

(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8月11日(11.08.2016)



(10) 国際公開番号

WO 2016/125673 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 25/07 (2006.01) H01L 25/18 (2006.01)
H01L 23/29 (2006.01) H02M 7/48 (2007.01)
H01L 25/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/052458
- (22) 国際出願日: 2016年1月28日(28.01.2016)
- (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 2015-018298 2015年2月2日(02.02.2015) JP
- (71) 出願人: 株式会社村田製作所(MURATA MANUFACTURING CO., LTD.) [JP/JP]; 〒6178555 京都府長岡京市東神足1丁目10番1号 Kyoto (JP).
- (72) 発明者: 守屋 要一(MORIYA, Yoichi); 〒6178555 京都府長岡京市東神足1丁目10番1号 株式会社村田製作所内 Kyoto (JP). 山本 祐樹(YAMAMOTO, Yuki); 〒6178555 京都府長岡京市

東神足1丁目10番1号 株式会社村田製作所内 Kyoto (JP). 宮田 晴哉(MIYATA, Haruya); 〒6178555 京都府長岡京市東神足1丁目10番1号 株式会社村田製作所内 Kyoto (JP). 高木 斉(TAKAGI, Hitoshi); 〒6178555 京都府長岡京市東神足1丁目10番1号 株式会社村田製作所内 Kyoto (JP). 高田 隆裕(TAKADA, Takahiro); 〒6178555 京都府長岡京市東神足1丁目10番1号 株式会社村田製作所内 Kyoto (JP). 伊東 拓二(ITO, Takuji); 〒6178555 京都府長岡京市東神足1丁目10番1号 株式会社村田製作所内 Kyoto (JP).

(74) 代理人: 河本 尚志(KAWAMOTO, Takashi); 〒6128101 京都府京都市伏見区観音寺町218 武三ビルディング411号室 河本特許事務所 Kyoto (JP).

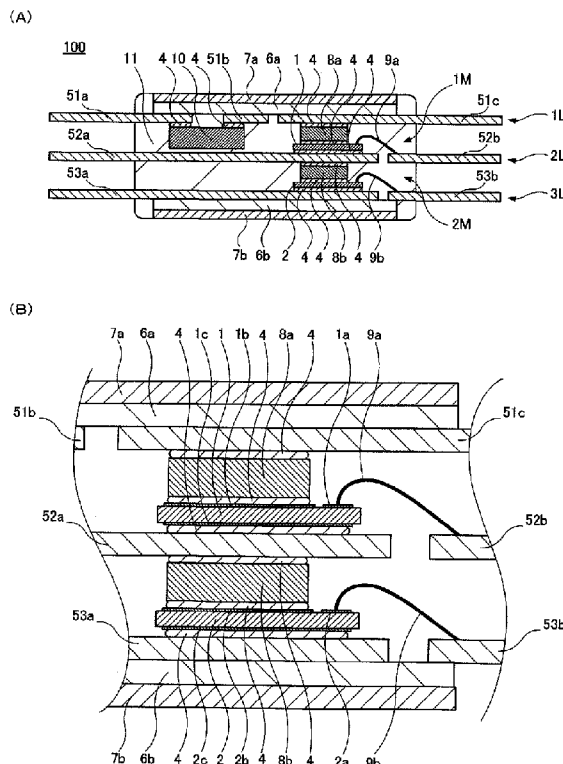
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES,

[続葉有]

(54) Title: SEMICONDUCTOR MODULE AND POWER CONTROL UNIT

(54) 発明の名称: 半導体モジュールおよびパワーコントロールユニット

図1



(57) Abstract: The purpose of the present invention is to seal a passive element of a peripheral circuit in a sealing resin to achieve high functionality in a semiconductor module. The present invention comprises a structure in which semiconductor switching elements (1, 2) and a passive element (10) are joined to lead terminals (51a-53b) separately disposed in three layers, namely a first lead terminal layer (1L), a second lead terminal layer (2L), and a third lead terminal layer (3L), and subsequently sealed in a sealing resin (11). The height of the passive element (10) sealed in a first sealing resin layer (1M) between the first lead terminal layer (1L) and the second lead terminal layer (2L) is set so as to be lower than the sum total of the height of the semiconductor switching element (1), and the height of a metal block (8a).

(57) 要約: 周辺回路の受動素子を封止樹脂内に封止し、半導体モジュールの高機能化をはかる。半導体スイッチング素子1、2と受動素子10とを、第1リード端子層1L、第2リード端子層2L、第3リード端子層3Lの3層に分けて配置されたリード端子51a~53bに接合したうえで、封止樹脂11に封止した構造からなり、第1リード端子層1Lと第2リード端子層2Lの間の第1封止樹脂層1Mに封止された受動素子10の高さを、半導体スイッチング素子1の高さと、金属ブロック8aの高さの合計よりも小さくした。



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, 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

ロシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：

半導体モジュールおよびパワーコントロールユニット

技術分野

[0001] 本発明は半導体モジュールに関し、さらに詳しくは、周辺回路の受動素子を封止樹脂内に封止し、高機能化をはかった半導体モジュールに関する。

[0002] また、本発明は、本発明の半導体モジュールを使用したパワーコントロールユニットに関する。

背景技術

[0003] インバータ等に対応する電力変換用の半導体モジュールが、車載機器、産業用機器等の電源に使用されている。

[0004] 半導体モジュールは、特許文献１（特開２０１４－１８３０７８号公報）や特許文献２（特許第４２３９５８０号公報）に開示されるように、複数の半導体スイッチング素子の組合せ、あるいは、複数のスイッチング素子と複数の還流ダイオードとの組合せで回路を構成することができる。

[0005] たとえば、特許文献１には、３つの層に分けて配置されたリード端子（電極）の間に、半導体スイッチング素子として２個のＩＧＢＴ（Insulated Gate Bipolar Transistor；絶縁ゲートバイポーラトランジスタ）と、２個の還流ダイオードとを接続し、全体を封止樹脂で封止した半導体モジュールが開示されている。

[0006] また、特許文献２には、３つの層に分けて配置されたリード端子の間に、それぞれ上面に金属ブロック（導体ブロック）が取付けられた２個のＩＧＢＴと、同じくそれぞれ上面に金属ブロックが取付けられた２個の還流ダイオードとを接続し、全体を封止樹脂で封止した半導体モジュールが開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：特開2014-183078号公報

特許文献2：特許第4239580号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] 車載機器や産業用機器等の電源に使用される半導体モジュールは、安全性の確保のためにも、誤作動は許されない。そのため、半導体モジュールの周辺に、異常電流を検知するための検知素子としてシャント抵抗素子や、異常発熱を検知するための検知素子としてサーミスタ素子等を配置して、半導体モジュールが正常に作動していることを常時監視する場合がある。

[0009] また、半導体モジュールの周辺回路として、抵抗素子、コンデンサ素子、インダクタ素子等の受動素子により、電源の効率を向上させるため等の回路を構成する場合がある。

[0010] これらの受動素子（検知素子を含む）を半導体モジュールの封止樹脂内に封止することができれば、半導体モジュールの高機能化をはかることができる。また、車載機器や産業用機器においては、使用する部品点数を削減することができ、生産性が向上する。しかしながら、これまで、これらの受動素子は、半導体モジュールの周辺回路部品として用意され、半導体モジュールには組み込まれてこなかった。

[0011] また、異常発熱を検知するための検知素子を、半導体モジュールの封止樹脂内に組み込むことができれば、半導体モジュールに組み込まれた半導体スイッチング素子の異常発熱を高い精度で検知することができる。しかしながら、これまで、当該検出素子は、半導体モジュールには組み込まれてこなかった。

課題を解決するための手段

[0012] 本発明は、上述した従来の問題を解決するためになされたものであり、受動素子（検知素子を含む）を、封止樹脂内に、機能的、合理的に組み込んだ半導体モジュールを提供することを目的とする。

[0013] その手段として、本発明の半導体モジュール（請求項1に記載された半導体モジュール）は、複数の半導体スイッチング素子と、少なくとも1つの受

動素子とが、それぞれリード端子に接合されたうえで、封止樹脂に封止され、リード端子は、封止樹脂内において、少なくとも、第1リード端子層と、第2リード端子層と、第3リード端子層との3層に分けて配置され、封止樹脂は、少なくとも、第1リード端子層と第2リード端子層とに挟まれた第1封止樹脂層と、第2リード端子層と第3リード端子層とに挟まれた第2封止樹脂層とを有し、半導体スイッチング素子は、両主面を有し、一方の主面に信号電極パッドと一方の電源電極パッドとが形成され、他方の主面に他方の電源電極パッドが形成され、第2リード端子層に配置された1つのリード端子は、両主面を有し、一方の主面に、第1の半導体スイッチング素子の他方の電源電極パッドが接合され、他方の主面に、金属ブロックを介して第2の半導体スイッチング素子の一方の電源電極パッドが接合され、第1の半導体スイッチング素子の一方の電源電極パッドは、金属ブロックを介して第1リード端子層に配置されたリード端子に接合され、第1の半導体スイッチング素子の信号電極パッドは、接続用導体を介して第2リード端子層に配置されたリード端子に接続され、第2の半導体スイッチング素子の他方の電源電極パッドは、第3リード端子層に配置されたリード端子に接合され、第2の半導体スイッチング素子の信号電極パッドは、接続用導体を介して第3リード端子層に配置されたリード端子に接続され、少なくとも1つの受動素子が第1封止樹脂層に封止され、かつ／または、少なくとも1つの受動素子が第2封止樹脂層に封止され、第1封止樹脂層に封止された受動素子のうち最も大きな高さを有するものの高さが、第1の半導体スイッチング素子の高さ、第1の半導体スイッチング素子の一方の電源電極パッドに接合された金属ブロックの高さの合計よりも小さく、かつ／または、第2封止樹脂層に封止された受動素子のうち最も大きな高さを有するものの高さが、第2の半導体スイッチング素子の高さ、第2の半導体スイッチング素子の一方の電源電極パッドに接合された金属ブロックの高さの合計よりも小さくなるようにした。

[0014] この半導体モジュール（請求項1に記載された半導体モジュール）は、第

3の半導体スイッチング素子をさらに備え、受動素子は、第1封止樹脂層に封止されるか、または、第2封止樹脂層に封止されており、第3の半導体スイッチング素子は、受動素子が第1封止樹脂層に封止された場合には第2封止樹脂層に封止され、受動素子が第2封止樹脂層に封止された場合には第1封止樹脂層に封止されたものとしても良い。この場合には、さらに第3の半導体スイッチング素子を、封止樹脂内に封止することができる。

[0015] また、この半導体モジュール（請求項1に記載された半導体モジュール）は、封止樹脂層を垂直方向に透視したとき、第1の半導体スイッチング素子と第2の半導体スイッチング素子とが完全には重なっていないものとしてすることができる。すなわち、第1の半導体スイッチング素子と第2の半導体スイッチング素子とが全く重なっていないか、重なっているとしても部分的に重なったものとしてすることができる。この場合には、第1および第2の半導体スイッチング素子が発生させる熱を、効率よく放散させることができる。

[0016] また、本発明のもう1つの半導体モジュール（請求項2に記載された半導体モジュール）は、複数の半導体スイッチング素子と、少なくとも1つの受動素子とが、それぞれリード端子に接合されたうえで、封止樹脂に封止され、リード端子は、封止樹脂内において、少なくとも、第1リード端子層と、第2リード端子層と、第3リード端子層との3層に分けて配置され、封止樹脂は、少なくとも、第1リード端子層と第2リード端子層とに挟まれた第1封止樹脂層と、第2リード端子層と第3リード端子層とに挟まれた第2封止樹脂層とを有し、半導体スイッチング素子は、両主面を有し、一方の主面に信号電極パッドと一方の電源電極パッドとが形成され、他方の主面に他方の電源電極パッドが形成され、第2リード端子層に配置された1つのリード端子は、両主面を有し、一方の主面に、第1の半導体スイッチング素子の他方の電源電極パッドが接合され、他方の主面に、金属ブロックを介して第2の半導体スイッチング素子の一方の電源電極パッドが接合され、第1の半導体スイッチング素子の一方の電源電極パッドは、金属ブロックを介して第1リード端子層に配置されたリード端子に接合され、第1の半導体スイッチング

素子の信号電極パッドは、接続用導体を介して第2リード端子層に配置されたリード端子に接続され、第2の半導体スイッチング素子の他方の電源電極パッドは、第3リード端子層に配置されたリード端子に接合され、第2の半導体スイッチング素子の信号電極パッドは、接続用導体を介して第3リード端子層に配置されたリード端子に接続され、少なくとも1つの受動素子が、第1リード端子層または第3リード端子層に配置されたリード端子に接合されたうえ、第2リード端子層を貫いて、第1封止樹脂層および第2封止樹脂層に亘って封止され、封止された受動素子のうち最も大きな高さを有するものの高さが、第1の半導体スイッチング素子の高さ、第1の半導体スイッチング素子の一方の電源電極パッドに接合された金属ブロックの高さと、第2リード端子層に配置されたリード端子の厚さと、第2の半導体スイッチング素子の高さ、第2の半導体スイッチング素子の一方の電源電極パッドに接合された金属ブロックの高さの合計よりも小さくなるようにした。

[0017] 本発明の半導体モジュール（請求項1や2に記載された半導体モジュール）は、封止樹脂の線膨張率が、半導体モジュールを構成する半導体スイッチング素子、受動素子、リード端子、金属ブロック、接続用導体のそれぞれの線熱膨張率のうち、最も大きい線膨張率と、最も小さい線膨張率の中間の値であることが好ましい。以下にその理由を説明する。半導体モジュールを構成する部材には、線膨張率の大きい部材や小さい部材が混在している。そのため、半導体モジュールの内部には、これら部材間の線膨張率差による熱応力が発生する。この熱応力に起因する熱疲労により、半導体スイッチング素子や受動素子とリード端子との接合部、半導体スイッチング素子と接続用導体の接合部、半導体スイッチング素子と金属ブロックの接合部が破断したり、半導体スイッチング素子や受動素子等の実装素子が破壊してしまったりする虞があった。

[0018] そこで、半導体モジュールの空間に、半導体モジュールを構成する各部材の線膨張率のうち、最も大きい線膨張率と最も小さい線膨張率の中間の値の線膨張率を有する封止樹脂を充填することが好ましく、そのようにすれば、

前記接合部の破断や、実装素子の破壊を抑制することができるのである。

[0019] なお、半導体スイッチング素子や受動素子を階層化した構造である場合、半導体モジュールの空間を封止樹脂で充填することで、半導体モジュールの機械的構造強度を維持することが可能となる。すなわち、封止樹脂が弾性体であると該機械的構造強度を維持できなくなるため、封止樹脂は、その弾性率が1 GPa以上であることが好ましい。

[0020] さらに、本発明の半導体モジュール（請求項1に記載された半導体モジュール）は、半導体スイッチング素子を含む電源回路（半導体スイッチング素子のゲートの開閉を制御する回路を「制御回路」、半導体スイッチング素子により電力の流れが制御される回路を「電源回路」とする）の構成要素である受動素子が、第1リード端子層または第3リード端子層に配置されたリード端子に接合されていることが好ましい。以下に、その理由を説明する。

[0021] 半導体スイッチング素子を含む電源回路の構成要素である受動素子は、該受動素子が抵抗素子である場合はもとより、コンデンサ素子、インダクタ素子であっても、微小の抵抗成分を有するため、該電源回路を含む半導体モジュールが作動する際には、半導体スイッチング素子のみならず、該受動素子も自己発熱する。本発明の半導体モジュールは、インバータ等に対応する電力変換用の半導体モジュールであり、電源回路に大電力が掛かる用途に用いられる場合がある。その場合、電源回路の構成要素である受動素子は、その抵抗成分が微小であっても大きく自己発熱し、機能保証温度を超える状況に至ることもある。よって、電源回路の構成要素である受動素子に対しては、半導体スイッチング素子と同様に放熱対策が必要となる。

[0022] 本発明の半導体モジュールにおいて、該モジュールの内部で発せられる熱は、リード端子を伝わって放熱させると同時に、該モジュールの両主面に配置された後述の放熱板から放熱させる構造を採っている。よって、電源回路の構成要素である受動素子は、第1リード端子層または第3リード端子層に配置されたリード端子に接合されていることが好ましいのである。これにより、電源回路の構成要素である受動素子から発せられた熱は、接合された第

1 リード端子層または第3 リード端子層に配置されたリード端子を伝わって平面方向に放熱されると同時に、該受動素子が接合された第1 のリード端子層または第3 のリード端子層に配置されたリード端子から、後述の樹脂板を、それぞれの厚み方向に伝わり、放熱板から外部に放出される。電源回路の構成要素である受動素子は、前記二つの経路を伝わって放熱され、十分な放熱経路が確保されることで、過度な温度上昇が防止されることになる。これにより、受動素子の機能保証温度の範囲内で、正常に作動し続けることが可能となる。

[0023] これに対し、電源回路の構成要素である受動素子が、第2 のリード端子層に配置されたリード端子に接合されると、該受動素子から発せられた熱は、第2 のリード端子層に配置されたリード端子のみを伝わった平面方向のみの放熱となり、十分な放熱経路が確保できない。そのため、電源回路を構成する受動素子が、過度に温度上昇し、該受動素子の機能保証温度を超え、半導体モジュールの動作不良が発生する状況に至る場合がある。

[0024] 以上説明したように、電源回路の構成要素である受動素子が抵抗素子である場合は、該抵抗成分による電力損失に起因した発熱量が大きくなるため、該受動素子は、第1 のリード端子層または第3 のリード端子層に配置されたリード端子に接合することが特に好ましい。

[0025] なお、第2 のリード端子層に配置されたリード端子には、第1 の半導体スイッチング素子が接合されているが、第1 の半導体スイッチング素子から発せられた熱は、第2 のリード端子層に配置されたリード端子を伝わって平面方向に放熱されると同時に、金属ブロックを介して、第1 のリード端子層に配置されたリード端子から、後述の樹脂板を、それぞれの厚み方向に伝わり、放熱板から外部に放出される。すなわち、第1 の半導体スイッチング素子においては、第2 のリード端子層に配置されたリード端子に接合された状態であっても、前記二つの経路を伝わって放熱されるため、十分な放熱経路が確保されていることになる。

[0026] 本発明の半導体モジュールにおいては、検出素子を、封止樹脂層に封止さ

れる受動素子とすることができる。たとえば、シャント抵抗素子やサーミスタ素子等の検出素子を封止樹脂層に封止すれば、半導体モジュールの高機能化をはかることができる。また、サーミスタ素子を封止樹脂に封止した場合には、半導体スイッチング素子の異常発熱を高い精度で検知することができる。

[0027] また、セラミックス板を備え、リード端子が、少なくとも、セラミックスの構成成分と反応する活性な金属と、A g と、C u とを含む合金を介して、セラミックス基板に取付けられたものとしても良い。この場合には、高い強度を備えたセラミックス板に、リード端子を強固に取付けることができる。

[0028] あるいは、熱硬化性の樹脂板を備え、リード端子が、接着剤を介することなく直接に樹脂板に取付けられたものとしても良い。この場合には、未硬化状態の樹脂板に、リード端子を熱圧着し、更に加熱して樹脂板を硬化させて、リード端子を樹脂板に取付けることができる。

[0029] 更に、封止樹脂の表面から露出した放熱板を備え、放熱板の外周縁が、封止樹脂の内部に埋め込まれたものとしても良い。この場合には、放熱板により、半導体スイッチング素子により発生した熱を効率的に放散させることができる。また、放熱板の外周縁が封止樹脂の内部に埋め込まれているため、放熱板と封止樹脂との剥離が起こりにくく、この部分からの水分の内部への混入が抑制されているため、放熱板を封止樹脂の表面に露出させているにも関わらず、高い耐湿性、高い信頼性を維持することができる。

[0030] また、第2リード端子層に配置されたリード端子の厚みを、第1リード端子層に配置されたリード端子および第3リード端子層に配置されたリード端子の厚みよりも大きくすることが好ましい。この場合には、半導体スイッチング素子の最高ジャンクション温度を低く抑えることができる。また、半導体スイッチング素子の間の温度ばらつきを小さく抑えることができる。

[0031] また、半導体スイッチング素子と並列にスナバ回路を接続することが好ましい。この場合には、スイッチング時に配線やワイヤーボンディング等において発生する寄生インダクタンスや寄生抵抗を低減させ、低ノイズ化をはかる

ことができる。

[0032] 本発明の半導体モジュールにより、種々の等価回路を構成することができる。

[0033] たとえば、本発明の1つの半導体モジュール（請求項1に記載された半導体モジュール）では、P側端子と、N側端子と、中間端子と、2個の半導体スイッチング素子と、受動素子としてシャント抵抗素子とを備え、P側端子に、1個の半導体スイッチング素子のドレインまたはコレクタ（以下においては両者を合わせて「ドレイン」と表記するが、当該「ドレイン」は「コレクタ」と読み替えることができるものとする）が接続され、その半導体スイッチング素子のソースまたはエミッタ（以下においては両者を合わせて「ソース」と表記するが、当該「ソース」は「エミッタ」と読み替えることができるものとする）に、もう1個の半導体スイッチング素子のドレインが接続され、その半導体スイッチング素子のソースに、シャント抵抗素子の一端が接続され、そのシャント抵抗素子の他端にN側端子が接続されるとともに、2個の半導体スイッチング素子の接続点に、中間端子が接続された等価回路を構成することができる。

[0034] また、本発明の他の半導体モジュール（請求項3に記載された半導体モジュール）では、P側端子と、N側端子と、中間端子と、3個の半導体スイッチング素子と、受動素子としてシャント抵抗素子とを備え、P側端子に、1個の半導体スイッチング素子のドレインが接続され、その半導体スイッチング素子のソースに、もう1個の半導体スイッチング素子のドレインが接続され、その半導体スイッチング素子のソースに、シャント抵抗素子の一端が接続され、そのシャント抵抗素子の他端にN側端子が接続されるとともに、2個の半導体スイッチング素子の接続点に、残りの1個の半導体スイッチング素子のソースが接続され、その半導体スイッチング素子のドレインに中間端子が接続された等価回路を構成することができる。

[0035] 本発明の半導体モジュールを、複数個、並列に接続し、大規模化された等価回路を備えた半導体モジュールを構成しても良い。

[0036] 本発明の半導体モジュールは、たとえば、インバータの電力変換部として用いることができる。

[0037] また、複数個（たとえば6個）の本発明の半導体モジュールを、ケースに同心円状に取付け、パワーコントロールユニットを構成することができる。あるいは、2個の本発明の半導体モジュールを対向させてケースに取付け、パワーコントロールユニットを構成することができる。本発明の半導体モジュールは小型であるので、パワーコントロールユニットの小型化をはかることができる。

[0038] また、パワーコントロールユニットは、取付けられた半導体モジュールの上面に、ヒートシンクを取付けることが好ましい。この場合には、半導体モジュールが発生させた熱を効率的に放散させることができる。なお、ヒートシンクは、半導体モジュールごとに個別ヒートシンクを取付けても良いし、あるいは、複数の半導体モジュールに1つの共通ヒートシンクを取付けても良い。

[0039] なお、必要に応じて、取付けられた半導体モジュールのコーナー部に切欠きを設けても良い。この場合には、パワーコントロールユニットを更に小型化することができる。

発明の効果

[0040] 本発明の半導体モジュールは、半導体スイッチング素子に加えて、受動素子が封止樹脂内に封止されており、高機能化されている。

[0041] 本発明のパワーコントロールユニットは、小型化された半導体モジュールを使用しているので、小型化されている。

図面の簡単な説明

[0042] [図1]図1（A）は、第1実施形態にかかる半導体モジュール100を示す断面図である。図1（B）は、半導体モジュール100を示す要部断面図である。

[図2]図2は、第2実施形態にかかる半導体モジュール200を示す断面図である。

[図3]図3は、第3実施形態にかかる半導体モジュール300を示す断面図である。

[図4]図4（A）は、第4実施形態にかかる半導体モジュール400を示す平面図である。図4（B）は、半導体モジュール400を示す断面図であり、図4（A）のX-X部分を示している。

[図5]図5は、第5実施形態にかかる半導体モジュール500を示す等価回路図である。

[図6]図6は、第6実施形態にかかる半導体モジュール600を示す等価回路図である。

[図7]図7は、第7実施形態にかかる半導体モジュール700を示す等価回路図である。

[図8]図8は、第8実施形態にかかる半導体モジュール800を示す等価回路図である。

[図9]図9は、第9実施形態にかかる半導体モジュール900を示す等価回路図である。

[図10]図10は、第10実施形態にかかる半導体モジュール1000を示す等価回路図である。

[図11]図11（A）は、第13実施形態にかかる半導体モジュール1300を示す断面図である。図11（B）は、半導体モジュール1300の製造方法を示す断面図である。

[図12]第15実施形態にかかる半導体モジュール1500を示す等価回路図である。

[図13]図13（A）は、第16実施形態にかかる半導体モジュール1600を示す分解平面図である。図13（B）は、半導体モジュール1600を示す平面図である。

[図14]図14（A）は、第17実施形態にかかる半導体モジュール1700を示す分解平面図である。図14（B）は、半導体モジュール1700を示す平面図である。

[図15]図15(A)は、第18実施形態にかかる半導体モジュール1800を示す分解平面図である。図15(B)は、半導体モジュール1800を示す平面図である。

[図16]図16(A)は、第19実施形態にかかる半導体モジュール1900を示す分解平面図である。図16(B)は、半導体モジュール1900を示す平面図である。

発明を実施するための形態

[0043] 以下、図面とともに、本発明を実施するための形態を説明する。

[0044] [第1実施形態]

図1(A)、(B)に、本発明の第1実施形態にかかる半導体モジュール100を示す。

[0045] 図1(A)は、半導体モジュール100の断面図である。図1(B)は、半導体モジュール100の要部断面図である。ただし、図1(B)では、封止樹脂11の図示を省略している。

[0046] 半導体モジュール100は、銅系金属、アルミニウム系金属、鉄系金属等からなる板状の複数のリード端子51a、51b、51c、52a、52b、53a、53bを備える。

[0047] リード端子51a～53bは、第1リード端子層1L、第2リード端子層2L、第3リード端子層3Lの3層に分けて配置されている。

[0048] 第1リード端子層1Lに配置されたリード端子51a、51b、51cは、予め樹脂板6aと接している。また、第3リード端子層3Lに配置されたリード端子53a、53bは、予め樹脂板6bと接している。樹脂板6a、6bは、たとえば、エポキシ系樹脂、ポリイミド系樹脂、ビスマレイミド系樹脂、シリコン系樹脂等からなる。なお、樹脂板6a、6bは、半導体スイッチング素子で発生する熱を半導体モジュール100の両表面から放熱させるための熱伝達経路に位置する。よって、樹脂板6a、6bには、アルミナ、窒化アルミニウム、窒化珪素、炭化珪素等の高熱伝導率のフィラーを充填した熱抵抗の低い樹脂板を用いることが好ましい。

- [0049] なお、樹脂板 6 a には、放熱板 7 a も接している。また、樹脂板 6 b には、放熱板 7 b も接している。放熱板 7 a、7 b は、たとえば、銅系金属、アルミニウム系金属、鉄系金属等の熱伝導率の高い金属板からなる。
- [0050] 半導体モジュール 100 は、第 1 の半導体スイッチング素子 1 と、第 2 の半導体スイッチング素子 2 とを備える。
- [0051] 図 1 (B) に示すように、第 1 の半導体スイッチング素子 1 は、両主面を有し、一方の主面に信号電極パッド 1 a と一方の電源電極パッド 1 b とが形成され、他方の主面に他方の電源電極パッド 1 c が形成されている。同じく、図 1 (B) に示すように、第 2 の半導体スイッチング素子 2 は、両主面を有し、一方の主面に信号電極パッド 2 a と一方の電源電極パッド 2 b とが形成され、他方の主面に他方の電源電極パッド 2 c が形成されている。
- [0052] 第 1 の半導体スイッチング素子 1 の他方の電源電極パッド 1 c は、はんだ、ナノ焼結金属、導電性樹脂等からなる接合材 4 により、第 2 リード端子層 2 L に配置されたリード端子 5 2 a の一方の主面に接合されている。第 1 の半導体スイッチング素子 1 の一方の電源電極パッド 1 a には、接合材 4 により、金属ブロック 8 a が接合されている。金属ブロック 8 a の電源電極パッド 1 a に接合されていない側の主面は、接合材 4 により、第 1 リード端子層 1 L に配置されたリード端子 5 1 c に接合されている。第 1 の半導体スイッチング素子 1 の信号電極パッド 1 a は、金属ワイヤーからなる接続用導体 9 a により、第 2 リード端子層 2 L に配置されたリード端子 5 2 b に電氣的に接続されている。
- [0053] 第 2 の半導体スイッチング素子 2 の他方の電源電極パッド 2 c は、接合材 4 により、第 3 リード端子層 3 L に配置されたリード端子 5 3 a の一方の主面に接合されている。第 2 の半導体スイッチング素子 2 の一方の電源電極パッド 2 b には、接合材 4 により、金属ブロック 8 b が接合されている。金属ブロック 8 b の電源電極パッド 2 a に接合されていない側の主面は、接合材 4 により、第 2 リード端子層 2 L に配置されたリード端子 5 2 a の他方の主面に接合されている。第 2 の半導体スイッチング素子 2 の信号電極パッド 2

aは、金属ワイヤーからなる接続用導体9bにより、第3リード端子層3Lに配置されたリード端子53bに電氣的に接続されている。

[0054] なお、上述したように、接合材4には、たとえば、はんだ、ナノ焼結金属、導電性樹脂等が使用されるが、電気損失量が大きくなる電源経路や、半導体スイッチング素子で発生する熱を半導体モジュール100の両表面から放熱させるための熱伝達経路に位置する接合部にあつては、比抵抗が低く、熱伝導率の高い、銀、銅、金等からなるナノ焼結金属を使用することが好ましい。ただし、接合材4は、接合材4が位置する全部位で、同一の接合材とする必要はなく、各部位で要求される接合材の特性を考慮して、種々ある接合材の中から好適なものを選択すれば良い。

[0055] また、信号電極パッド1aとリード端子52bの接続、および信号電極パッド2aとリード端子53bの接続は、電氣的導通をもって接続されるならば、形態の如何を問わない。本実施形態においては、接続用導体9a、9bとして金属ワイヤーを使用しているが、接続用導体9a、9bは金属ワイヤーには限られず、これに代えて金属クリップ等を使用するようにしても良い。

[0056] 図1(A)に示すように、半導体モジュール100は、受動素子10を備える。受動素子10は、たとえば、抵抗素子、サーミスタ素子、コンデンサ素子、インダクタンス素子等からなる。受動素子10は、異常電流や異常発熱を検出する検出素子であっても良い。受動素子10は、一方の主面に1対の電極パッド（図示せず）が形成され、一方の電極パッドが、接合材4により、第1リード端子層1Lに配置されたリード端子51aに接合され、他方の電極パッドが、接合材4により、第1リード端子層1Lに配置されたリード端子51bに接合されている。

[0057] 第1の半導体スイッチング素子1、第2の半導体スイッチング素子2、金属ブロック8a、8b、受動素子10は、リード端子51a～53b、樹脂基板6a、6b、接続用導体9a、9bとともに、封止樹脂11に封止されている。リード端子51a、51c、52a、52b、53a、53bは、そ

の先端が封止樹脂 11 から導出されている。また、放熱板 7 a、7 b が、封止樹脂 11 の両主面から露出されている。

[0058] 封止樹脂 11 は、たとえば、エポキシ系樹脂、ポリイミド系樹脂、ビスマレイミド系樹脂、シリコン系樹脂等からなる。封止樹脂 11 は、第 1 リード端子層 1 L と第 2 リード端子層 2 L との間の第 1 封止樹脂層 1 M と、第 2 リード端子層 2 L と第 3 リード端子層 3 L との間の第 2 封止樹脂層 2 M とを有する。

[0059] 第 1 リード端子層 1 L と第 2 リード端子層 2 L との間の第 1 封止樹脂層 1 M には、接合材 4 により一方の主面に金属ブロック 8 a が取付けられた第 1 の半導体スイッチング素子 1 と、受動素子 10 とが封止されている。

[0060] 受動素子 10 の高さは、半導体スイッチング素子 1 の高さ と 金属ブロック 8 a の高さ との合計よりも小さくなるように設計されている。

[0061] 受動素子 10 の高さが、1 の半導体スイッチング素子 1 の高さ と 金属ブロック 8 a の高さ との合計よりも大きいと、受動素子 10 が、第 2 リード端子層 2 L に配置されたリード端子 5 2 a に支える虞があるからである。そして、受動素子 10 が、第 2 リード端子層 2 L に配置されたリード端子 5 2 a に支えると、半導体モジュール 100 の主面が部分的に膨れたり、傾いたりすることで、外観不良を起こしたり、半導体モジュール 100 を機器、装置内に組み込む際に不具合が生じる虞があるからである。また、第 1 の半導体スイッチング素子 1 と金属ブロック 8 a とを相互に接合する接合材 4 や、第 1 の半導体スイッチング素子 1 をリード端子 5 2 a に接合する接合材 4 や、金属ブロック 8 a をリード端子 5 1 c に接合する接合材 4 が外れて導通不良を起こす虞があるからである。

[0062] また、受動素子 10 の高さが、半導体スイッチング素子 1 の高さ と 金属ブロック 8 a の高さ との合計と同じであっても、製造誤差により、受動素子 10 の高さが設計よりも大きい場合や、半導体スイッチング素子 1 や金属ブロック 8 a の高さが設計よりも小さい場合に、受動素子 10 が、第 2 リード端子層 2 L に配置されたリード端子 5 2 a に支える虞があるからである。そし

て、受動素子 10 が、第 2 リード端子層 2 L に配置されたリード端子 5 2 a に支ええると、半導体モジュール 100 の主面が部分的に膨れたり、傾いたりすることで、外観不良を起こしたり、半導体モジュール 100 を機器、装置内に組み込む際に不具合が生じる虞があるからである。また、第 1 の半導体スイッチング素子 1 と金属ブロック 8 a とを相互に接合する接合材 4 や、第 1 の半導体スイッチング素子 1 をリード端子 5 2 a に接合する接合材 4 や、金属ブロック 8 a をリード端子 5 1 c に接合する接合材 4 が外れて導通不良を起こす虞があるからである。

[0063] なお、厳密には、第 1 の半導体スイッチング素子 1 をリード端子 5 2 b に、金属ブロック 8 a をリード端子 5 1 c に、受動素子 10 をリード端子 5 1 a、5 1 b にそれぞれ接合する接合材 4 の厚みや、第 1 の半導体スイッチング素子 1 と金属ブロック 8 a とを接合する接合材 4 の厚みを考慮する必要がある。しかしながら、これらの接合材 4 の厚みは、受動素子 10 や半導体スイッチング素子 1 や金属ブロック 8 a の高さに比べて非常に小さく、少なくとも、受動素子 10 の高さを、半導体スイッチング素子 1 の高さ と金属ブロック 8 a の高さとの合計よりも小さくしておけば、半導体モジュール 100 の主面が部分的に膨れたり、傾いたりすることで、半導体モジュール 100 を機器、装置内に組み込む際に不具合が生じることや、内部で接合材 4 が外れて導通不良を起こすことを防止することができる。

[0064] なお、第 1 実施形態にかかる半導体モジュール 100 においては、第 1 リード端子層 1 L と第 2 リード端子層 2 L との間の第 1 封止樹脂層 1 M に、1 個の受動素子 10 のみを封止しているが、第 1 封止樹脂層 1 M に複数個の受動素子 10 を封止するようにしても良い。この場合には、第 1 封止樹脂層 1 M に封止された受動素子 10 のうち最も大きな高さを有するものの高さを、半導体スイッチング素子 1 の高さ と金属ブロック 8 a の高さとの合計よりも小さくなるように設計すれば良い。

[0065] また、受動素子 10 を、第 1 封止樹脂層 1 M に封止するのではなく、第 2 封止樹脂層 2 M に封止するようにしても良い。あるいは、第 1 封止樹脂層 1

Mだけに封止した受動素子10に加えて、別の受動素子10を、第2封止樹脂層2Mにも封止するようにしても良い。

[0066] また、第1実施形態にかかる半導体モジュール100においては、封止樹脂11として、その熱膨張率が、半導体スイッチング素子1、2（線膨張率：4 ppm/K）、受動素子10（線膨張率：19 ppm/K）、リード端子51a、51b、51c、52a、52b、53a、53b（線膨張率：17 ppm/K）、金属ブロック8a、8b（線膨張率：17 ppm/K）、接続用導体9a、9b（線膨張率：24 ppm/K）のうち、最も大きい線膨張率と、最も小さい線膨張率の中間の値を有するものを用いた。具体的には、前記構成部材のうち、線膨張率の最も大きい接続用導体9a、9b（線膨張率：24 ppm/K）と、線膨張率の最も小さい半導体スイッチング素子1、2（線膨張率：4 ppm/K）の中間の値である、線膨張率が8～20 ppm/Kの封止樹脂を用いた。なお、前記構成部材の線膨張率は、適用した構成部材の材質により変わるものである。すなわち、適用した構成部材の材質によっては、最も大きい線膨張率を有する部材、最も小さい線膨張率を有する部材、およびそれら線膨張率の値が変わるものであり、これに従い、封止樹脂11の線膨張率の選択範囲は適宜変更されるものである。

[0067] 上述のとおり、半導体モジュール100を構成する部材には、線膨張率の大きい部材や小さい部材が混在している。そのため、半導体モジュール100の内部には、これら部材間の線膨張率差による熱応力が発生する。

[0068] この熱応力に起因する熱疲労により、次の問題が発生する虞があった。まず、半導体スイッチング素子1とリード端子52bとの接合部、半導体スイッチング素子2とリード端子53bとの接合部、受動素子10とリード端子51a、51bとの接合部、半導体スイッチング素子1と接続用導体9aとの接合部、半導体スイッチング素子2と接続用導体9bとの接合部、半導体スイッチング素子1と金属ブロック8aとの接合部、半導体スイッチング素子2と金属ブロック8bとの接合部が破断する虞があった。また、半導体ス

スイッチング素子 1、2 や受動素子 10 等の実装素子が破壊する虞があった。

[0069] そこで、半導体モジュール 100 の空間に、半導体モジュール 100 を構成する各部材の線膨張率のうち、最も大きい線膨張率と最も小さい線膨張率の中間の値の線膨張率を有する封止樹脂 11 を充填することで、前記接合部の破断や、実装素子（半導体スイッチング素子 1、2 や受動素子 10）の破壊を抑制することができる。

[0070] さらに、実施形態 1 にかかる半導体モジュール 100 においては、受動素子を第 1 リード端子層または第 3 リード端子層に配置されたリード端子に接合した。

[0071] 受動素子は、該受動素子が抵抗素子である場合はもとより、コンデンサ素子、インダクタ素子であっても、微小の抵抗成分を有するため、半導体モジュールが作動する際には、半導体スイッチング素子のみならず、受動素子も自己発熱する場合がある。このように自己発熱する受動素子に対しては、半導体スイッチング素子と同様に放熱対策が必要となる。

[0072] 第 1 の実施形態にかかる半導体モジュール 100 においては、受動素子 10 を、第 1 のリード端子層に配置されたリード端子 51 a、51 b に接合する。これにより、受動素子から発せられた熱は、第 1 リード端子層に配置されたリード端子 51 a を平面方向に伝わって外部に放出されると同時に、第 1 のリード端子層に配置されたリード端子 51 a、51 b から、樹脂板 6 a を、それぞれの厚み方向に伝わり、放熱板から外部に放出される。前記二つの放熱経路が確保されることで、受動素子は、過度に温度上昇することなく、機能保証温度の範囲内で、正常に作動し続けることが可能となる。

[0073] 以上の構造からなる、第 1 実施形態にかかる半導体モジュール 100 は、たとえば、次の方法で製造することができる。

[0074] まず、樹脂板 6 a に、第 1 リード端子層 1 L に配置されるリード端子 51 a、51 b、51 c と、放熱板 7 a を取付ける。具体的には、樹脂板 6 a の一方の主面に、予めリードフレーム（図示せず）で繋がったリード端子 51 a、51 b、51 c を接着剤により接着し、他方の主面に放熱板 7 a を接着

剤により接着する。あるいは、未硬化樹脂体の一方の主面にリード端子 5 1 a、5 1 b、5 1 c を、他方の主面に放熱板 7 a を配置して熱間プレスし、前記未硬化樹脂シートを熱硬化させて樹脂板 6 a とすることで、樹脂板 6 a の一方の主面に、予めリードフレーム（図示せず）で繋がったリード端子 5 1 a、5 1 b、5 1 c を、他方の主面に放熱板 7 a を、接着剤を介さずに接着することもできる。

[0075] 同様に、樹脂板 6 b に、予めリードフレーム（図示せず）で繋がった第 3 リード端子層 3 L に配置されるリード端子 5 3 a、5 3 b と、放熱板 7 b を取付ける。具体的には、樹脂板 6 b の一方の主面にリード端子 5 3 a、5 3 b を接着剤により接着し、他方の主面に放熱板 7 b を接着剤により接着する。あるいは、未硬化樹脂体の一方の主面にリード端子 5 3 a、5 3 b を、他方の主面に放熱板 7 b を配置して熱間プレスし、前記未硬化樹脂シートを熱硬化させて樹脂板 6 b とすることで、樹脂板 6 b の一方の主面に、予めリードフレーム（図示せず）で繋がったリード端子 5 3 a、5 3 b、5 3 c を、他方の主面に放熱板 7 b を、接着剤を介さずに接着することもできる。

[0076] 第 2 リード端子層 2 L に配置されるリード端子 5 2 a とリード端子 5 2 b は、本実施形態においては樹脂板と接していない。しかしながら、リード端子 5 2 a とリード端子 5 2 b が、樹脂板と接するようにしても良い。なお、本実施形態においては、リード端子 5 2 a とリード端子 5 2 b とは樹脂板には接していないが、製造初期の段階においては、リード端子 5 2 a とリード端子 5 2 b とはリードフレーム（図示せず）により繋がっている。

[0077] 次に、第 1 の半導体スイッチング素子 1 を、接合材 4 により、リード端子 5 2 a に接合する。同様に、第 2 の半導体スイッチング素子 2 を、接合材 4 により、リード端子 5 3 a に接合する。この場合の接合材 4 には、ナノ焼結金属、はんだ、導電性樹脂等を用いる。

[0078] 次に、第 1 の半導体スイッチング素子 1 の信号電極パッド 1 a と、リード端子 5 2 b とを、接続用導体 9 a により接続する。同様に、第 2 の半導体スイッチング素子 2 の信号電極パッド 2 a と、リード端子 5 3 b とを、接続用

導体 9 b により接続する。接続用導体 9 a、9 b に金属ワイヤーを用いる場合は、ワイヤーボンディングで接続する。また、接続用導体 9 a、9 b に金属クリップを用いる場合は、信号電極パッド 1 a、2 a、リード端子 5 2 b、5 3 b と、ナノ焼結金属、はんだ、導電性樹脂等で接続する。

[0079] 次に、第 1 の半導体スイッチング素子 1 の電源電極パッド 1 b に、接合材 4 により、金属ブロック 8 a を接合する。同様に、第 2 の半導体スイッチング素子 2 の電源電極パッド 2 a に、接合材 4 により、金属ブロック 8 b を接合する。この場合の接合材 4 には、ナノ焼結金属、はんだ、導電性樹脂等を用いる。

[0080] 次に、受動素子 10 の 1 対の電極パッド（図示せず）を、接合材 4 により、樹脂板 6 a に取付けられたリード端子 5 1 a、5 1 b に接合する。この場合の接合材 4 には、ナノ焼結金属、はんだ、導電性樹脂等を用いる。

[0081] 次に、第 1 の半導体スイッチング素子 1 の電源電極パッド 1 b に接合された金属ブロック 8 a（の該接合面とは反対の面）を、接合材 4 により、リード端子 5 1 c に接続する。さらに、第 2 の半導体スイッチング素子 2 の電源電極パッド 2 a に接合された金属ブロック 8 b（の該接合面とは反対の面）を、接合材 4 により、リード端子 5 2 a に接合する。この場合の接合材 4 には、ナノ焼結金属、はんだ、導電性樹脂等を用いる。

[0082] 次に、一体化された、第 1 の半導体スイッチング素子 1、第 2 の半導体スイッチング素子 2、金属ブロック 8 a、8 b、受動素子 10、リード端子 5 1 a～5 3 b、樹脂板 6 a、6 b、放熱板 7 a、7 b、接続用導体 9 a、9 b を金型（図示せず）内に収容する。続いて、金型内に樹脂を注入し、硬化させて、第 1 の半導体スイッチング素子 1、第 2 の半導体スイッチング素子 2、金属ブロック 8 a、8 b、受動素子 10、リード端子 5 1 a～5 3 b、樹脂板 6 a、6 b、接続用導体 9 a、9 b を、封止樹脂 11 内に封止する。なお、リード端子 5 1 a、5 1 c、5 2 a、5 2 b、5 3 a、5 3 b の先端は、封止樹脂 11 から導出されている。また、放熱板 7 a、7 b が、封止樹脂 11 の両主面から露出されている。

[0083] 最後に、封止樹脂 11 から導出されたリード端子 51a～53b の必要な部分だけを残し、不要なリードフレームを切り落として、第 1 実施形態にかかる半導体モジュール 100 を完成させる。

[0084] [第 2 実施形態]

図 2 に、本発明の第 2 実施形態にかかる半導体モジュール 200 を示す。ただし、図 2 は、半導体モジュール 200 の断面図である。

[0085] 第 2 実施形態にかかる半導体モジュール 200 は、図 1 (A)、(B) に示した、第 1 実施形態にかかる半導体モジュール 100 の、第 2 リード端子層 2L に配置されたリード端子 52a と、受動素子 10 とを別のものに変更した。半導体モジュール 200 の他の構成は、半導体モジュール 100 と同じにした。以下に説明する。

[0086] 半導体モジュール 200 は、第 2 リード端子層 2L に、リード端子 52c を備える。リード端子 52c は、幅広の板状の金属からなり、両主面間を貫通して、貫通孔 52c-h が形成されている。

[0087] リード端子 52c の一方の主面には、接合材 4 により、第 1 の半導体スイッチング素子 1 の他方の電源電極パッド（図示せず）が接合されている。また、リード端子 52c の他方の主面には、第 2 の半導体スイッチング素子 2 の一方の電源電極パッド（図示せず）に接合された金属ブロック 8b が、接合材 4 により、接合されている。

[0088] また、半導体モジュール 200 は、高さの大きい受動素子 20 を備える。受動素子 20 は、たとえば、抵抗素子、サーミスタ素子、コンデンサ素子、インダクタンス素子等からなる。

[0089] 受動素子 20 は、一方の主面に 1 対の電極パッド（図示せず）が形成され、一方の電極パッドが、接合材 4 により、第 1 リード端子層 1L に配置されたリード端子 51a に接合され、他方の電極パッドが、接合材 4 により、第 1 リード端子層 1L に配置されたリード端子 51b に接合されている。

[0090] また、受動素子 20 は、リード端子 52c に形成された貫通孔 52c-h を貫通して配置されている。

[0091] 第1の半導体スイッチング素子1、第2の半導体スイッチング素子2、金属ブロック8a、8b、受動素子20は、リード端子51a、51b、51c、52b、52c、53a、53b、樹脂板6a、6b、接続用導体9a、9bとともに、封止樹脂11に封止されている。また、放熱板7a、7bが、封止樹脂11の両主面から露出されている。

[0092] 受動素子20の高さは、第1の半導体スイッチング素子1の高さと、第1の半導体スイッチング素子1の一方の電源電極パッドに接合された金属ブロック8aの高さと、第2リード端子層に配置されたリード端子52cの高さと、第2の半導体スイッチング素子2の高さと、第2の半導体スイッチング素子2の一方の電源電極パッドに接合された金属ブロック8bの高さの合計よりも小さくなるように設計されている。受動素子20が、第3リード端子層3Lに配置されたリード端子53aに支え、半導体モジュール200の主面が部分的に膨れたり、傾いたりすることで、半導体モジュール200を機器、装置内に組み込む際に不具合が生じたり、内部で接合材4が外れて導通不良を起こしたりすることを防止するためである。

[0093] また、半導体モジュール200においては、封止樹脂11の線膨張率を、半導体スイッチング素子1、2、受動素子20、リード端子51a、51b、51c、52b、52c、53a、53b、金属ブロック8a、8b、接続用導体9a、9bのうち、最も大きい線膨張率と、最も小さい線膨張率の中間の値とした。半導体モジュール200が高温、低温に曝された場合においても、前記部材間の接合部の破断や、実装素子（半導体スイッチング素子1、2や受動素子20）の破壊を防止するためである。

[0094] [第3実施形態]

図3に、本発明の第3実施形態にかかる半導体モジュール300を示す。ただし、図3は、半導体モジュール300の断面図である。

[0095] 第3実施形態にかかる半導体モジュール300は、図1(A)、(B)に示した、第1実施形態にかかる半導体モジュール100に、第3の半導体スイッチング素子3、金属ブロック8c、接続用導体9cを追加した。そして

、第3の半導体スイッチング素子3、金属ブロック8c、接続用導体9cを追加したことにともない、第3リード端子層3Lに配置されたリード端子の構成を変更した。半導体モジュール300の他の構成は、半導体モジュール100と同じにした。以下に説明する。

[0096] 半導体モジュール300は、第3リード端子層3Lに、リード端子53b、53c、53d、53eを備える。なお、リード端子53c、53d、53eを備えたことにより、半導体モジュール100が備えていたリード端子53aは備えていない。

[0097] リード端子53b、53c、53d、53eは、樹脂板6bと接している。

[0098] リード端子53eには、接合材4により、第2の半導体スイッチング素子2の他方の電源電極パッド（図示せず）が接合されている。

[0099] 上述したように、半導体モジュール300は、第3の半導体スイッチング素子3と、金属ブロック8cと、接続用導体9cとが追加されている。

[0100] 第3の半導体スイッチング素子3は、両主面を有し、一方の主面に信号電極パッド（図示せず）と一方の電源電極パッド（図示せず）とが形成され、他方の主面に他方の電源電極パッド（図示せず）が形成されている。

[0101] 第3の半導体スイッチング素子3の他方の電源電極パッドは、接合材4により、リード端子53cに接合されている。第3の半導体スイッチング素子3の一方の電源電極パッドには、接合材4により、金属ブロック8cが接合されている。金属ブロック8cの反対側の主面は、接合材4により、第2リード端子層2Lに配置されたリード端子52aに接合されている。第3の半導体スイッチング素子3の信号電極パッドは、接続用導体9cにより、リード端子53dと電氣的に接続されている。

[0102] また、半導体モジュール300においては、封止樹脂11の線膨張率を、半導体スイッチング素子1、2、3、受動素子10、リード端子51a、51b、51c、52a、52b、53b、53c、53d、53e、金属ブロック8a、8b、8c、接続用導体9a、9b、9cのうち、最も大きい

線膨張率と、最も小さい線膨張率の中間の値とした。半導体モジュール 300 が高温、低温に曝された場合においても、前記部材間の接合部の破断や、実装素子（半導体スイッチング素子 1、2、3 や受動素子 10）の破壊を防止するためである。

[0103] また、半導体モジュール 300 においては、受動素子 10 を第 1 リード端子層に配置されたリード端子 51a、51b に接合した。受動素子 10 からの放熱経路を十分に確保し、受動素子 10 の過度な温度上昇を防止するためである。

[0104] [第 4 実施形態]

図 4（A）、（B）に、本発明の第 4 実施形態にかかる半導体モジュール 400 を示す。ただし、図 4（A）は、半導体モジュール 400 の平面図である。また、図 4（B）は、半導体モジュール 400 の断面図であり、図 4（A）の X-X 部分を示している。

[0105] 第 4 実施形態にかかる半導体モジュール 400 は、図 1（A）、（B）に示した、第 1 実施形態にかかる半導体モジュール 100 の、第 2 の半導体スイッチング素子 2 の封止位置をずらした。そして、第 2 の半導体スイッチング素子 2 の封止位置をずらしたことにともない、第 3 リード端子層 3L に配置されたリード端子の構成を変更した。半導体モジュール 400 の他の構成は、半導体モジュール 100 と同じにした。以下に説明する。

[0106] 半導体モジュール 400 は、第 3 リード端子層 3L に、リード端子 53f、53g を備える。リード端子 53f は、第 1 実施形態にかかる半導体モジュール 100 のリード端子 53a に代わるものであり、リード端子 53a よりも短い。リード端子 53g は、第 1 実施形態にかかる半導体モジュール 100 のリード端子 53b に代わるものであり、リード端子 53b よりも長い。

[0107] 半導体モジュール 400 においては、第 2 の半導体スイッチング素子 2 の他方の電源電極パッド（図示せず）が、接合材 4 により、リード端子 53f に接合されている。また、第 2 の半導体スイッチング素子 2 の信号電極パッド

ドが、接続用導体 9 b により、リード端子 5 3 g にと電氣的に接続されている。

[0108] 半導体モジュール 4 0 0 においては、封止樹脂層 1 M、2 M を垂直方向に透視した場合に、第 1 の半導体スイッチング素子 1 と第 2 の半導体スイッチング素子 2 とが、完全には重ならないように配置されている。本実施形態では、第 1 の半導体スイッチング素子 1 と第 2 の半導体スイッチング素子 2 とは僅かに重なっているが、全く重ならないようにしても良い。

[0109] 第 1 の実施形態にかかる半導体モジュール 1 0 0 は、第 1 の半導体スイッチング素子 1 と、第 2 の半導体スイッチング素子 2 が発生させる熱が、第 1 の半導体スイッチング素子 1 と第 2 の半導体スイッチング素子 2 との中間部にある金属ブロック 8 b、リード端子 5 2 a 近傍で蓄積され、該近辺の温度が過度に上昇する場合がある。

[0110] これに対し、半導体モジュール 4 0 0 は、第 1 の半導体スイッチング素子 1 と第 2 の半導体スイッチング素子 2 とが、完全には重ならないように配置されているため、半導体モジュール 1 0 0 よりも、使用時に、第 1 の半導体スイッチング素子 1 および第 2 の半導体スイッチング素子 2 が発生させる熱を、効率よく放散させることができる。また、半導体モジュール 4 0 0 においては、封止樹脂 1 1 の線膨張率を、半導体スイッチング素子 1、2、受動素子 1 0、リード端子 5 1 a、5 1 b、5 1 c、5 2 a、5 2 b、5 3 f、5 3 g、金属ブロック 8 a、8 b、接続用導体 9 a、9 b のうち、最も大きい線膨張率と、最も小さい線膨張率の中間の値とした。半導体モジュール 4 0 0 が高温、低温に曝された場合においても、前記部材間の接合部の破断や、実装素子（半導体スイッチング素子 1、2 や受動素子 1 0）の破壊を防止するためである。

[0111] [第 5 実施形態]

図 5 に、本発明の第 5 実施形態にかかる半導体モジュール 5 0 0 の等価回路を示す。

半導体モジュール 5 0 0 は、P 側端子 P と、N 側端子 N と、中間端子 U 1 と

、2個の半導体スイッチング素子 S_1 、 S_2 と、受動素子としてシャント抵抗素子 R_s とを備える。

[0112] 半導体モジュール500は、P側端子Pに、半導体スイッチング素子 S_1 のドレインが接続され、半導体スイッチング素子 S_1 のソースに、半導体スイッチング素子 S_2 のドレインが接続され、半導体スイッチング素子 S_2 のソースに、シャント抵抗素子 R_s の一端が接続され、シャント抵抗素子 R_s の他端にN側端子Nが接続されている。

[0113] また、半導体モジュール500は、半導体スイッチング素子 S_1 と半導体スイッチング素子 S_2 との接続点に、中間端子 U_1 が接続されている。

[0114] 半導体モジュール500は、図1(A)、(B)に示した、第1実施形態にかかる半導体モジュール100の構造により実現することができる。すなわち、半導体スイッチング素子 S_1 を半導体モジュール100の第1の半導体スイッチング素子1、半導体スイッチング素子 S_2 を半導体モジュール100の第2の半導体スイッチング素子2、シャント抵抗素子 R_s を半導体モジュール100の受動素子10で構成するとともに、所定のリード端子間を接続することにより、半導体モジュール500の等価回路を、第1実施形態にかかる半導体モジュール100の構造により実現することができる。

[0115] [第6実施形態]

図6に、本発明の第6実施形態にかかる半導体モジュール600の等価回路を示す。半導体モジュール600は、P側端子Pと、N側端子Nと、中間端子 U_1 と、3個の半導体スイッチング素子 S_1 、 S_2 、 S_3 と、受動素子としてシャント抵抗素子 R_s とを備える。

[0116] 半導体モジュール600は、P側端子Pに、半導体スイッチング素子 S_1 のドレインが接続され、半導体スイッチング素子 S_1 のソースに、半導体スイッチング素子 S_2 のドレインが接続され、半導体スイッチング素子 S_2 のソースに、シャント抵抗素子 R_s の一端が接続され、シャント抵抗素子 R_s の他端にN側端子Nが接続されている。

[0117] また、半導体モジュール600は、半導体スイッチング素子 S_1 と半導体

スイッチング素子S₂との接続点に、半導体スイッチング素子S₃のソースが接続され、半導体スイッチング素子S₃のドレインに中間端子U₁が接続されている。

[0118] 半導体モジュール600は、図3に示した、第3実施形態にかかる半導体モジュール300の構造により実現することができる。すなわち、半導体スイッチング素子S₁を半導体モジュール300の第1の半導体スイッチング素子1、半導体スイッチング素子S₂を半導体モジュール300の第2の半導体スイッチング素子2、半導体スイッチング素子S₃を半導体モジュール300の第3の半導体スイッチング素子3、シャント抵抗素子R_sを半導体モジュール300の受動素子10で構成するとともに、所定のリード端子間を接続することにより、半導体モジュール600の等価回路を、第3実施形態にかかる半導体モジュール300の構造により実現することができる。

[0119] [第7実施形態]

図7に、本発明の第7実施形態にかかる半導体モジュール700の等価回路を示す。

[0120] 半導体モジュール700は、インバータの電力変換部を構成している。

[0121] 半導体モジュール700は、P側端子Pと、N側端子Nと、3個の中間端子U₁～U₃とを備える。

[0122] 半導体モジュール700は、P側端子Pと、N側端子Nとの間に、図5に示した第5実施形態にかかる半導体モジュール500を、3個、並列に接続した構成からなる。したがって、半導体モジュール700は、第5実施形態の説明からも分かるように、図1(A)、(B)に示した、第1実施形態にかかる半導体モジュール100を3個複合化し、かつ、所定の個所の間を接続することにより実現することができる。

[0123] [第8実施形態]

図8に、本発明の第8実施形態にかかる半導体モジュール800の等価回路を示す。

[0124] 半導体モジュール800は、インバータの電力変換部を構成している。

[0125] 半導体モジュール800は、P側端子Pと、N側端子Nと、3個の中間端子U1～U3とを備える。

[0126] 半導体モジュール800は、P側端子Pと、N側端子Nとの間に、図6に示した第6実施形態にかかる半導体モジュール600を、3個、並列に接続した構成からなる。

[0127] したがって、半導体モジュール800は、第6実施形態の説明からも分かるように、図3に示した、第3実施形態にかかる半導体モジュール300を3個複合化し、かつ、所定の個所の間を接続することにより実現することができる。

[0128] [第9実施形態]

図9に、本発明の第9実施形態にかかる半導体モジュール900の等価回路を示す。

[0129] 半導体モジュール900は、インバータの電力変換部を構成している。

[0130] 半導体モジュール900は、P側端子Pと、N側端子Nと、3個の中間端子U1～U3と、6個の信号端子V1～V6と、6個の半導体スイッチング素子S1～S6と、スナバーコンデンサC_sと、サーミスタT_{hm}と、3個のシャント抵抗R_sと、6個のゲート抵抗R_gとを備える。

[0131] 半導体モジュール900においては、P側端子Pに、半導体スイッチング素子S1のドレインが接続され、半導体スイッチング素子S1のソースに、半導体スイッチング素子S2のドレインが接続され、半導体スイッチング素子S2のソースに、シャント抵抗素子R_sの一端が接続され、シャント抵抗R_sの他端にN側端子Nが接続されている。そして、半導体スイッチング素子S1のソースと半導体スイッチング素子S2のドレインとの接続点が、中間端子U1に接続されている。また、半導体スイッチング素子S1のゲートが、ゲート抵抗R_gを介して、信号端子V1に接続され、半導体スイッチング素子S2のゲートが、ゲート抵抗R_gを介して、信号端子V2に接続されている。

[0132] 同様に、P側端子Pに、半導体スイッチング素子S3のドレインが接続され、半導体スイッチング素子S3のソースに、半導体スイッチング素子S4

のドレインが接続され、半導体スイッチング素子 S_4 のソースに、シャント抵抗素子 R_s の一端が接続され、シャント抵抗 R_s の他端に N 側端子 N が接続されている。そして、半導体スイッチング素子 S_3 のソースと半導体スイッチング素子 S_4 ドレインとの接続点が、中間端子 U_2 に接続されている。また、半導体スイッチング素子 S_3 のゲートが、ゲート抵抗 R_g を介して、信号端子 V_3 に接続され、半導体スイッチング素子 S_4 のゲートが、ゲート抵抗 R_g を介して、信号端子 V_4 に接続されている。

[0133] 同様に、 P 側端子 P に、半導体スイッチング素子 S_5 のドレインが接続され、半導体スイッチング素子 S_5 のソースに、半導体スイッチング素子 S_6 のドレインが接続され、半導体スイッチング素子 S_6 のソースに、シャント抵抗素子 R_s の一端が接続され、シャント抵抗 R_s の他端に N 側端子 N が接続されている。そして、半導体スイッチング素子 S_5 のソースと半導体スイッチング素子 S_6 ドレインとの接続点が、中間端子 U_3 に接続されている。また、半導体スイッチング素子 S_5 のゲートが、ゲート抵抗 R_g を介して、信号端子 V_5 に接続され、半導体スイッチング素子 S_6 のゲートが、ゲート抵抗 R_g を介して、信号端子 V_6 に接続されている。

[0134] そして、 P 側端子 P と N 側端子 N との間には、スナバーコンデンサ C_s も接続されている。

[0135] また、半導体モジュール 900 においては、独立した回路系統により、半導体スイッチング素子 $S_1 \sim S_6$ の近傍に、サーミスタ T_{hm} が配置されている。

[0136] 半導体モジュール 900 においては、シャント抵抗 R_s の両端間の電圧を監視することにより、異常電流を検知することができる。また、サーミスタ T_{hm} により、半導体スイッチング素子 $S_1 \sim S_6$ の異常発熱を検知することができる。

[0137] 半導体モジュール 900 においては、6 個の半導体スイッチング素子 $S_1 \sim S_6$ とともに、スナバーコンデンサ C_s 、サーミスタ T_{hm} 、シャント抵抗 R_s 、ゲート抵抗 R_g のうちの少なくとも 1 種類が、受動素子として、封止樹

脂内に封止されている。

[0138] [第10実施形態]

図10に、本発明の第10実施形態にかかる半導体モジュール1000の等価回路を示す。

[0139] 半導体モジュール1000は、インバータの電力変換部を構成している。

[0140] 半導体モジュール1000は、P側端子Pと、N側端子Nと、3個の中間端子U1～U3と、9個の信号端子V1～V9と、9個の半導体スイッチング素子S1～S9と、スナバーコンデンサ C_s と、サーミスタ T_{hm} と、3個のシャント抵抗 R_s と、9個のゲート抵抗 R_g とを備える。

[0141] 半導体モジュール1000においては、P側端子Pに、半導体スイッチング素子S1のドレインが接続され、半導体スイッチング素子S1のソースに、半導体スイッチング素子S2のドレインが接続され、半導体スイッチング素子S2のソースに、シャント抵抗素子 R_s の一端が接続され、シャント抵抗 R_s の他端にN側端子Nが接続されている。そして、半導体スイッチング素子S1のソースと半導体スイッチング素子S2のドレインとの接続点に、半導体スイッチング素子S7のソースが接続され、半導体スイッチング素子S7のドレインに中間端子U1が接続されている。また、半導体スイッチング素子S1のゲートが、ゲート抵抗 R_g を介して、信号端子V1に接続され、半導体スイッチング素子S2のゲートが、ゲート抵抗 R_g を介して、信号端子V2に接続され、半導体スイッチング素子S7のゲートが、ゲート抵抗 R_g を介して、信号端子V7に接続されている。

[0142] 同様に、P側端子Pに、半導体スイッチング素子S3のドレインが接続され、半導体スイッチング素子S3のソースに、半導体スイッチング素子S4のドレインが接続され、半導体スイッチング素子S4のソースに、シャント抵抗素子 R_s の一端が接続され、シャント抵抗 R_s の他端にN側端子Nが接続されている。そして、半導体スイッチング素子S3のソースと半導体スイッチング素子S4ドレインとの接続点に、半導体スイッチング素子S8のソースが接続され、半導体スイッチング素子S8のドレインに中間端子U2が接

続されている。また、半導体スイッチング素子 S_3 のゲートが、ゲート抵抗 R_G を介して、信号端子 V_3 に接続され、半導体スイッチング素子 S_4 のゲートが、ゲート抵抗 R_G を介して、信号端子 V_4 に接続され、半導体スイッチング素子 S_8 のゲートが、ゲート抵抗 R_G を介して、信号端子 V_8 に接続されている。

[0143] 同様に、 P 側端子 P に、半導体スイッチング素子 S_5 のドレインが接続され、半導体スイッチング素子 S_5 のソースに、半導体スイッチング素子 S_6 のドレインが接続され、半導体スイッチング素子 S_6 のソースに、シャント抵抗素子 R_S の一端が接続され、シャント抵抗 R_S の他端に N 側端子 N が接続されている。そして、半導体スイッチング素子 S_5 のソースと半導体スイッチング素子 S_6 ドレインとの接続点に、半導体スイッチング素子 S_9 のソースが接続され、半導体スイッチング素子 S_9 のドレインに中間端子 U_3 が接続されている。また、半導体スイッチング素子 S_5 のゲートが、ゲート抵抗 R_G を介して、信号端子 V_5 に接続され、半導体スイッチング素子 S_6 のゲートが、ゲート抵抗 R_G を介して、信号端子 V_6 に接続され、半導体スイッチング素子 S_9 のゲートが、ゲート抵抗 R_G を介して、信号端子 V_9 に接続されている。

[0144] そして、 P 側端子 P と N 側端子 N との間には、スナバーコンデンサ C_S も接続されている。

[0145] また、半導体モジュール 1000 においては、独立した回路系統により、半導体スイッチング素子 $S_1 \sim S_9$ の近傍に、サーミスタ T_{hm} が配置されている。

[0146] 半導体モジュール 1000 においては、シャント抵抗 R_S の両端間の電圧を監視することにより、異常電流を検知することができる。また、サーミスタ T_{hm} により、半導体スイッチング素子 $S_1 \sim S_9$ の異常発熱を検知することができる。

[0147] 半導体モジュール 1000 においては、 9 個の半導体スイッチング素子 $S_1 \sim S_9$ とともに、スナバーコンデンサ C_S 、サーミスタ T_{hm} 、シャント抵

抗 R_s 、ゲート抵抗 R_g のうちの少なくとも１種類が、受動素子として、封止樹脂内に封止されている。

[0148] [第１１実施形態]

第１１実施形態にかかる半導体モジュール１１００は、第１実施形態にかかる半導体モジュール１００の構成要素の材質、および構成要素間の取付け方法に一部変更を加えた。構造そのものには変更がないので、半導体モジュール１００を説明した図１（Ａ）、（Ｂ）を援用して半導体モジュール１１００を説明する。

[0149] 半導体モジュール１００では、エポキシ系樹脂、ポリイミド系樹脂、ビスマレイミド系樹脂、シリコン系樹脂等に、アルミナ、窒化アルミニウム、窒化珪素、炭化珪素等の高熱伝導率のフィラーを充填した樹脂板６ａ、６ｂを使用した。半導体モジュール１１００では、これに代えて、窒化珪素、窒化アルミニウム、アルミナなどを主成分とするセラミックス製のセラミックス板（便宜上、符号を６ａ、６ｂとして援用する）を使用した。

[0150] また、半導体モジュール１００では、リード端子５１ａ～５１ｃ、放熱板７ａの樹脂板６ａへの取付け、および、リード端子５３ａ、５３ｂ、放熱板７ｂの樹脂板６ｂへの取付けに接着剤を用いた。半導体モジュール１１００では、これに代えて、この部分の取付けに、少なくとも、セラミックスの構成成分と反応する活性な金属と、Ａｇと、Ｃｕとを含む合金（図示せず）を用いた。本実施形態においては、具体的には、セラミックスの構成成分と反応する活性な金属として、合金にＴｉを含有させた。ただし、セラミックに含まれる成分と反応する活性な金属はＴｉには限定されず、Ｚｒなど、他の金属であっても良い。なお、セラミックスの構成成分と反応する活性な金属と、Ａｇと、Ｃｕとを含む合金は、活性金属ロウ材と呼ばれる場合がある。

[0151] セラミックスの構成成分と反応する活性な金属と、Ａｇと、Ｃｕとを含む合金には、必要に応じて、融点を調整するために、Ｔｉ、Ｚｎ、Ｓｎ、Ｉｎ、Ｎｉ、Ｍｎ、Ｃｄなどから選ばれる金属が、１種または複数種、添加される場合がある。なお、本実施形態においては、セラミックに含まれる成分と

反応する活性成分として添加されたTiは、融点を調整する役割も果たしている。

[0152] なお、合金にTiを添加する場合には、Tiの添加量は、合金の全重量に対して3重量%以下であることが好ましい。Tiの含有量が3重量%を超えると、合金自体が脆化する虞があるからである。本実施形態においては、合金6の配合比率を、Ag60～80重量%、Cu20～40重量%、Ti1～3重量%とした。

[0153] 半導体モジュール1100の他の構成は、半導体モジュール100と同じにした。

[0154] リード端子51a～51c、53a、53b、放熱板7a、7bのセラミックス板6a、6bへの取付けは、予め、リード端子51a～51c、53a、53b、放熱板7a、7bに活性金属ロウ材からなるペーストを塗布しておき、その塗布面をセラミックス板6a、6bへ当接させて、その活性金属ロウ材の融点以上の温度で熱処理することによりおこなうことができる。

[0155] セラミックスの構成成分と反応する活性な金属と、Agと、Cuとを含む合金は、リード端子51a～51c、53a、53b、放熱板7a、7bをセラミックス板6a、6bへ強固に接合する。たとえば、セラミックス板6a、6bに窒化珪素を用い、リード端子51a～51c、53a、53b、放熱板7a、7bにCuを用い、両者を、Tiが添加されたAgとCuとを含む合金によって接合した場合、合金のセラミックス板（窒化珪素基板）6a、6bの近傍には、TiNや、MNが形成される（ただしMはSi、Cu、Tiの合金）。すなわち、合金のセラミックス板6a、6b近傍のTiの濃度が、合金のその他の部分のTiの濃度よりも高くなっている。この結果、リード端子51a～51c、53a、53b、放熱板7a、7bとセラミックス板6a、6bとは、高い強度で接合されている。

[0156] また、セラミックスの構成成分と反応する活性な金属と、Agと、Cuとを含む合金は、一般に、接着剤よりも熱伝導率が高い。そのため、半導体モジュール1100は、半導体スイッチング素子1、2が発生させた熱を、金属

ブロック 8 a、リード端子 5 1 c、5 3 a 等を経由し、更にセラミックス板 6 a、6 b、放熱板 7 a、7 b を経由して、より効率的に放散させることができる。

[0157] 第 1 1 実施形態にかかる半導体モジュール 1 1 0 0 は、高い強度を備えたセラミックス板 6 a、6 b に、リード端子 5 1 a ~ 5 1 c、5 3 a、5 3 b、放熱板 7 a、7 b が、セラミックスの構成成分と反応する活性な金属と、A g と、C u とを含む合金を介して強固に接合されているため、高い強度を備えている。また、放熱性においても優れている。

[0158] [第 1 2 実施形態]

第 1 2 実施形態にかかる半導体モジュール 1 2 0 0 は、第 1 実施形態にかかる半導体モジュール 1 0 0 の構成要素間の取付け方法に一部変更を加えた。構造そのものには変更がないので、半導体モジュール 1 0 0 を説明した図 1 (A)、(B) を援用して半導体モジュール 1 2 0 0 を説明する。

[0159] 半導体モジュール 1 0 0 では、成型体の樹脂板 6 a に、リード端子 5 1 a ~ 5 1 c、放熱板 7 a を接着剤によって取付け、同じく成型体の樹脂板 6 b に、リード端子 5 3 a、5 3 b、放熱板 7 b を接着剤により取付けた。半導体モジュール 1 0 0 では、これに変更を加え、未硬化状態の樹脂板 6 a、6 b に、リード端子 5 1 a ~ 5 1 c、5 3 a、5 3 b、放熱板 7 a、7 b を熱圧着し、更に加熱して樹脂板 6 a、6 b を硬化させて、リード端子 5 1 a ~ 5 1 c、5 3 a、5 3 b、放熱板 7 a、7 b を、樹脂板 6 a、6 b に取付けた。すなわち、半導体モジュール 1 2 0 0 は、リード端子 5 1 a ~ 5 1 c、5 3 a、5 3 b、放熱板 7 a、7 b の樹脂板 6 a、6 b への取付けに、接着剤を使用しなかった。半導体モジュール 1 2 0 0 の他の構造および製造工程は、半導体モジュール 1 0 0 と同じにした。以下に、半導体モジュール 1 2 0 0 について、詳細に説明する。

[0160] リード端子 5 1 a ~ 5 3 b は、信号経路や電源経路となる。よって、電氣的損失を低減するために、比抵抗が低い金属により形成されたものである必要がある。また、リード端子 5 1 a ~ 5 3 b は、実装される半導体スイッチ

ング素子で発生する熱をモジュール外部に排出する放熱経路となる。よって、リード端子51a～53bは、熱抵抗を小さくするために、熱伝導率が高い金属である必要がある。これら要求を満たすためには、無酸素銅やタフピッチ銅など、高純度の銅が、リード端子51a～53bの材質として選択される。ただし、封止樹脂11から外部に出たリード端子部は、外部接続端子となり、ある程度の強度が要求される場合がある。その場合、強度の低い高純度の銅を適用するのは不適であるため、比抵抗や熱伝導率が大きく変化しない範囲で若干の不純物を添加することで高強度化した銅が、リード端子51a～53bの材質として選択される。このような銅材の代表的なものとして、株式会社神戸製鋼所製の「KFC（登録商標）」をあげることができる。

[0161] 樹脂板6a、6bには、エポキシ系樹脂、ポリイミド系樹脂、ビスマレイミド系樹脂などからなる熱硬化性樹脂が使用される。樹脂板6a、6bは、リード端子51c、52a、53aに実装された半導体スイッチング素子1、2で発生する熱を、放熱板7a、7bから排出するための放熱経路となる。よって、樹脂板6a、6bの熱抵抗を小さくするため、熱伝導率が高い材質が選択される。具体的には、樹脂中に、アルミナ、窒化アルミニウム、窒化ケイ素などの熱伝導率の高いセラミックフィラーが充填された、熱伝導率が $3\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 以上の樹脂を選択するのが好ましい。更には、前記セラミックフィラーを粒配することで、より高充填化した $5\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 以上の樹脂を選択するのがより好ましい。また、樹脂板6a、6bの熱抵抗の小さくするためには、樹脂板厚を小さく必要があり、厚みは 0.2 mm 以下であるのが好ましく、更には 0.15 mm 以下であることがより好ましい。

[0162] なお、樹脂板6a、6bとリード端子51a～51c、53a、53bとの接合面は、樹脂板6a、6b表面からの押込み深さが 0.01 mm ($10\text{ }\mu\text{m}$) 以下であることが好ましく、更には 0.005 mm ($5\text{ }\mu\text{m}$) 以下であることがより好ましい。 0.01 mm を超えて押込まれると、押込まれた樹脂がリード端子間に気泡を多く内包した状態で盛り上がった形状となる。

この内包された気泡は封止樹脂で封止されても残るため、リード端子間の絶縁信頼性が劣化するという問題が生じるからである。

[0163] 放熱板 7 a、7 b は、リード端子 5 1 a ~ 5 1 c、5 3 a、5 3 b とは樹脂板 7 a、7 b を介して絶縁されており、電氣的な役割を有するものではなく、専らモジュール内部で発生した熱を外部に放出するための役割を有する。よって、無酸素銅やタフピッチ銅など、高純度の銅からなる材質が選択される。また、熱を外部に放出する際に放熱板 7 a、7 b の水平方向に熱を拡散させると高い放熱性が得られるため、放熱板 7 a、7 b の厚みは 0.3 mm 以上とすることが好ましく、更には 0.5 mm 以上とすることがより好ましい。

[0164] 上記構成の絶縁配線板は、放熱板 7 a、7 b と、絶縁層となる樹脂板 6 a、6 b と、リード端子 5 1 a ~ 5 1 c、5 3 a、5 3 b とが一体形成されている。従来の絶縁配線板として、放熱板と絶縁層となる樹脂板と、配線からなるものがあるが、これに外部接続端子を取付けようとすると、外部接続端子用のリードフレームを別途用意し、該リードフレームと前記配線とをワイヤーボンディングするか、はんだで接合する必要がある。上記構成の絶縁配線板は、外部接続端子と配線端子が一つのリードフレームで構成されるため、前記接合箇所が存在しない。

[0165] 具体的な半導体モジュール 1 2 0 0 の製造方法の一例につき、以下に詳細に説明する。

[0166] まず、厚み 0.8 mm の無酸素銅 (C 1 0 2 0) からなる放熱板 7 a、7 b を用意する。

[0167] 次に、放熱板 7 a、7 b に、厚み 0.1 mm の未硬化の熱硬化性樹脂シートを載せ、70℃~100℃で熱圧着する。熱硬化性樹脂は、アルミナフィラーを充填したエポキシ系樹脂であり、たとえば熱伝導率が 5.5 W/m・K のものを用いる。

[0168] 次に、熱硬化性樹脂の放熱板 7 a、7 b 圧着面とは反対の面に、K F C (登録商標) からなるリードフレーム (リード端子が繋がったもの) を載せ、

170℃～190℃で熱圧着する。これを170℃～190℃で硬化させ、リード端子51a～51c、樹脂板6a、および放熱板7aからなる絶縁配線板、およびリード端子53a、53b、樹脂板6b、および放熱板7bからなる絶縁配線板を製造する。

[0169] なお、熱硬化性樹脂シートは、リードフレームを載せて熱圧着する際に、シートへの押込み深さが0.01mm(10μm)以下、更に好ましくは0.005mm(5μm)以下である、熱圧着時での流動性の低いものを選択しなければならない。

[0170] このように未硬化の熱硬化性樹脂シートを介して放熱板7a、7bとリード端子51a～51c、53a、53bとを接続しているので、樹脂の弾性によって複数のリードフレームごとの高さのばらつきが抑制され、美観を損ねることがない。また、接続箇所が水分を吸ってしまい絶縁性が悪くなることも抑制されるという効果がある。

[0171] 第12実施形態にかかる半導体モジュール1200は、上記形態の絶縁配線板を上下2枚配置して構成されるものである。しかし、上記形態の絶縁配線板は、本願発明の半導体モジュールへの適用に限定されるものではない。例えば、上記形態の絶縁配線板を1枚のみ用いた半導体モジュールを構成することも可能である。

[0172] [第13実施形態]

図11(A)に、第13実施形態にかかる半導体モジュール1300を示す。ただし、図11(A)は、半導体モジュール1300の断面図である。

[0173] 半導体モジュール1300は、第1実施形態の半導体モジュール100の構造に、一部、変更を加えた。

[0174] 具体的には、半導体モジュール100では、封止樹脂11の上側の主面から露出した放熱板7aは、その外周縁が封止樹脂11の上側の主面に露出していた。同様に、半導体モジュール100では、封止樹脂11の下側の主面から露出した放熱板7bは、その外周縁が封止樹脂11の下側の主面に露出していた。

[0175] 半導体モジュール1300では、これに変更を加え、図11(A)に符号11Xで示すように、放熱板7aおよび放熱板7bの外周縁を封止樹脂11の内部に埋め込んだ。また、この構造を容易に実現するために、半導体モジュール1300では、一部のリード端子を屈曲させる、あるいは、補助リード端子を接続するなどの方法により、リード端子51a、51c、52a、52b、53a、53bを、半導体モジュール1300の同じ高さ位置から、封止樹脂11の外部に導出させた。なお、リード端子51a～53bを半導体モジュール1300の同じ高さ位置から導出させる方法は、本実施形態の重要部分ではないので、詳しい説明は省略する。

[0176] 半導体モジュール1300が、放熱板7aおよび放熱板7bの外周縁を封止樹脂11の内部に埋め込んだ理由は、以下のとおりである。すなわち、放熱板7a、7b周辺は、スイッチングオン・オフに伴う温度変化が激しく、たとえば銅である放熱板7a、7bと、封止樹脂11の界面に、熱膨張係数差による剥離が起きやすい。そして、この部分に剥離が生じると、剥離部分から内部に水分が混入するなどして、電氣的にショートする虞がある。半導体モジュール1300は、放熱板7a、7bの外周縁を封止樹脂11の内部に埋め込み、密着性を向上させることにより、この部分の剥離を抑制し、耐湿性、信頼性を向上させたのである。

[0177] 放熱板7a、7bの外周縁を封止樹脂11の内部に埋め込むためには、図11(B)に示すように、半導体スイッチング素子1、2、金属ブロック8a、8b、受動素子10、リード端子51a～53b、放熱板7a、7bなどが一体化された半導体モジュールのベースとなる構造物を、放熱板7a、7bの表面に、放熱板7a、7bより一回り小さなスペーサ81a、81bを配置した状態で金型82a、82bにセットし、トランスファーモールド成型すれば良い。なお、スペーサ81a、81bは、完成した半導体モジュール1300を金型82a、82bから取出した後に、放熱板7a、7bの表面から取外せば良い。

[0178] 第13実施形態にかかる半導体モジュール1300は、放熱板7a、7b

を備えているため放熱性に優れている。しかも、半導体モジュール1300は、放熱板7a、7bの外周縁が封止樹脂11の内部に埋め込まれているため、高い耐湿性、高い信頼性を維持している。

[0179] [第14実施形態]

第14実施形態にかかる半導体モジュール1400は、第3実施形態にかかる半導体モジュール300の構成要素の寸法に一部変更を加えた。構造そのものには変更がないので、半導体モジュール300を説明した図3を援用して半導体モジュール1400を説明する。

[0180] 半導体モジュール300では、特に言及しなかったが、第1リード端子層1Lに配置されたリード端子51a～53cと、第2リード端子層2Lに配置されたリード端子52a、52bと、第3リード端子層3Lに配置されたリード端子53a、53bとを、相互に同一の厚みにしていた。半導体モジュール1400では、これに変更を加え、第2リード端子層2Lに配置されたリード端子52a、52bの厚みを、第1リード端子層1Lに配置されたリード端子51a～51cおよび第3リード端子層3Lに配置されたリード端子53a、53bの厚みよりも大きくした。たとえば、第1リード端子層1Lに配置されたリード端子51a～53cの厚みを0.3mmにし、第2リード端子層2Lに配置されたリード端子52a、52bの厚みを0.8mmにし、第3リード端子層3Lに配置されたリード端子53a、53bの厚みを0.3mmにした。

[0181] 以下に、図3を参照しながら、上記の厚みにした理由について説明する。

[0182] 第1リード端子層1Lに配置されたリード端子51a～53cの厚みと、第2リード端子層2Lに配置されたリード端子52a、52bの厚みと、第3リード端子層3Lに配置されたリード端子53a、53bの厚みは、半導体スイッチング素子1、2、3の、それぞれのジャンクション温度に影響を与える。その影響度合いは、第1リード端子層1Lと、2リード端子層2Lと、第3リード端子層3Lとで異なる。具体的には、第2リード端子層2Lに配置されたリード端子52aは、第1の半導体スイッチング素子1と第2の

半導体スイッチング素子 2 とが上下両側に接合された部分と、第 3 の半導体スイッチング素子 3 が下側に接合された部分とを繋ぐ形状であり、最も温度が高くなる第 1 の半導体スイッチング素子 1 と第 2 の半導体スイッチング素子 2 とが上下両側に接合された部分から、それに比べて温度が低い第 3 の半導体スイッチング素子 3 が下側に接合された部分へ、熱を伝達する主要な伝達経路となっている。そのため、第 2 リード端子層 2 L に配置されたリード端子 5 2 a の厚みを大きくすれば、高温になりやすい第 1 の半導体スイッチング素子 1 と第 2 の半導体スイッチング素子 2 とが発生させる熱を、それに比べて温度の低い第 3 の半導体スイッチング素子 3 へ伝達する効果が大きくなる。すなわち、第 1 の半導体スイッチング素子 1、第 2 の半導体スイッチング素子 2、第 3 の半導体スイッチング素子 3 の温度ばらつきを小さくし、かつ、第 1 の半導体スイッチング素子 1 および第 2 の半導体スイッチング素子 2 の温度を下げる効果が大きくなる。

[0183] 以下の実験をおこなった。まず、厚み 0.3 mm と、厚み 0.8 mm と、厚み 0.467 mm の 3 種類のリード端子を用意した。これらのリード端子を組み合わせて使用して、第 1 リード端子層 1 L のリード端子 5 1 a ~ 5 1 c の厚みと、2 リード端子層 2 L のリード端子 5 2 a、5 2 b の厚みと、第 3 リード端子層 3 L のリード端子 5 3 a、5 3 b の厚みの合計厚みが 1.4 mm となる、試料 1 ~ 試料 4 にかかる 4 種類の半導体モジュールを作製した。各半導体モジュールのリード端子以外の構造は、第 3 実施形態にかかる半導体モジュール 300 と同じにした。そして、各試料にかかる半導体モジュールを作動させ、最高ジャンクション温度と、第 1 の半導体スイッチング素子 1 ~ 第 3 の半導体スイッチング素子 3 のジャンクション温度のばらつきを調べた。表 1 に、調べた結果を示す。

[0184]

[表1]

表1

	試料 1	試料 2	試料 3	試料 4
第1リード端子層1Lの厚み (mm)	0.3	0.8	0.3	0.467
第2リード端子層2Lの厚み (mm)	0.8	0.3	0.3	0.467
第3リード端子層3Lの厚み (mm)	0.3	0.3	0.8	0.467
厚みの合計 (mm)	1.4	1.4	1.4	1.4
最高ジャンクション温度(°C)	164.1	165.8	164.2	164.6
温度のばらつき(%)	8.6	9.2	10.4	9.2

表1から分かるように、最高ジャンクション温度を低く抑えるには、あるいは、温度ばらつきを小さくするには、第2リード端子層2Lのリード端子52a、52bの厚みを、第1リード端子層1Lのリード端子51a～51cおよび第3リード端子層3Lのリード端子53a、53bの厚みよりも大きくすれば良い。

[0185] 以上の理由より、第14実施形態にかかる半導体モジュール1400は、第2リード端子層2Lに配置されたリード端子52a、52bの厚みを、第1リード端子層1Lに配置されたリード端子51a～51cおよび第3リード端子層3Lに配置されたリード端子53a、53bの厚みよりも大きくした。

[0186] 第14実施形態にかかる半導体モジュール1400は、最高ジャンクション温度が低く抑制されている。また、半導体モジュール1400は、半導体スイッチング素子1、2、3の間の温度ばらつきが小さく抑制されている。

[0187] [第15実施形態]

図12に、第15実施形態にかかる半導体モジュール1500を示す。ただし、図12は、半導体モジュール1500の等価回路図である。

[0188] 半導体モジュール1500は、第7実施形態に半導体モジュール700の回路に、一部、変更を加えた。

[0189] 具体的には、半導体モジュール1500は、図12に示すように、3個が

並列に接続された各半導体モジュール 500 の各 2 つの半導体スイッチング素子 S1、S2 に対して、並列に、抵抗とコンデンサとが直列に接続されたスナバ回路 83 を接続した。

[0190] 以下に、半導体モジュール 1500 が、半導体スイッチング素子 S1、S2 に対して、並列に、スナバ回路 83 を接続した理由を説明する。

[0191] 半導体モジュールにおいては、配線やワイヤーボンディング等において、回路には現れない、寄生インダクタンスや寄生抵抗が発生する。そして、この寄生インダクタンスや寄生抵抗は、スイッチング時のノイズ発生源になってしまう。そこで、半導体モジュール 1500 は、各半導体スイッチング素子 S1、S2 と並列にスナバ回路 83 を接続することにより、配線やワイヤーボンディング等で発生する寄生インダクタンスや寄生抵抗を低減させ、低ノイズ化をはかった。

[0192] 第 15 実施形態にかかる半導体モジュール 1500 は、スイッチング時の低ノイズ化がはかられている。また、半導体モジュール 1500 は、低ノイズ化により、必要となる耐電圧スペックを下げることができるため、高速スイッチング化、小型化、高効率化も可能になっている。

[0193] [第 16 実施形態]

図 13 (A)、(B) に、第 16 実施形態にかかるパワーコントロールユニット 1600 を示す。ただし、図 13 (A) は、パワーコントロールユニット 1600 から個別ヒートシンク 85 を省略した状態を示す分解平面図である。図 13 (B) は、パワーコントロールユニット 1600 の平面図である。

[0194] パワーコントロールユニット 1600 は、円筒状で、有底のケース 84 を備えている。ケース 84 の中心には、孔 84a が形成されている。孔 84a は、たとえば、モーターの軸を通すために設けられている。

[0195] ケース 84 には、第 10 実施形態にかかる半導体モジュール 1000 が、6 個、同心円状に取付けられている。図面には現れていないが、半導体モジュール 1000 どうしの間に、整流コンデンサが取付けられる場合がある。

[0196] 各半導体モジュール1000の上面には、それぞれ、個別ヒートシンク85が取付けられている。

[0197] 近年、車載電装機器市場においては、パワーコントロールユニット冗長化のために、2系統の半導体モジュールを備えることが要求されている。すなわち、半導体モジュールを6個配列することが求められている。しかしながら、従来においては、既存のケースに6個の半導体モジュールを配列するスペースを確保することが難しかった。そのため、ケースの大型化をはからねばならず、機器の小型化の流れに逆行してしまうことになっていた。

[0198] パワーコントロールユニット1600は、取付けた半導体モジュール1000が小型であるため、既存のケースに6個の半導体モジュール1000を配置することができた。パワーコントロールユニット1600は、ケース84を大型化させることなく、2系統化に対応することができる。

[0199] [第17実施形態]

図14(A)、(B)に、第17実施形態にかかるパワーコントロールユニット1700を示す。ただし、図14(A)は、パワーコントロールユニット1700から個別ヒートシンク86を省略した状態を示す分解平面図である。図14(B)は、パワーコントロールユニット1700の平面図である。

[0200] 第17実施形態にかかるパワーコントロールユニット1700は、第16実施形態にかかるパワーコントロールユニット1600に変更を加えた。すなわち、パワーコントロールユニット1600では、ケース84に6個の第10実施形態にかかる半導体モジュール1000が同心円状に取り付けられていた。パワーコントロールユニット1700は、これに代えて、ケース84に、第11実施形態にかかる半導体モジュール1100を対向させて2個取り付けた。そして、各半導体モジュール1100上面に、それぞれ、個別ヒートシンク86を取付けた。パワーコントロールユニット1700の他の構成は、パワーコントロールユニット1600と同じにした。

[0201] パワーコントロールユニット1700も、ケース84を大型化させること

なく、２系統化に対応することができる。

[0202] [第１８実施形態]

図１５（Ａ）、（Ｂ）に、第１８実施形態にかかるパワーコントロールユニット１８００を示す。ただし、図１５（Ａ）は、パワーコントロールユニット１８００から個別ヒートシンク８６を省略した状態を示す分解平面図である。図１５（Ｂ）は、パワーコントロールユニット１８００の平面図である。

[0203] 第１８実施形態にかかるパワーコントロールユニット１８００は、第１７実施形態にかかるパワーコントロールユニット１７００に、更に変更を加えた。具体的には、取付けられた各半導体モジュール１１００の２カ所のコーナー部に切欠きＣを設けた。同様に、取付けられた各個別ヒートシンク８６の２カ所のコーナー部に切欠きＣを設けた。そして、パワーコントロールユニット１８００は、切欠きＣを設けたことにより余裕がでた分だけ、ケース８４の直径を小さくした。パワーコントロールユニット１８００のケース８４の直径は、パワーコントロールユニット１７００のケース８４の直径よりも小さい。パワーコントロールユニット１８００の他の構成は、パワーコントロールユニット１７００と同じにした。

[0204] パワーコントロールユニット１８００は、半導体モジュール１１００および個別ヒートシンク８６に、それぞれ、切欠きＣを設けたため、更にケース８４の小型化、更にはパワーコントロールユニット１８００自体の小型化がはかられている。

[0205] [第１９実施形態]

図１６（Ａ）、（Ｂ）に、第１９実施形態にかかるパワーコントロールユニット１９００を示す。ただし、図１６（Ａ）は、パワーコントロールユニット１９００から共通ヒートシンク８７を省略した状態を示す分解平面図である。図１６（Ｂ）は、パワーコントロールユニット１９００の平面図である。

[0206] 第１９実施形態にかかるパワーコントロールユニット１９００は、第１６

実施形態にかかるパワーコントロールユニット１６００に、更に変更を加えた。すなわち、パワーコントロールユニット１６００では、各半導体モジュール１０００の上面に、それぞれ、個別ヒートシンク８５が取付けられていた。パワーコントロールユニット１９００は、これに代えて、６個の半導体モジュール１０００の上面に、ドーナツ形状の１つの共通ヒートシンク８７を取付けた。具体的には、ケース８４に複数のヒートシンク取付け孔８４ｂを形成しておき、ネジ８８を使って共通ヒートシンク８７を取付けた。なお、共通ヒートシンク８７には、予め、放熱用の複数の開口８７ａが形成されている。パワーコントロールユニット１９００の他の構成は、パワーコントロールユニット１６００と同じにした。

[0207] パワーコントロールユニット１９００は、ケース８４を大型化させることなく、２系統化に対応することができる。更に、パワーコントロールユニット１９００は、放熱効率が向上するとともに、半導体モジュール１０００間の熱ばらつきが低減されている。

[0208] 以上、第１実施形態～第１５実施形態にかかる半導体モジュール１００～１５００および第１６実施形態～第１９実施形態にかかるパワーコントロールユニット１６００～１９００について説明した。しかしながら、各実施形態は、本発明の実施の形態を例示的に示したものであり、本発明が実施形態の内容に限定されることはなく、発明の趣旨に沿って種々の変更を成すことができる。また、異なる実施形態に記載された内容を組合せて実施することも可能であり、その場合の実施内容も本発明に含まれる。

符号の説明

- [0209] １・・・第１の半導体スイッチング素子
２・・・第２の半導体スイッチング素子
３・・・第３の半導体スイッチング素子
４・・・接合材
１Ｌ・・・第１リード端子層
２Ｌ・・・第２リード端子層

3 L . . . 第3リード端子層

5 1 a、5 1 b、5 1 c . . . リード端子（第1リード端子層1 Lに配置されたもの）

5 2 a、5 2 b、5 2 c . . . リード端子（第2リード端子層2 Lに配置されたもの）

5 3 a、5 3 b、5 3 c、5 3 d、5 3 e、5 3 f、5 3 g . . . リード端子（第3リード端子層3 Lに配置されたもの）

5 2 c-h . . . 貫通孔（リード端子5 2 cに形成されたもの）

6 a、6 b . . . 樹脂板

7 a、7 b . . . 放熱板

8 a、8 b . . . 金属ブロック

9 a、9 b . . . 接続用導体

1 0、2 0 . . . 受動素子

1 M . . . 第1封止樹脂層

2 M . . . 第2封止樹脂層

1 1 . . . 封止樹脂

P . . . P側端子

N . . . N側端子

U 1、U 2、U 3 . . . 中間端子

V 1、V 2、V 3、V 4、V 5、V 6 . . . ゲート端子

S 1、S 2、S 3、S 4、S 5、S 6、S 7、S 8、S 9 . . . 半導体スイ

ッチング素子 R_s . . . シャント抵抗

C_s . . . スナバーコンデンサ

T_{hm} . . . サーミスタ

R_g . . . ゲート抵抗

8 1 a、8 1 b . . . スペーサ

8 2 a、8 2 b . . . 金型

8 3 . . . スナバ回路

84 . . . ケース

85、86 . . . 個別ヒートシンク

87 . . . 共通ヒートシンク

88 . . . ネジ

100、200、300、400、500、600、700、800、900、1000、1100、1200、1300、1400、1500 . . .

半導体モジュール

1600、1700、1800、1900 . . . パワーコントロールユニット

請求の範囲

[請求項1]

複数の半導体スイッチング素子と、少なくとも1つの受動素子とが、それぞれリード端子に接合されたうえで、封止樹脂に封止された半導体モジュールであって、

前記リード端子は、前記封止樹脂内において、少なくとも、第1リード端子層と、第2リード端子層と、第3リード端子層との3層に分けて配置され、

前記封止樹脂は、少なくとも、前記第1リード端子層と前記第2リード端子層とに挟まれた第1封止樹脂層と、前記第2リード端子層と前記第3リード端子層とに挟まれた第2封止樹脂層とを有し、

前記半導体スイッチング素子は、両主面を有し、一方の主面に信号電極パッドと一方の電源電極パッドとが形成され、他方の主面に他方の電源電極パッドが形成され、

前記第2リード端子層に配置された1つの前記リード端子は、両主面を有し、一方の主面に、第1の前記半導体スイッチング素子の他方の前記電源電極パッドが接合され、他方の主面に、金属ブロックを介して第2の前記半導体スイッチング素子の一方の前記電源電極パッドが接合され、

第1の前記半導体スイッチング素子の一方の前記電源電極パッドは、金属ブロックを介して前記第1リード端子層に配置された前記リード端子に接合され、第1の前記半導体スイッチング素子の前記信号電極パッドは、接続用導体を介して前記第2リード端子層に配置された前記リード端子に接続され、

第2の前記半導体スイッチング素子の他方の前記電源電極パッドは、前記第3リード端子層に配置された前記リード端子に接合され、第2の前記半導体スイッチング素子の前記信号電極パッドは、接続用導体を介して前記第3リード端子層に配置された前記リード端子に接続され、

少なくとも1つの前記受動素子が前記第1封止樹脂層に封止され、かつ／または、少なくとも1つの前記受動素子が前記第2封止樹脂層に封止され、

前記第1封止樹脂層に封止された前記受動素子のうち最も大きな高さを有するものの高さが、第1の前記半導体スイッチング素子の高さ、第1の前記半導体スイッチング素子の一方の前記電源電極パッドに接合された前記金属ブロックの高さの合計よりも小さく、かつ／または、前記第2封止樹脂層に封止された前記受動素子のうち最も大きな高さを有するものの高さが、第2の前記半導体スイッチング素子の高さ、第2の前記半導体スイッチング素子の一方の前記電源電極パッドに接合された前記金属ブロックの高さの合計よりも小さい半導体モジュール。

[請求項2]

複数の半導体スイッチング素子と、少なくとも1つの受動素子とが、それぞれリード端子に接合されたうえで、封止樹脂に封止された半導体モジュールであって、

前記リード端子は、前記封止樹脂内において、少なくとも、第1リード端子層と、第2リード端子層と、第3リード端子層との3層に分けて配置され、

前記封止樹脂は、少なくとも、前記第1リード端子層と前記第2リード端子層とに挟まれた第1封止樹脂層と、前記第2リード端子層と前記第3リード端子層とに挟まれた第2封止樹脂層とを有し、

前記半導体スイッチング素子は、両主面を有し、一方の主面に信号電極パッドと一方の電源電極パッドとが形成され、他方の主面に他方の電源電極パッドが形成され、

前記第2リード端子層に配置された1つの前記リード端子は、両主面を有し、一方の主面に、第1の前記半導体スイッチング素子の他方の前記電源電極パッドが接合され、他方の主面に、金属ブロックを介して第2の前記半導体スイッチング素子の一方の前記電源電極パッド

が接合され、

第1の前記半導体スイッチング素子の一方の前記電源電極パッドは、金属ブロックを介して前記第1リード端子層に配置された前記リード端子に接合され、第1の前記半導体スイッチング素子の前記信号電極パッドは、接続用導体を介して前記第2リード端子層に配置された前記リード端子に接続され、第2の前記半導体スイッチング素子の他方の前記電源電極パッドは、前記第3リード端子層に配置された前記リード端子に接合され、第2の前記半導体スイッチング素子の前記信号電極パッドは、接続用導体を介して前記第3リード端子層に配置された前記リード端子に接続され、

少なくとも1つの前記受動素子が、前記第1リード端子層または前記第3リード端子層に配置された前記リード端子に接合されたうえ、前記第2リード端子層を貫いて、前記第1封止樹脂層および前記第2封止樹脂層に亘って封止され、

封止された前記受動素子のうち最も大きな高さを有するものの高さが、第1の前記半導体スイッチング素子の高さと、第1の前記半導体スイッチング素子の一方の前記電源電極パッドに接合された前記金属ブロックの高さと、前記第2リード端子層に配置された前記リード端子の厚さと、第2の前記半導体スイッチング素子の高さと、第2の前記半導体スイッチング素子の一方の前記電源電極パッドに接合された前記金属ブロックの高さの合計よりも小さい半導体モジュール。

[請求項3]

第3の半導体スイッチング素子をさらに備え、

前記受動素子は、前記第1封止樹脂層に封止されるか、または、前記第2封止樹脂層に封止されており、

第3の前記半導体スイッチング素子は、前記受動素子が前記第1封止樹脂層に封止された場合には前記第2封止樹脂層に封止され、前記受動素子が前記第2封止樹脂層に封止された場合には前記第1封止樹脂層に封止されている、請求項1に記載された半導体モジュール。

- [請求項4] 前記封止樹脂層を垂直方向に透視したとき、
第1の前記半導体スイッチング素子と第2の前記半導体スイッチング素子とが完全には重なっていない、請求項1に記載された半導体モジュール。
- [請求項5] 前記半導体スイッチング素子を含む電源回路の構成要素である前記受動素子が、前記第1リード端子層または前記第3リード端子層に配置された前記リード端子に接合されている、請求項1、3、4のいずれか1項に記載された半導体モジュール。
- [請求項6] 前記封止樹脂の線膨張率が、前記半導体モジュールを構成する前記半導体スイッチング素子、前記受動素子、前記リード端子、前記金属ブロック、前記接続用導体のそれぞれの線熱膨張率のうち、最も大きい線膨張率と、最も小さい線膨張率の中間の値である、請求項1ないし5のいずれか1項に記載された半導体モジュール。
- [請求項7] 前記受動素子が検出素子である、請求項1ないし6のいずれか1項に記載された半導体モジュール。
- [請求項8] 前記検出素子が、シャント抵抗素子、および／または、サーミスタ素子である、請求項7に記載された半導体モジュール。
- [請求項9] 更に、セラミックス板を備え、前記リード端子が、少なくとも、セラミックスの構成成分と反応する活性な金属と、Agと、Cuとを含む合金を介して、前記セラミックス基板に取付けられた、請求項1ないし8のいずれか1項に記載された半導体モジュール。
- [請求項10] 更に、熱硬化性の樹脂板を備え、前記リード端子が、接着剤を介することなく直接に前記樹脂板に取付けられた、請求項1ないし8のいずれか1項に記載された半導体モジュール。
- [請求項11] 更に、前記封止樹脂の表面から露出した放熱板を備え、前記放熱板の外周縁が、前記封止樹脂の内部に埋め込まれた、請求項1ないし10のいずれか1項に記載された半導体モジュール。
- [請求項12] 前記第2リード端子層に配置された前記リード端子の厚みが、前記

第1リード端子層に配置された前記リード端子および前記第3リード端子層に配置された前記リード端子の厚みよりも大きい、請求項1ないし11のいずれか1項に記載された半導体モジュール。

[請求項13] 前記半導体スイッチング素子と並列にスナバ回路が接続された、請求項1ないし12のいずれか1項に記載された半導体モジュール。

[請求項14] P側端子と、N側端子と、中間端子と、2個の前記半導体スイッチング素子と、前記受動素子としてシャント抵抗素子とを備え、

前記P側端子に、1個の前記半導体スイッチング素子のドレインが接続され、当該半導体スイッチング素子のソースに、もう1個の前記半導体スイッチング素子のドレインが接続され、当該半導体スイッチング素子のソースに、前記シャント抵抗素子の一端が接続され、当該シャント抵抗素子の他端に前記N側端子が接続されるとともに、

2個の前記半導体スイッチング素子の接続点に、中間端子が接続された等価回路を備えた、請求項1、2、4、5、6、7、8、9、10、11、12、13のいずれか1項に記載された半導体モジュール。

[請求項15] P側端子と、N側端子と、中間端子と、3個の前記半導体スイッチング素子と、前記受動素子としてシャント抵抗素子とを備え、

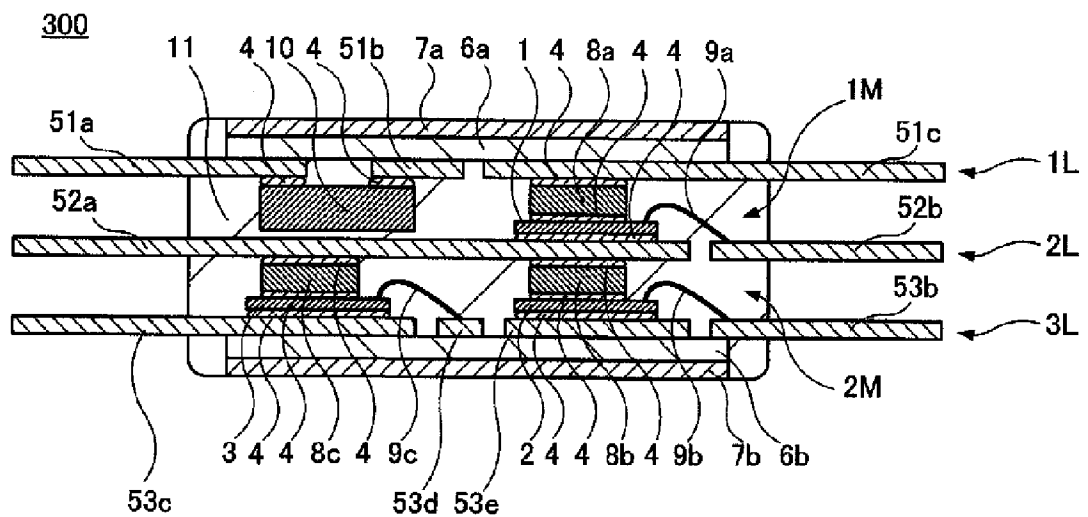
前記P側端子に、1個の前記半導体スイッチング素子のドレインが接続され、当該半導体スイッチング素子のソースに、もう1個の前記半導体スイッチング素子のドレインが接続され、当該半導体スイッチング素子のソースに、前記シャント抵抗素子の一端が接続され、当該シャント抵抗素子の他端に前記N側端子が接続されるとともに、

2個の前記半導体スイッチング素子の接続点に、残りの1個の前記半導体スイッチング素子のソースが接続され、当該半導体スイッチング素子のドレインに中間端子が接続された等価回路を備えた、請求項3、5、6、7、8、9、10、11、12、13のいずれか1項に記載された半導体モジュール。

- [請求項16] P側端子と、N側端子と、3個の中間端子とを備え、
前記P側端子と前記N側端子との間に、請求項14に記載された半導体モジュール、または、請求項15に記載された半導体モジュールが、3個、並列に接続された半導体モジュール。
- [請求項17] 前記半導体モジュールがインバータの電力変換部を構成している、
請求項1ないし16のいずれか1項に記載された半導体モジュール。
- [請求項18] ケースに、請求項1ないし17のいずれか1項に記載された前記半導体モジュールが、複数個、同心円状に取付けられたパワーコントロールユニット。
- [請求項19] ケースに、請求項1ないし17のいずれか1項に記載された前記半導体モジュールが、2個、対向して取付けられたパワーコントロールユニット。
- [請求項20] 複数の前記半導体モジュールの上側主面に、それぞれ個別ヒートシンクが取付けられた、または、1つの共通ヒートシンクが取付けられた、請求項18または19に記載されたパワーコントロールユニット。

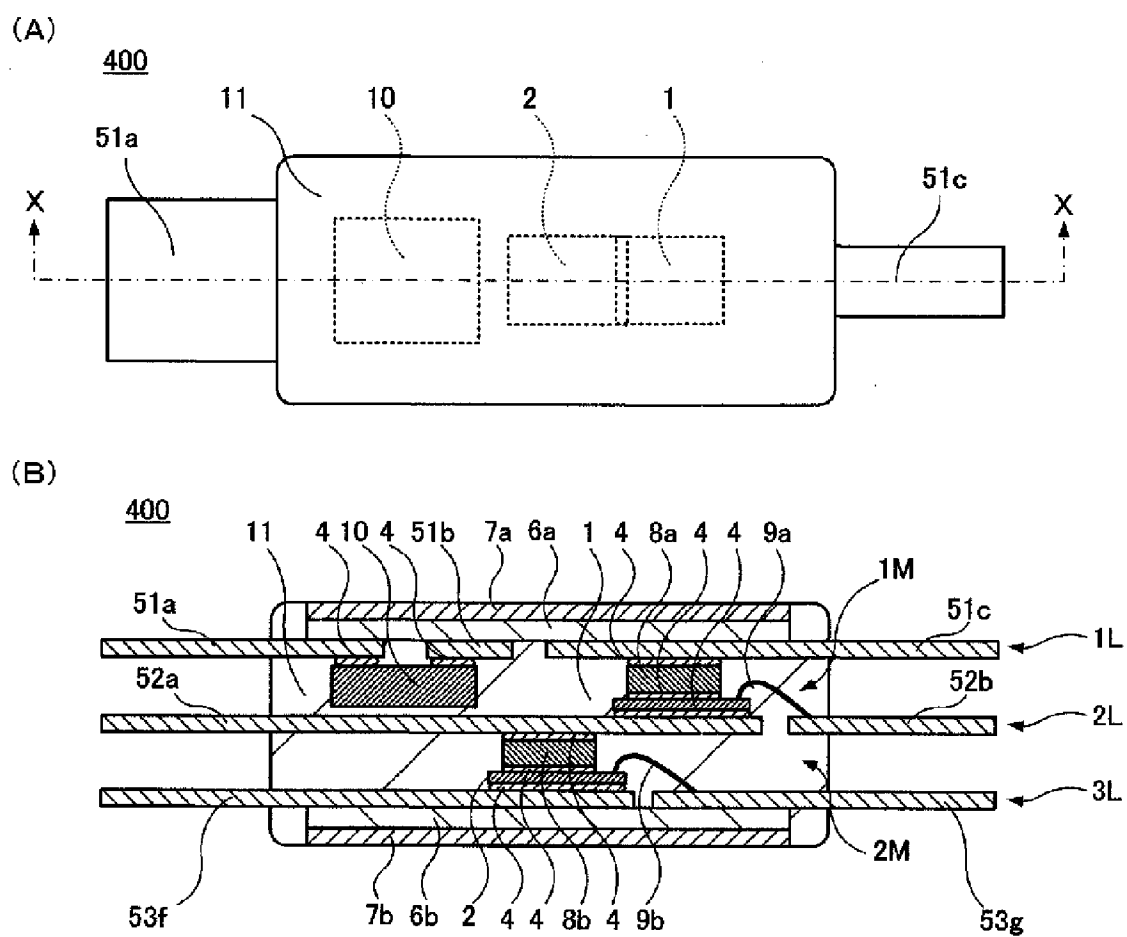
This diagram shows a cross-sectional view of a second embodiment of the semiconductor device. It features a similar layered structure to the first embodiment, with a substrate (7b) and a top layer (6b). The device includes two main functional regions, 52a and 53a, which are positioned on a central layer (4). These regions are connected to a common terminal (9b) via conductive paths (2a, 2b, 2c). The device is also connected to a power supply terminal (51c) through a contact (51b). The overall structure is enclosed in a protective layer (9a).

图2



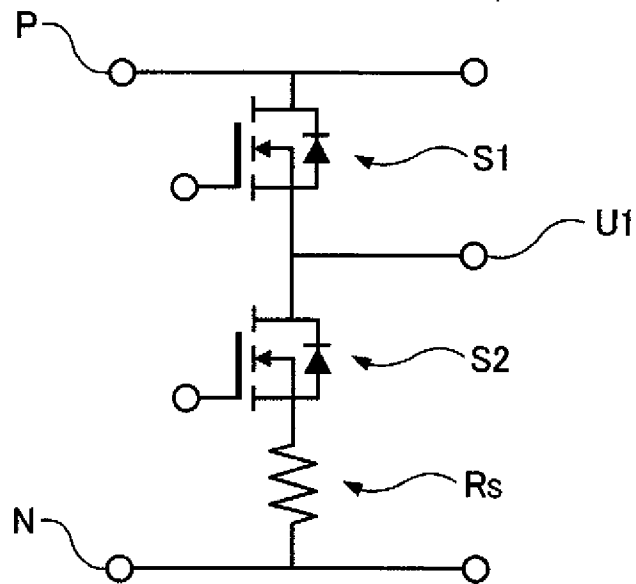
[図4]

図4



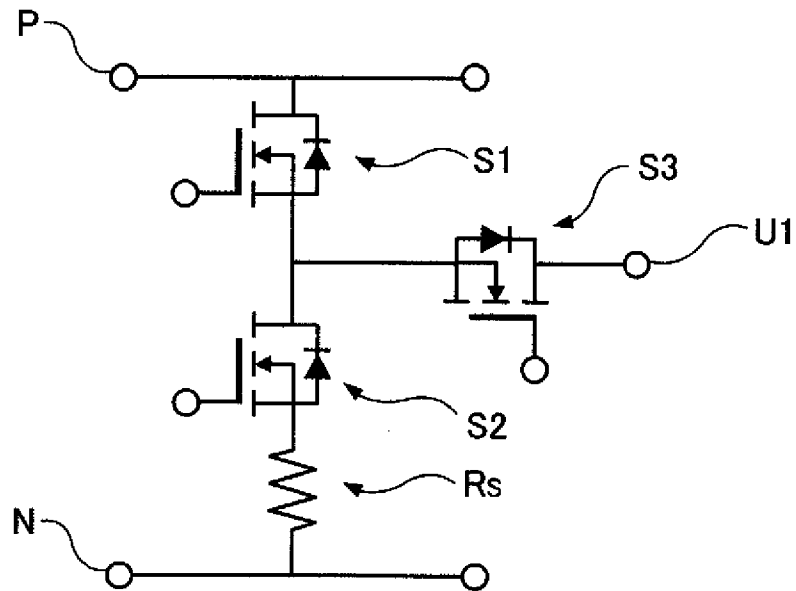
[図5]

図5

500

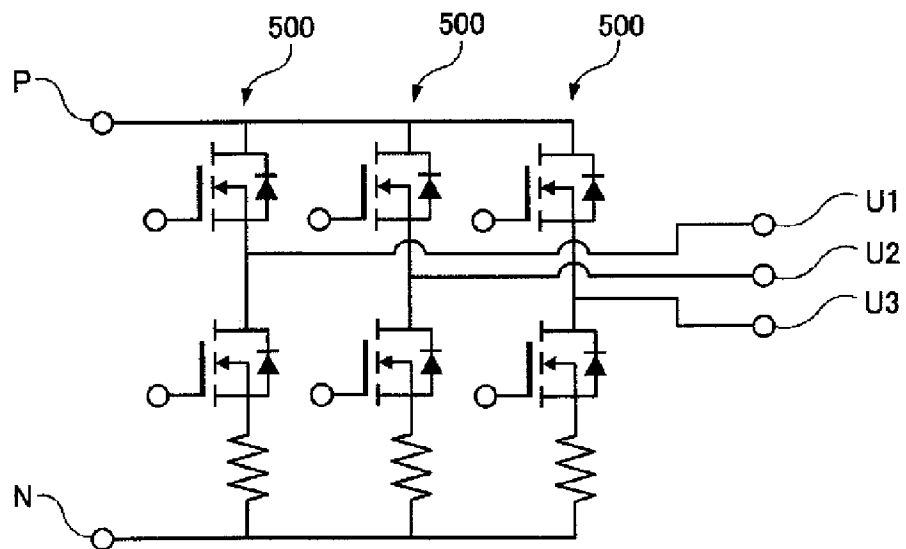
[図6]

図6

600

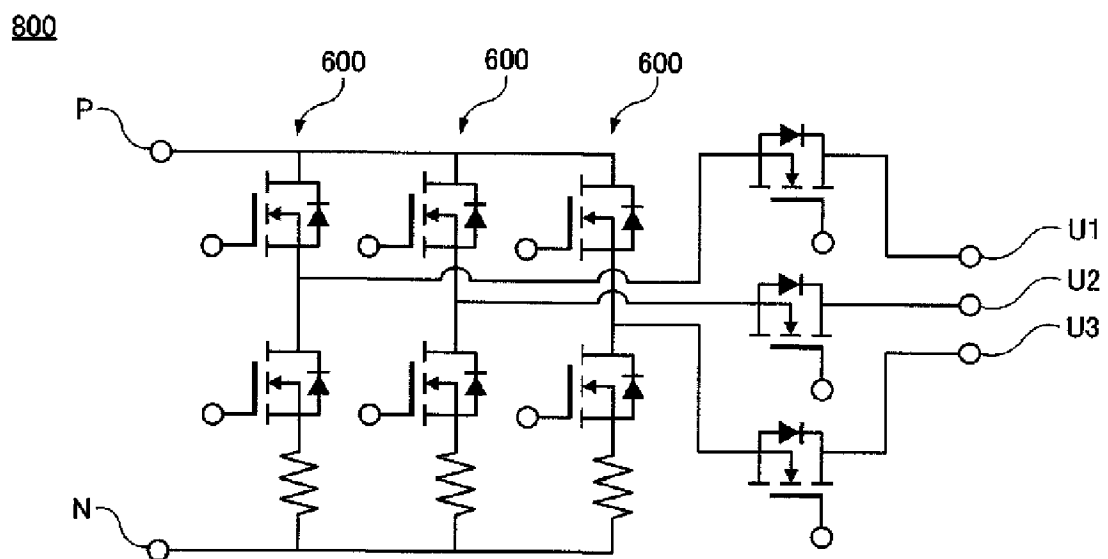
[図7]

図7

700

[図8]

図8



[図9]

図9

900

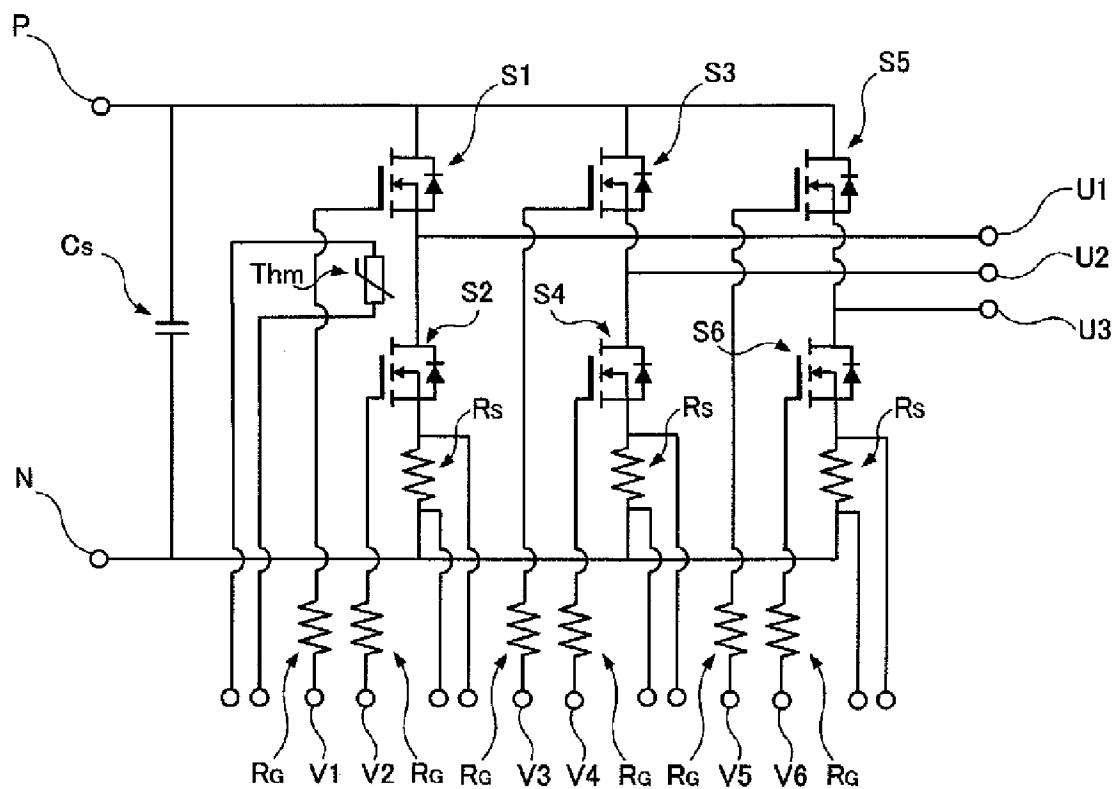
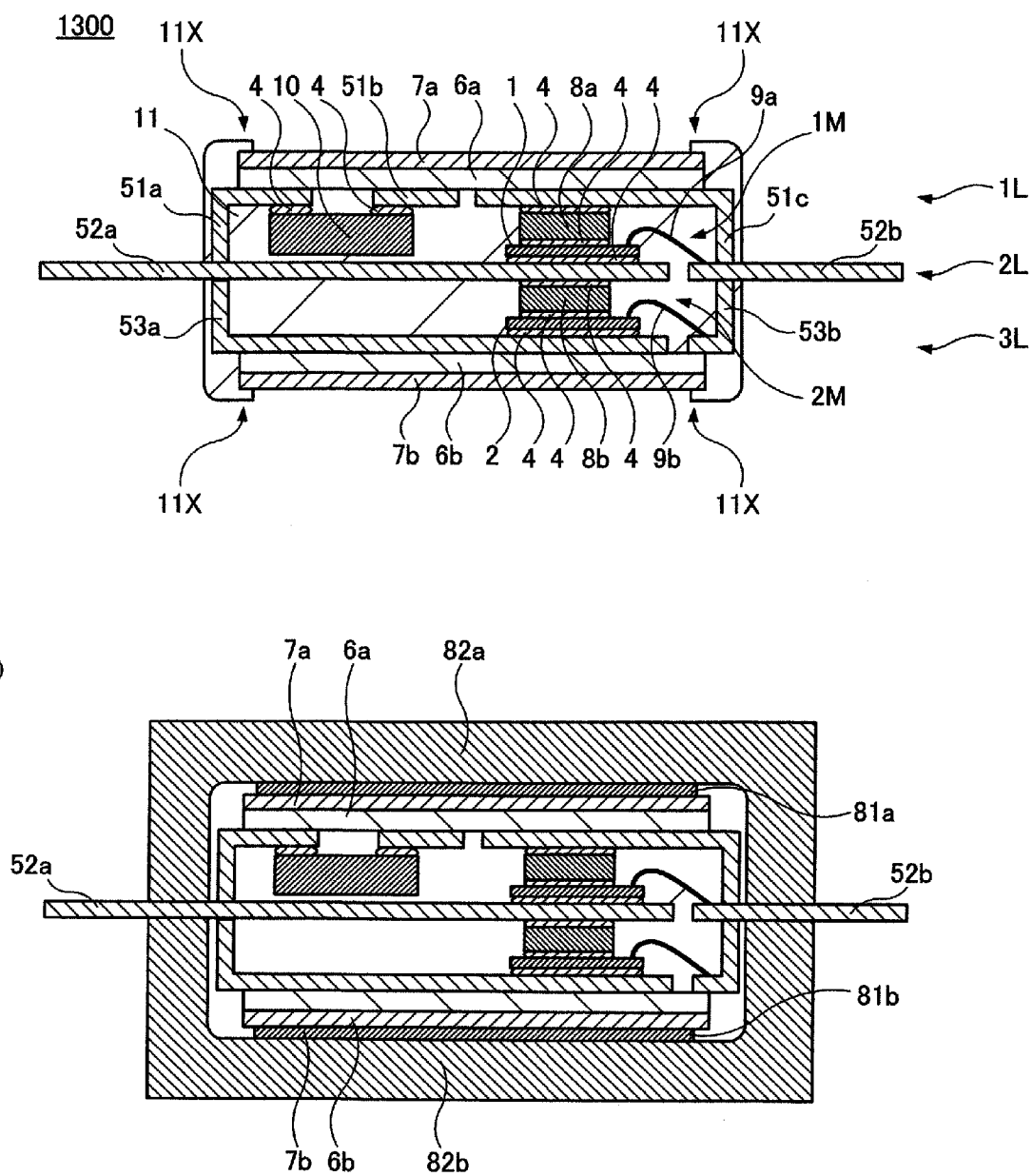


图10

[圖11]

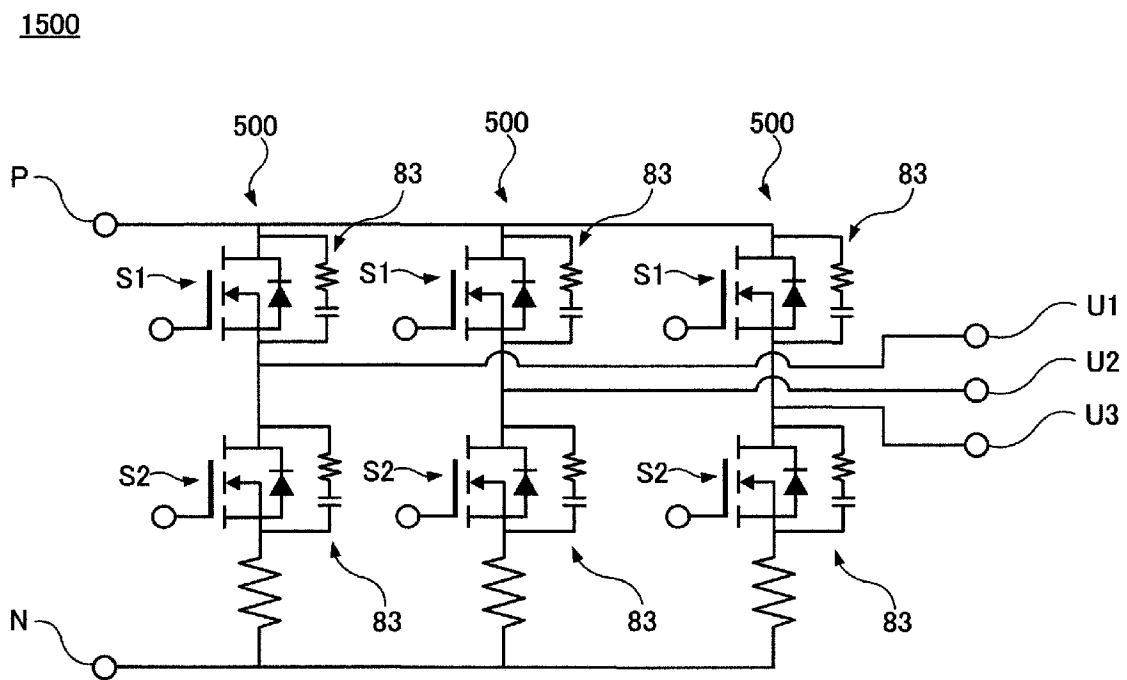
图 11

(A)



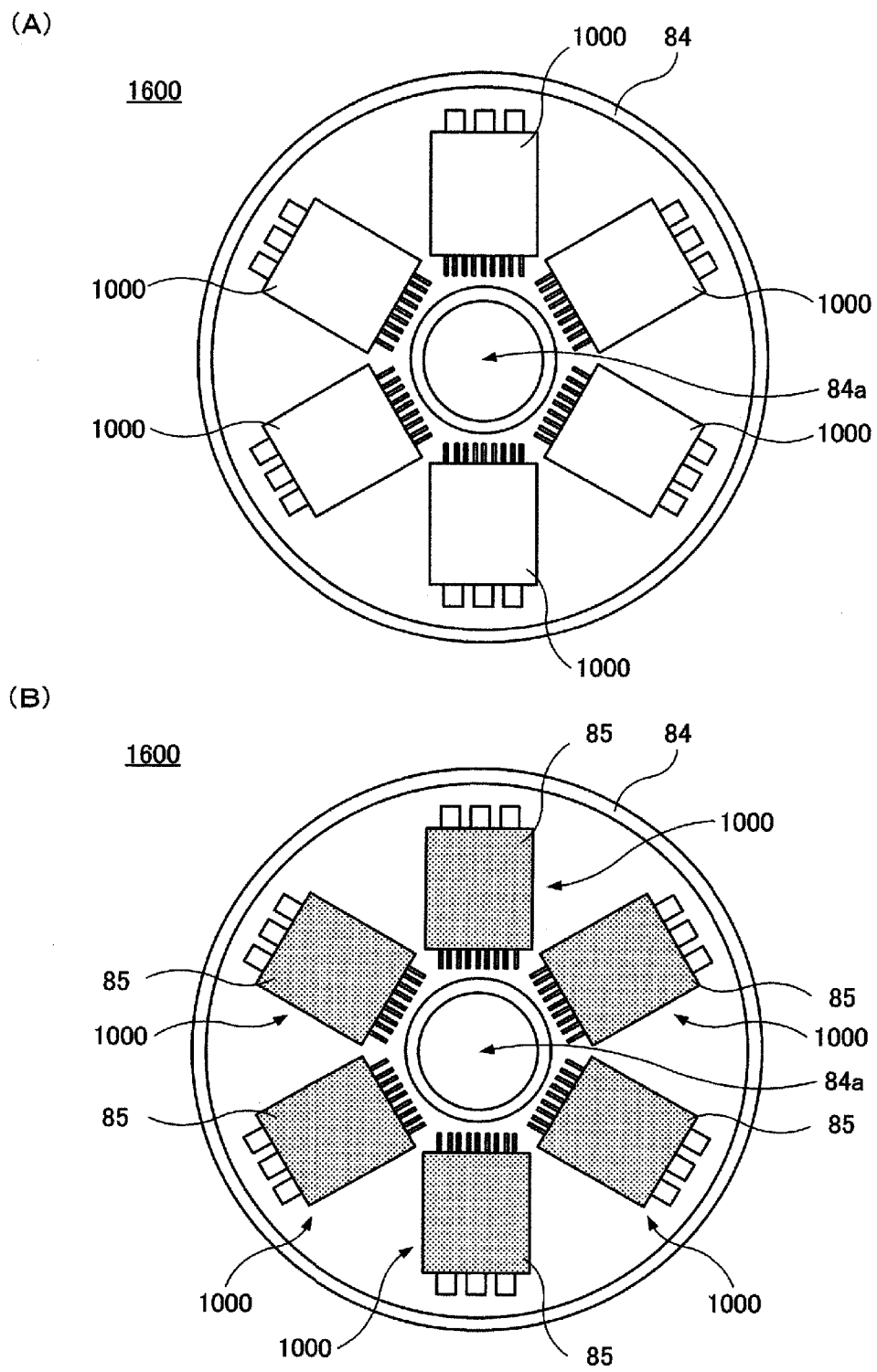
[図12]

図12



[図13]

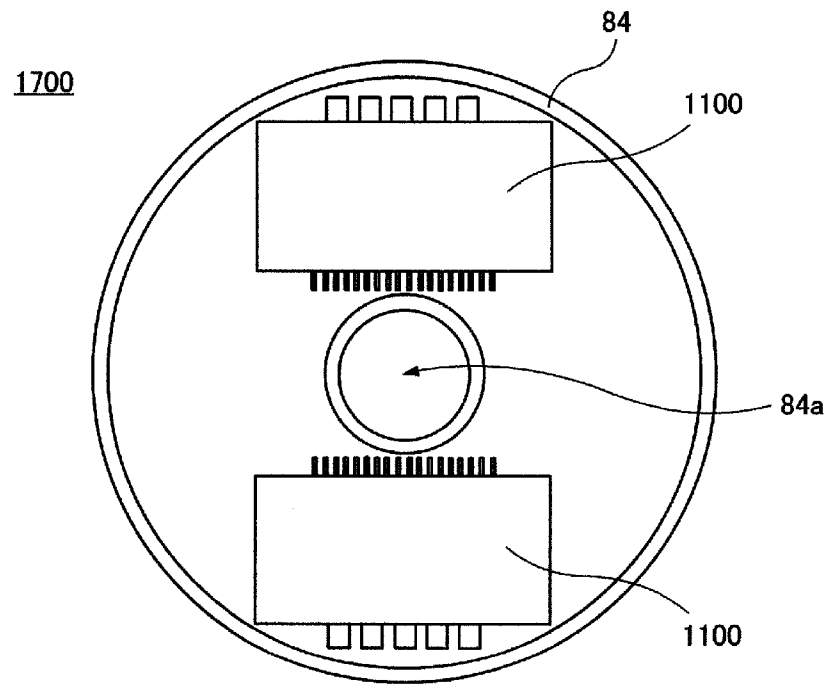
図13



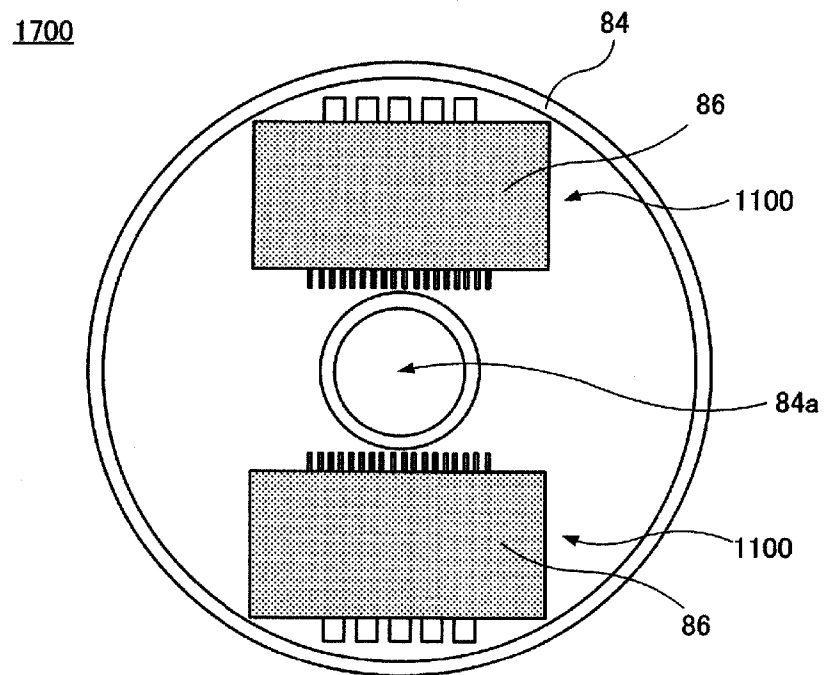
[図14]

図14

(A)

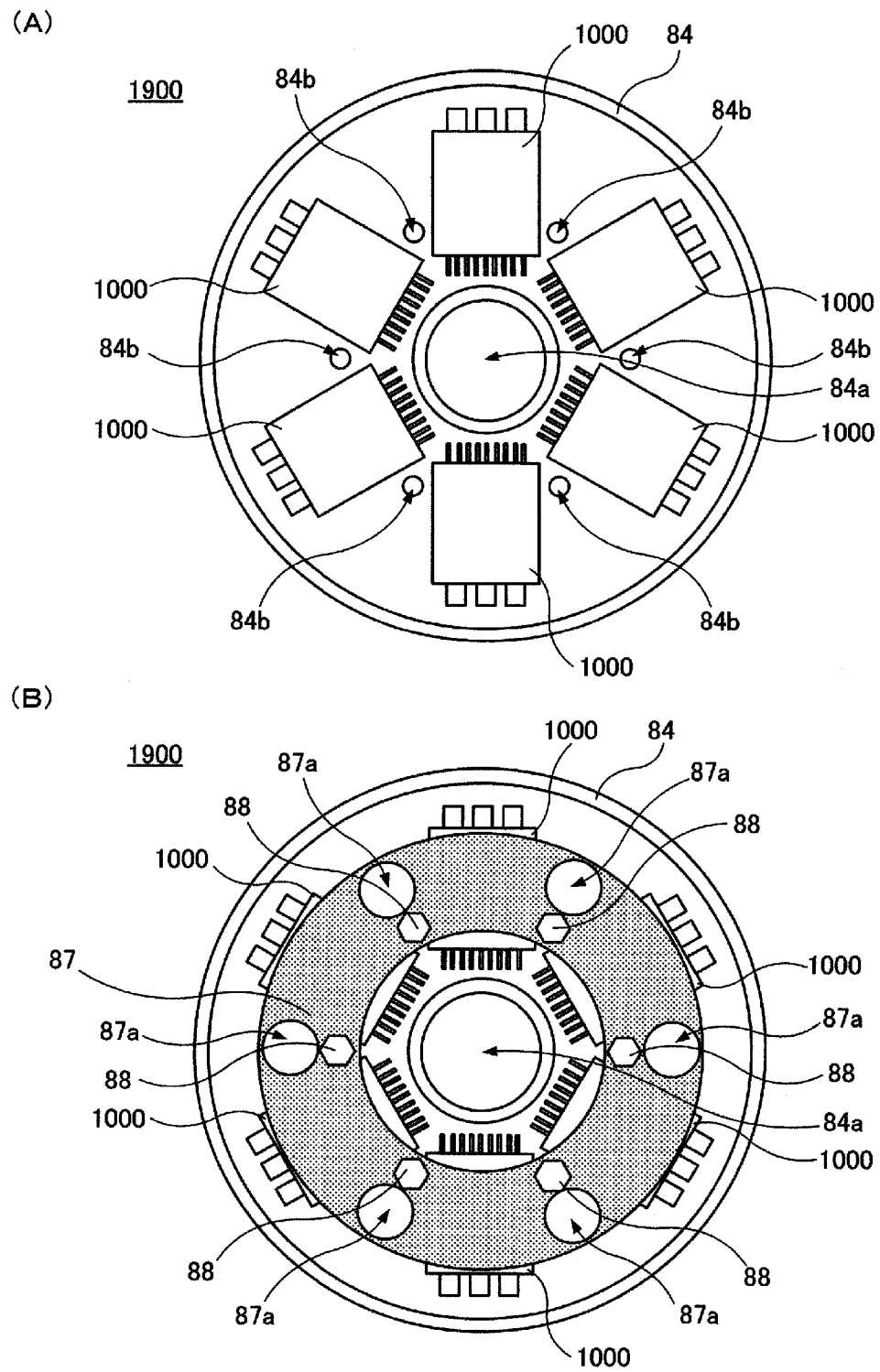


(B)



[図16]

図16



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/052458

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L25/07(2006.01)i, H01L23/29(2006.01)i, H01L25/00(2006.01)i, H01L25/18(2006.01)i, H02M7/48(2007.01)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)

H01L25/07, H01L23/29, H01L25/00, H01L25/18, H02M7/48

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	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2014-183078 A (Mitsubishi Electric Corp.), 29 September 2014 (29.09.2014), paragraphs [0013] to [0021], [0023], [0066] to [0069]; fig. 1 to 3, 12 (Family: none)	1-20
Y	JP 2011-114176 A (Mitsubishi Electric Corp.), 09 June 2011 (09.06.2011), paragraphs [0014] to [0017], [0023], [0027], [0076] to [0082]; fig. 1, 10 (Family: none)	1-20
Y	JP 2015-15349 A (JTEKT Corp.), 22 January 2015 (22.01.2015), paragraphs [0004] to [0007]; fig. 1 (Family: none)	2, 6, 9, 14-16, 18-20

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

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search
29 March 2016 (29.03.16)

Date of mailing of the international search report
12 April 2016 (12.04.16)

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/JP2016/052458

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2000-269415 A (Hitachi, Ltd.), 29 September 2000 (29.09.2000), paragraphs [0011] to [0012] & US 6257215 B1 column 2, line 62 to column 3, line 39 & DE 10013255 A	6, 9, 14-16, 18-20
Y	JP 2014-96432 A (Mitsubishi Materials Corp.), 22 May 2014 (22.05.2014), paragraphs [0023] to [0024] (Family: none)	9, 14-16, 18-20
Y	WO 2014/174573 A1 (Mitsubishi Electric Corp.), 30 October 2014 (30.10.2014), paragraphs [0011] to [0014]; fig. 1 & US 2015/0318247 A1 paragraphs [0019] to [0022]; fig. 1 & CN 105144376 A	14-16, 18-20
Y	JP 2013-33901 A (Nissan Motor Co., Ltd.), 14 February 2013 (14.02.2013), paragraphs [0042] to [0045]; fig. 5 (Family: none)	18-20
A	WO 2009/150875 A1 (Yaskawa Electric Corp.), 17 December 2009 (17.12.2009), paragraphs [0095] to [0098]; fig. 11 & US 2011/0057713 A1	1-20

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. H01L25/07(2006.01)i, H01L23/29(2006.01)i, H01L25/00(2006.01)i, H01L25/18(2006.01)i, H02M7/48(2007.01)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. H01L25/07, H01L23/29, H01L25/00, H01L25/18, H02M7/48

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 6 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 6 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 6 年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2014-183078 A (三菱電機株式会社) 2014.09.29, 段落 [0013]-[0021], [0023], [0066]-[0069], 図 1-3, 12 (ファミリーなし)	1-20
Y	JP 2011-114176 A (三菱電機株式会社) 2011.06.09, 段落 [0014]-[0017], [0023], [0027], [0076]-[0082], 図 1, 10 (ファミリーなし)	1-20

☑ 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	「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
「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	「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
「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)	「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
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」 同一パテントファミリー文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日

2 9 . 0 3 . 2 0 1 6

国際調査報告の発送日

1 2 . 0 4 . 2 0 1 6

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)

多田 幸司

5 D

5 2 9 2

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 5 5 1

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
Y	JP 2015-15349 A (株式会社ジェイテクト) 2015.01.22, 段落 [0004]-[0007], 図1 (ファミリーなし)	2, 6, 9, 14-16, 18-20
Y	JP 2000-269415 A (株式会社日立製作所) 2000.09.29, 段落 [0011]-[0012] & US 6257215 B1, 第2欄第62行-第3欄第39行 & DE 10013255 A	6, 9, 14-16, 18-20
Y	JP 2014-96432 A (三菱マテリアル株式会社) 2014.05.22, 段落 [0023]-[0024] (ファミリーなし)	9, 14-16, 18-20
Y	WO 2014/174573 A1 (三菱電機株式会社) 2014.10.30, 段落 [0011]-[0014], 図1 & US 2015/0318247 A1, 段落[0019]-[0022], 図1 & CN 105144376 A	14-16, 18-20
Y	JP 2013-33901 A (日産自動車株式会社) 2013.02.14, 段落 [0042]-[0045], 図5 (ファミリーなし)	18-20
A	WO 2009/150875 A1 (株式会社安川電機) 2009.12.17, 段落 [0095]-[0098], 図11 & US 2011/0057713 A1	1-20