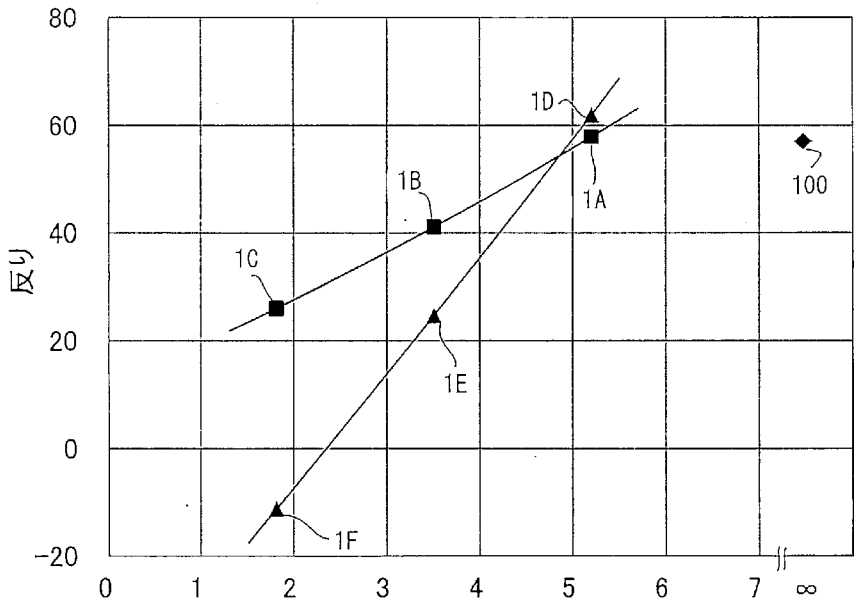
[図7]


(a)
100
10
12
10b
L0
14
13
15
11
14
13
15
11
10a
(b)
1A
10
12
10b
L1
16
14
13
15
11
14
13
15
11
16
10a
(c)
1B
10
12
10b
L2
16
13
14
15
11
14
13
15
11
16
10a
(d)
1C
10
12
10b
L3
16
13
14
15
11
14
13
15
11
16
10a

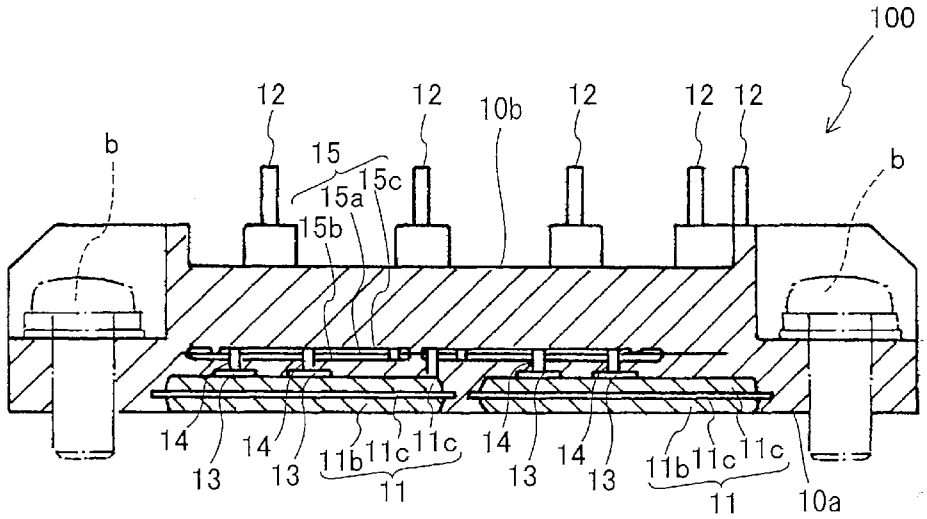
[図8]


(a)
1D
12
10
10
10b
L4
16
15
13
14
11
15
13
14
11
10a
(b)
1E
12
10
10
10b
L5
16
15
13
14
11
15
13
14
11
10a
(c)
1F
12
10
10
10b
L6
16
15
13
14
11
15
13
14
11
10a

[図9]


80
60
40
20
0
-20
反り
0
1
2
3
4
5
6
7
∞
1D
1A
1B
1C
1E
1F
100
セラミックス板の配置比（上面からの距離／下面からの距離）

[図10]


100
12
12
10b
12
12
12
b
b
15
15a
15c
15b
14
13
14
13
11b
11c
11c
11
14
13
14
13
11b
11c
11c
11
10a

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2014/059679

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H01L23/28(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)
H01L23/28, 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	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

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	WO 2013/118415 A1 (Fuji Electric Co., Ltd.), 15 August 2013 (15.08.2013), paragraphs [0023] to [0030]; fig. 1 to 3 (Family: none)	1-10
A	JP 2007-311441 A (Hitachi, Ltd.), 29 November 2007 (29.11.2007), paragraphs [0023] to [0024]; fig. 5 & US 2007/0267739 A1 & CN 101075606 A	1-10
A	JP 7-78921 A (Shinko Electric Industries Co., Ltd.), 20 March 1995 (20.03.1995), paragraphs [0008] to [0010]; fig. 1 (Family: none)	1-10

☒ 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 16 June, 2014 (16.06.14)	Date of mailing of the international search report 24 June, 2014 (24.06.14)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2014/059679

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 6-140548 A (Toshiba Corp.), 20 May 1994 (20.05.1994), paragraphs [0009] to [0012]; fig. 1 & US 5365106 A	1-10
A	JP 2003-243598 A (International Business Machines Corp.), 29 August 2003 (29.08.2003), paragraphs [0012] to [0017]; fig. 1, 6 (Family: none)	1-10

国際調査報告

国際出願番号　PCT／JP2014／059679

A.　発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl.　H01L23/28(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（IPC））

Int.Cl.　H01L23/28, 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	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１４年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１４年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１４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	WO 2013/118415 A1（富士電機株式会社）2013.08.15, 段落［００２３］～［００３０］，図１～３ （ファミリーなし）	1-10
A	JP 2007-311441 A（株式会社日立製作所）2007.11.29, 段落【００２３】～【００２４】，図５ & US 2007/0267739 A1 & CN 101075606 A	1-10

☑ 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
１６．０６．２０１４	２４．０６．２０１４

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）　5D　9634
小川　将之
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３５５１

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 7-78921 A（新光電気工業株式会社）1995.03.20, 段落【０００８】～【００１０】，図１ （ファミリーなし）	1-10
A	JP 6-140548 A（株式会社東芝）1994.05.20, 段落【０００９】～【００１２】，図１ & US 5365106 A	1-10
A	JP 2003-243598 A（インターナショナル・ビジネス・マシーンズ・コーポレーション）2003.08.29, 段落【００１２】～【００１７】，図１，６ （ファミリーなし）	1-10