

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4496043号
(P4496043)

(45) 発行日 平成22年7月7日 (2010.7.7)

(24) 登録日 平成22年4月16日 (2010.4.16)

(51) Int.Cl.

F I

H O 1 L 23/08 (2006.01)

H O 1 L 23/08

C

H O 1 L 23/44 (2006.01)

H O 1 L 23/44

請求項の数 14 (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2004-253233 (P2004-253233)
 (22) 出願日 平成16年8月31日 (2004.8.31)
 (65) 公開番号 特開2006-73661 (P2006-73661A)
 (43) 公開日 平成18年3月16日 (2006.3.16)
 審査請求日 平成19年7月18日 (2007.7.18)

(73) 特許権者 000006633
 京セラ株式会社
 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地
 (74) 代理人 100104318
 弁理士 深井 敏和
 (72) 発明者 寺園 博文
 鹿児島県国分市山下町1番4号 京セラ株
 式会社総合研究所内
 (72) 発明者 寺尾 慎也
 鹿児島県国分市山下町1番4号 京セラ株
 式会社総合研究所内
 (72) 発明者 長谷川 智英
 鹿児島県国分市山下町1番4号 京セラ株
 式会社総合研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電気素子冷却モジュール

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

内部に冷却用液体が収容されたモジュール容器と、該モジュール容器に固定された電気素子ユニットと、を備えた電気素子冷却モジュールであって、

前記冷却用液体が、水であり、

前記電気素子ユニットが、

電気素子と、

略直方体形状でかつ一面部を除く部分が水密構造である、前記電気素子を収容するための電気素子収納容器および該電気素子収納容器の内面に配置されており、表面に前記電気素子が接合されている金属板を備え、前記冷却用液体に前記電気素子収納容器の前記一面部を除く部分を浸漬することにより前記電気素子を冷却するための電子素子収納用パッケージと、を備え、とともに、

前記冷却用液体に浸漬した状態で前記モジュール容器に固定され、

前記電気素子収納容器の少なくとも一部が、3点曲げ強度300MPa以上のセラミック基板からなることを特徴とする電気素子冷却モジュール。

【請求項2】

前記電気素子が、前記金属板を介して前記セラミック基板と接合されている請求項1に記載の電気素子冷却モジュール。

【請求項3】

前記金属板が、前記電気素子と電氣的に接続するための電極である請求項1または2に

10

20

記載の電気素子冷却モジュール。

【請求項 4】

2枚の前記金属板が、前記電気素子収納容器の相対する内面に、互いに電氣的に絶縁された状態でそれぞれ配置されている請求項 1～3 のいずれかに記載の電気素子冷却モジュール。

【請求項 5】

前記セラミック基板が、 AlN 、 Si_3N_4 及び Al_2O_3 より選ばれる材料からなる請求項 1～4 のいずれかに記載の電気素子冷却モジュール。

【請求項 6】

前記セラミック基板の相対密度が 90%以上である請求項 1～5 のいずれかに記載の電気素子冷却モジュール。

【請求項 7】

前記セラミック基板の厚みが 0.3mm以上である請求項 1～6 のいずれかに記載の電気素子冷却モジュール。

【請求項 8】

前記電気素子収納容器が一体物からなる請求項 1～7 のいずれかに記載の電気素子冷却モジュール。

【請求項 9】

前記電気素子収納容器が 2点以上の部品の接合体からなる請求項 1～7 のいずれかに記載の電気素子冷却モジュール。

【請求項 10】

前記金属板には、該金属板と外部配線とを電氣的に接続するための引出電極部が、前記電気素子収納容器の前記一面部に形成された開口を通じて前記電気素子収納容器の外部に延設されている請求項 1～9 のいずれかに記載の電気素子冷却モジュール。

【請求項 11】

前記冷却用液体と接触する前記電気素子収納容器の外面には放熱板が設置されている請求項 1～10 のいずれかに記載の電気素子冷却モジュール。

【請求項 12】

前記電気素子収納容器の前記一面部が前記冷却用液体の液面よりも高くなるように、前記電気素子ユニットが前記モジュール容器に固定されている請求項 1～11 のいずれかに記載の電気素子冷却モジュール。

【請求項 13】

前記電気素子収納容器の前記一面部にフランジが形成されており、前記電気素子ユニットが前記モジュール容器の表面に形成された貫通孔から前記モジュール容器内に挿入され、前記電気素子収納容器の前記フランジが前記モジュール容器の表面に固定されている請求項 1～12 のいずれかに記載の電気素子冷却モジュール。

【請求項 14】

前記モジュール容器の表面には前記貫通孔が複数形成され、複数の前記電気素子ユニットが各貫通孔から前記モジュール容器内にそれぞれ挿入され、固定されている請求項 13 に記載の電気素子冷却モジュール。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電気素子、特に高出力のパワー FET などの電気素子を搭載するための電気素子冷却モジュールに関し、より詳しくは放熱性及び信頼性に優れた電気素子冷却モジュールに関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来、高出力のパワー FET などの電気素子を収容する電気素子収納用パッケージは、例えば図 6 に示すように、作動時に発熱する電気素子（半導体素子）51 の放熱性を向上

10

20

30

40

50

させるため、電気素子51と、熱伝導率の高い金属板53、セラミック基板55などから構成されている。すなわち、セラミック基板55の一方の表面に、金属板53が設置され、この金属板53の表面に電気素子51が搭載されている。

【0003】

電気素子51は、例えばSi単結晶の原子の一部をV族またはIII族の原子で置き換えた、いわゆる不純物半導体からなり、自由電子と正孔の二つのキャリア数により区別されるn型、p型半導体の組合せにより構成される。その役割は、ICなどの電子回路のベース電圧信号でパワー回路の電流のスイッチングを行い、電力の制御を行うことにある。

【0004】

金属板53は、パワー回路上のエミッタ電極を構成し、大電流を通電するとともに、電気素子51で発生した熱を外部に伝達し放出する際、熱を広範囲に伝導し熱放散性を高める働きをする。セラミック基板55は、絶縁性を有しており、金属板53間の電氣的絶縁を確保するために設けられるとともに、金属板53と同様に熱を外部に伝達する役目を有する。

【0005】

また、セラミック基板55の金属板53が設置された面の反対側の面に高熱伝導の放熱板を設けて、放熱性を向上させるなどの試みが行われている（特許文献1～3参照）。

【0006】

また、図7に示すように、セラミック基板55の金属回路板53が形成された面の逆に流路59を設け、この流路59に液体の冷媒を流通させて、さらに放熱性を高めるなどの試みが行われている（特許文献4，5参照）。

【0007】

さらに、特許文献6には、冷却用液体内に電気素子の発熱部（ペレット）を直接浸漬した半導体素子冷却装置が開示されている。これによれば、冷却効率のよい半導体冷却装置を提供できるとされている。

【0008】

しかしながら、近年、パワーFETなどの発熱量は増加する傾向にあり、図6に示すような放熱方法では十分に電気素子から発生する熱を放熱することが困難になっている。また、特許文献1～3に記載されているような放熱板と気体の熱交換により放熱する方法では、放熱性が十分とは言えない。また、特許文献4，5に記載のように液体の冷媒を用いる場合には、放熱性は比較的向上するものの、高速で冷媒を循環させる必要があるため、冷媒の循環系に高い圧力がかかることから、信頼性が低下するなどの問題があった。さらに、特許文献6に記載の冷却装置では、電気素子の短絡を防止するという点で、安価であるが導電性を有する水などの液体を冷却用液体として使用することができないので、コストアップにつながるという問題がある。

【0009】

また、電気素子を備えた部品や装置では、電気素子をセラミック基板の表面に実装する際や電気素子の作動時などに熱応力がかかり、セラミック基板にクラックが発生することがある。この対策として、特許文献1，2，3，5には、クラックの発生を低減する手段が開示されている。しかしながら、これらの特許文献に記載の手段では、クラックの発生を防止する効果が必ずしも十分とは言えず、クラックが発生することにより製品の信頼性が低下するという問題があった。

【特許文献1】特開昭63-73651号公報

【特許文献2】特開平2-146748号公報

【特許文献3】特開2003-17627号公報

【特許文献4】特開平9-260585号公報

【特許文献5】特開2001-308237号公報

【特許文献6】特開昭56-130955号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

10

20

30

40

50

【0010】

本発明の課題は、高い放熱性と信頼性を有した電気素子冷却モジュールを提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0011】

上記課題を解決するための本発明の電気素子冷却モジュールは、以下の構成からなる。

(1) 内部に冷却用液体が収容されたモジュール容器と、該モジュール容器に固定された電気素子ユニットと、を備えた電気素子冷却モジュールであって、前記冷却用液体が、水であり、前記電気素子ユニットが、電気素子と、略直方体形状でかつ一面部を除く部分が水密構造である、前記電気素子を収容するための電気素子収納容器および該電気素子収納容器の内面に配置されており、表面に前記電気素子が接合されている金属板を備え、前記冷却用液体に前記電気素子収納容器の前記一面部を除く部分を浸漬することにより前記電気素子を冷却するための電子素子収納用パッケージと、を備え、とともに、前記冷却用液体に浸漬した状態で前記モジュール容器に固定され、前記電気素子収納容器の少なくとも一部が、3点曲げ強度300MPa以上のセラミック基板からなることを特徴とする電気素子冷却モジュール。

10

(2) 前記電気素子が、前記金属板を介して前記セラミック基板と接合されている(1)に記載の電気素子冷却モジュール。

(3) 前記金属板が、前記電気素子と電気的に接続するための電極である(1)または(2)に記載の電気素子冷却モジュール。

20

(4) 2枚の前記金属板が、前記電気素子収納容器の相対する内面に、互いに電気的に絶縁された状態でそれぞれ配置されている(1)～(3)のいずれかに記載の電気素子冷却モジュール。

(5) 前記セラミック基板が、AlN、Si₃N₄及びAl₂O₃より選ばれる材料からなる(1)～(4)のいずれかに記載の電気素子冷却モジュール。

(6) 前記セラミック基板の相対密度が90%以上である(1)～(5)のいずれかに記載の電気素子冷却モジュール。

(7) 前記セラミック基板の厚みが0.3mm以上である(1)～(6)のいずれかに記載の電気素子冷却モジュール。

(8) 前記電気素子収納容器が一体物からなる(1)～(7)のいずれかに記載の電気素子冷却モジュール。

30

(9) 前記電気素子収納容器が2点以上の部品の接合体からなる(1)～(7)のいずれかに記載の電気素子冷却モジュール。

(10) 前記金属板には、該金属板と外部配線とを電気的に接続するための引出電極部が、前記電気素子収納容器の前記一面部に形成された開口を通じて前記電気素子収納容器の外部に延設されている(1)～(9)のいずれかに記載の電気素子冷却モジュール。

(11) 前記冷却用液体と接触する前記電気素子収納容器の外面には放熱板が設置されている(1)～(10)のいずれかに記載の電気素子冷却モジュール。

(12) 前記電気素子収納容器の前記一面部が前記冷却用液体の液面よりも高くなるように、前記電気素子ユニットが前記モジュール容器に固定されている(1)～(11)のいずれかに記載の電気素子冷却モジュール。

40

(13) 前記電気素子収納容器の前記一面部にフランジが形成されており、前記電気素子ユニットが前記モジュール容器の表面に形成された貫通孔から前記モジュール容器内に挿入され、前記電気素子収納容器の前記フランジが前記モジュール容器の表面に固定されている(1)～(12)のいずれかに記載の電気素子冷却モジュール。

(14) 前記モジュール容器の表面には前記貫通孔が複数形成され、複数の前記電気素子ユニットが各貫通孔から前記モジュール容器内にそれぞれ挿入され、固定されている(13)に記載の電気素子冷却モジュール。

【発明の効果】

【0012】

50

前記(1)記載の電気素子冷却モジュールによれば、電気素子収納容器を冷却用液体に浸漬して電気素子を冷却するので、従来のようにセラミック基板の表面に形成された流路に冷却用液体を流通させる方法と比較して、電気素子収納容器と冷却用液体との接触面積を増加させることができる。これにより、電気素子の冷却効率を向上させることができる。

【0013】

また、セラミック基板の3点曲げ強度を300MPa以上とすることにより、電気素子をセラミック基板に実装する際や電気素子の作動時などの熱応力に対しても十分耐え得る強度を保持することが可能となり、クラックの発生や破壊を防止して信頼性の高い電気素子収納用パッケージを得ることができる。

【0014】

さらに、電気素子収納容器の一面部を除く部分が水密構造であり、かつこの一面部を除く部分を冷却用液体に浸漬するので、冷却用液体が電気素子収納容器内に浸入することができない。これにより、液体の導電性の有無にかかわらず種々の冷却用液体を選定することができるので、安価な水を冷却用液体として使用することによりコストアップを抑制することができる。

また、前記(1)記載のように、本発明の電気素子ユニットは、上記した電気素子収納用パッケージの金属板表面に電気素子を接合したものである。したがって、この電気素子ユニットは、高い放熱性と信頼性を備え、しかも冷却用液体として安価な水を使用してコストアップを抑制することができる。

さらに、前記(1)記載のように、本発明の電気素子冷却モジュールは、上記した電気素子ユニットを、モジュール容器内の冷却用液体に浸漬し、モジュール容器に固定したものである。このような構造にすることで、電気素子収納容器の外面の大部分をモジュール容器内に収容された冷却用液体と接触させることができるので、冷却効率が格段に高い電気素子冷却モジュールを提供することができる。

【0015】

上記のように本発明の電気素子冷却モジュールは、内部に電気素子を収容してこれを冷却するためのものであるが、電気素子を収容する際には、前記(2)記載のように、電気素子が金属板を介してセラミック基板と接合されるのが好ましい。これにより、電気素子で発生した熱を金属板およびセラミック基板を通じて効率的に放熱させることができる。

【0016】

本発明の電気素子冷却モジュールは、例えば発熱性素子、IGBT、パワー系素子などのように電流を制御する機能を有した電気素子を搭載するのに好適である。この場合、前記(3)記載のように、前記金属板は、電気素子で発生した熱を広範囲に伝導し熱放散性を高める役割の他、電極としての役割をも果たす。

【0017】

前記(4)記載の電気素子冷却モジュールでは、2枚の金属板が、電気素子収納容器の相対する内面に互いに電氣的に絶縁された状態でそれぞれ設置されている。すなわち、2枚の金属板が電気素子を挟持するようにして配置されているので、電気素子から発生する熱を電気素子の両面から2枚の金属板を通じて効率的に放熱させることができるとともに、これらの金属板を電極として使用することができる。

【0018】

前記(5)記載のように、電気素子収納用パッケージにおけるセラミック基板としては、高熱伝導性であることから冷却効率を高くできる点でAlNが望ましく、高強度である点でSi₃N₄が望ましく、高強度で安価である点でAl₂O₃が望ましい。また、これらの材料を使用することにより、電気素子に大きな電流を印加した場合においても、外部の冷却水やケーシングとの間で高い電氣的絶縁性を確保することができる。

【0019】

前記(6)記載の電気素子冷却モジュールによれば、セラミック基板の相対密度が90%以上、すなわちセラミック基板の密度が理論密度の90%以上であるので、セラミック基板の気孔が少なくなって緻密化が図られ、3点曲げ強度を容易に300MPa以上とする

10

20

30

40

50

ことが可能となる。これにより、クラックの発生を防止するとともに、セラミック基板の熱伝導率を高くすることができるので、冷却効率をより向上させることができる。また、セラミック基板の絶縁性を維持でき、十分に電気素子を保護することができる。

【0020】

前記(7)記載の電気素子冷却モジュールでは、セラミック基板の厚みを0.3mm以上としている。これにより、セラミック基板を必要以上に薄くすることなく、十分な強度を保持できる厚みで電気素子収納用パッケージを構成することができる。

【0021】

前記(8)または(9)記載のように、本発明の電気素子冷却モジュールでは、電気素子収納容器が一体物であってもよく、2点以上の部品の接合体からなるものであってもよい。電気素子収納容器を一体構造とすることで、接合部などの容器の構造的に脆弱な部分をなくすることができるため、電気素子冷却モジュールの信頼性をより向上させることができる。また、電気素子収納容器を2点以上の部品の接合体により構成することで、比較的簡単な構造の部品から電気素子冷却モジュールの容器を作製することができ、製造コストを下げることができる。

【0022】

前記(10)記載の電気素子冷却モジュールによれば、引出電極部が電気素子収納容器外にまで延設されているので、電極である金属板を外部配線に容易に接続することができる。

【0024】

前記(11)記載の電気素子冷却モジュールによれば、電気素子収納容器の外面に放熱板が設置されているので、金属板およびセラミック基板を伝わる電気素子から発生する熱を、放熱板から冷却用液体中にさらに効率的に放熱させることができる。これにより、冷却効率をさらに向上させることができる。

【0027】

前記(12)記載の電気素子冷却モジュールによれば、電気素子収納容器の前記一面部が、冷却用液体の液面よりも高くなるように構成されているので、仮にモジュール容器に亀裂等が生じてモジュール容器内の冷却用液体の一部が外部に漏れるようなことがあっても、漏れた冷却用液体が電気素子収納容器内に浸入するのを防止することができる。これにより、冷却用液体により電気素子収納容器内の電気素子等が短絡するなどの不具合が発生するのを防止することができるので、安全性および信頼性の高い電気素子冷却モジュールを提供することができる。

【0028】

前記(13)に記載のような構造にすることで、電気素子ユニットとモジュール容器とを容易にかつ強固に固定することができる。また、前記(14)に記載のように、モジュール容器に複数の電気素子ユニットを固定することで、容易に装置を小型化することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0029】

以下、電気素子がIGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) である場合を例に挙げて、図面に基づいて本発明の一実施形態を詳細に説明する。但し、この実施形態に記載されている構成部品の寸法、材質、形状、その相対配置などは特に特定の記載がない限りは、この発明の範囲をそのみに限定する趣旨ではなく単なる説明例に過ぎない。

【0030】

図1は、本実施形態にかかる電気素子ユニット13を示す断面図であり、図2は電気素子ユニット13を示す一部破断斜視図である。なお、図1は、図2のA-A線における断面図に相当する。

【0031】

図1および図2に示すように、電気素子ユニット13は、電気素子収納容器16および2枚の電極(金属板)17を備えた電気素子収納用パッケージ14と、電極17の表面に接合された電気素子(IGBT)15と、この電気素子15の表面に設置された高さ調節用のスペーサ18と、フリーホイールダイオード19と、電気素子15を制御する信号を

伝達する外部配線が接続される配線導体 4 2 および金属細線 4 3 と、から構成されている。

【0032】

電気素子収納容器 1 6 は、図 1 に示すように、上面部 1 6 a が開口した略直方体形状の箱体であり、上面部 1 6 a を除く部分が水密構造になっている。また、電気素子収納容器 1 6 の上面縁部にはフランジ 1 6 b が形成されている。

【0033】

電極 1 7 は、電気素子収納容器 1 6 の相対する内側面に互いに電氣的に絶縁された状態で配置された一対の電極である。一方の電極 1 7 の表面には電気素子 1 5 が接合されており、これらの電極 1 7 と電気素子 1 5 は電氣的に接続されている。また、他方の電極 1 7 と電気素子 1 5 は、スペーサ 1 8 を介して電氣的に接続されている。電極 1 7 には、該電極 1 7 と外部配線（図示せず）とを電氣的に接続するための引出電極部 1 7 a が、電気素子収納容器 1 6 の上面部 1 6 a に形成された開口を通じて電気素子収納容器 1 6 の外部に突出するように延設されている。

10

【0034】

電気素子 1 5 には、金属細線 4 3 を介して配線導体 4 2 が電氣的に接続されている。配線導体 4 2 は、電気素子収納容器 1 6 の上面部 1 6 a に形成された開口を通じて電気素子収納容器 1 6 の外部に延設されている。この配線導体 4 2 には、電気素子 1 5 を制御する信号を電気素子 1 5 に伝達するための外部配線（図示せず）が接続される。

【0035】

20

電気素子 1 5 は、上記信号に応じて電流の流れを制御する機能を備えている。これにより、電気素子 1 5 を介して一方の電極 1 7 から他方の電極 1 7 へ電流を流したり、電流の流れを遮断することができる。また、電気素子 1 5 において電流の流れを遮断し、フリーホイールダイオード 1 9 を通じて電流を逆方向に流すことも可能である。

【0036】

スペーサ 1 8 は、電気素子 1 5 の表面に配置してフリーホイールダイオード 1 9 と同じ高さに調節する役割の他、電気素子 1 5 で発生した熱を電極 1 7 に伝導する役割をも担っている。

【0037】

電気素子収納容器 1 6 の内側面、電極 1 7、電気素子 1 5、スペーサ 1 8 およびフリーホイールダイオード 1 9 は、それぞれの間に配されたろう材などの接合材（図示せず）を介して接合されている。上記のように、電気素子 1 5 が電極 1 7 を介して電気素子収納容器 1 6 の側面部と接合された構成にすることにより、電気素子 1 5 で発生した熱を電極 1 7 および電気素子収納容器 1 6 の側面部を通じて効率的に放熱することができる。

30

【0038】

図 3 は、電気素子ユニット 1 3 を備えた電気素子冷却モジュールを示す断面図である。図 3 に示すように、この電気素子冷却モジュールは、内部に冷却用液体 1 1 が充填されたモジュール容器 1 2 と、電気素子ユニット 1 3 とから構成されている。モジュール容器 1 2 を構成する材料としては、例えばアルミニウム、ステンレス鋼などの金属やプラスチックなどを用いることができる。

40

【0039】

電気素子ユニット 1 3 は、モジュール容器 1 2 の上面に形成された複数の貫通孔からモジュール容器 1 2 内にそれぞれ挿入され、上面部 1 6 a に形成された開口が冷却用液体 1 1 の液面よりも高くなるように、電気素子収納容器 1 6 の上端縁部に形成されたフランジ 1 6 b においてモジュール容器 1 2 の上面と固定されている。このように電気素子収納容器 1 6 を冷却用液体 1 1 に浸漬した状態でモジュール容器 1 2 に固定することで、電気素子収納容器 1 6 の上面を除く外面、すなわち底面および側面を冷却用液体と接触させることができる。

【0040】

したがって、電気素子 1 5 で発生した熱は、電極 1 7 を通じて、あるいはスペーサ 1 8

50

、電極 17 を通じて電気素子収納容器 16 に伝熱する。一方で、冷却用液体 11 はモジュール容器 12 の中を循環して電気素子収納容器 16 を冷却する。これにより、電気素子収納容器 16 の熱が冷却用液体 11 に伝熱し、さらに、この冷却用液体 11 をモジュール容器 12 から外部の熱交換器等へ導出し、外部へ放出される。また、この熱の一部はモジュール容器 12 に伝わり外部へと放出される。このような熱の移動により、電気素子 15 から発生する熱を効率的に外部に放熱することができるので、電気素子 15 を高温環境に晒すのを防止し電気素子 15 を保護することができる。

【0041】

電気素子収納容器 16 を構成する部材のうち、特に電極 17 が配置された側面部にはセラミック基板を用いるのがよい。このようなセラミック基板の材質としては、例えば高熱伝導性で冷却効率を高くできる点で AlN を用いるのが好ましく、高強度である点で Si₃N₄ を用いるのが好ましく、高強度で安価である点で Al₂O₃ を用いるのが好ましい。

10

【0042】

特に、Al₂O₃ を用いる場合には、AlN、Si₃N₄ よりも熱伝導率が低くなる傾向にあるが、焼結助剤の量を 10 質量% 以下、特に 7.5 質量% 以下とすることで熱伝導率を向上させることができる。また、上記のセラミックス材料では、熱伝導率を低下させる非晶質相の含有率が低いのが好ましく、7 質量% 以下、さらに 5 質量% 以下とするのが好ましい。

【0043】

また、電気素子ユニット 13 の放熱性を高めるため、セラミック基板は熱伝導率が 5 W / (m · k) 以上、好ましくは 15 W / (m · k) 以上、より好ましくは 30 W / (m · k) 以上であるのがよい。

20

【0044】

セラミック基板の強度は、3 点曲げ強度 (JIS R1601) が 300 MPa 以上、好ましくは 400 MPa 以上、より好ましくは 600 ~ 850 MPa であるのがよい。特に、電極 17 が配置されたセラミック基板は、電極 17 との熱膨張率の差に起因してクラックの発生や破壊が生じやすいため、強度を上記範囲にするのが好ましい。

【0045】

セラミック基板のヤング率は、340 GPa 以下、好ましくは 320 GPa 以下、より好ましくは 260 ~ 300 GPa であるのがよい。特に、電極 17 が配置されたセラミック基板は、電極 17 との熱膨張率の差に起因してクラックの発生や破壊が生じやすいため、ヤング率を上記範囲にするのが好ましい。

30

【0046】

セラミック基板の熱膨張率は、 $8.0 \times 10^{-6} / K$ 以下、好ましくは $7.0 \times 10^{-6} / K$ 以下、より好ましくは $2.0 \times 10^{-6} / K \sim 5.0 \times 10^{-6} / K$ であるのがよい。これにより、電気素子 15 が発熱し電気素子収納容器 16 が高温になった場合であっても、容器 16 の熱膨張による寸法変化を小さく抑えることができるので、電気素子収納容器 16 と電極 17 との接合部分、フランジ 16b とモジュール容器 12 との固定部分、電気素子収納容器 16 を構成する部材間の接合部分などにおける接合信頼性を向上させることができる。

40

【0047】

セラミック基板の絶縁耐圧は、10 kV / mm 以上、好ましくは 12 kV / mm 以上、より好ましくは 15 ~ 25 kV / mm 以上であるのがよい。これにより、電気素子の冷却効率を格段に高くすることができるとともに、高電圧が印加された場合においても、絶縁破壊による短絡などの問題が発生するのを防止できる。

【0048】

セラミック基板の体積固有抵抗は、 $1 \times 10^{12} \Omega \cdot \text{cm}$ 以上、好ましくは $1 \times 10^{13} \Omega \cdot \text{cm}$ 以上、より好ましくは $1 \times 10^{13} \sim 1 \times 10^{14} \Omega \cdot \text{cm}$ であるのがよい。これにより、使用時にリーク電流の発生を防止することができ、電子機器作動時の誤動作、及び電流のロスを低減することができる。

50

【0049】

セラミック基板の密度は、相対密度が90%以上（密度が理論密度の90%以上）、特に93%以上であるのが好ましい。セラミック基板の密度を前記の範囲とすることで、セラミック基板に電極17を拘束するために十分な強度と剛性を付与することができる。また、セラミック基板の相対密度を90%以上とすることで、強度を容易に300MPa以上とすることが可能となる。しかも、セラミック基板に十分な絶縁性を付与することができるため、短絡（ショート）による電気素子15の破壊（焼損）を防止することができる。さらに、セラミック基板の相対密度は98%以下であるのがよい。これにより、セラミック基板のヤング率の低減が可能となり、容易にヤング率340GPa以下のセラミック基板を得ることができる。

10

【0050】

セラミック基板の厚みは、0.3mm以上、好ましくは0.5mm以上であるのがよい。これにより、セラミック基板に十分な強度と剛性を付与できるため、電極17の熱サイクルに伴う膨張と収縮を十分に拘束することが可能となり、セラミック基板の反り、割れ、クラックなどを防止することができる。また、セラミック基板の厚みは、放熱性の低下を防止するため、1.5mm以下、好ましくは0.3～1.0mmであるのがよい。

【0051】

電気素子収納容器16を構成する部材のうち、底面部などのように電極17と直接接していない部分に用いる材質は、特に限定されないが、絶縁性に対する信頼性の点でセラミック基板を用いるのがよく、特に、上記した電極17が配置された側面部と同じセラミックス材料を用いるのがよい。

20

【0052】

電極17の材質は、Cu、Al、W、Moおよびこれらの合金の少なくとも1種を主成分とするのが好ましく、熱伝導性、原料コストおよび導電性の点から、Cuを主成分とするのがより好ましい。また、Cuと他の金属や金属酸化物との合金又は混合体を用いてもよいが、熱伝導率の点からCuの量は90モル%以上であるのがよい。スペーサ18の材質は、電極17と同様のものが使用可能であり、特にCu、その合金又は混合体であるのが好ましい。冷却用液体としては、導電性の有無にかかわらず種々の液体を選定することができ、特に安価であるという点で水を用いるのがよい。

【0053】

また、電極17には空隙が存在しているのが好ましく、その空隙率は2体積%以上、特に3～4体積%の範囲であるのが好ましい。空隙率を前記範囲にすることで、電極17のヤング率が下がり、熱サイクルに伴ってセラミック基板と電極17との間に働く応力を小さくすることができるとともに、発生した応力を十分に緩和することができ、接合信頼性を向上させることができる。

30

【0054】

電極17の厚みは、0.1mm以上とし、セラミック基板の厚みの5倍以下とするのが好ましい。例えばセラミック基板の厚みが0.5mmの場合、電極17の厚みを0.1mm～2.5mmの範囲にするのがよい。電極17の厚みを0.1mm以上にすることで、セラミック基板の放熱性を高くすることができるとともに、電極17の電氣的抵抗を下げるため、電流を流した際の電極17の発熱をも抑制することができる。また、電極17の厚みをセラミック基板の5倍以下にすることで、電極17とセラミック基板との熱膨張係数の差に起因するセラミック基板の反り、割れ、クラックなどの発生を抑制することができる。

40

【0055】

上記のようなセラミック基板、電極17、電気素子15等の各部材は、直接接合法、活性金属接合法およびアルミニウム系ろう材接合法のいずれかによって接合されることが好ましい。直接接合法を用いる場合で、電極17が銅板である場合は、酸素を含むCu-Oとの共晶化合物によりセラミック基板に接合される（銅直接接合法：DBC法）。さらに、電極17がアルミニウム板である場合は、けい素を含むAl-Si共晶化合物によりセ

50

ラミック基板に接合される（アルミニウム直接接合法：D B A法）。また、活性金属法は、T i、Z r、H fなどの活性金属を含有するロウ材を介して電極17をセラミック基板に接合する方法であり、A lロウ材接合法は、A lを含有するロウ材を介して電極17をセラミック基板に接合する方法である。

【0056】

以下、電気素子ユニット13の製造方法の一例について具体的に説明する。図4(a)～(f)は、電気素子ユニット13の製造方法を示す工程図である。

【0057】

まず、図4(a)に示すように、電気素子収納容器16を構成するセラミック基板31～37のうち、セラミック基板31を作製する。セラミック基板31は、例えば酸化アルミニウム質焼結体で形成されている場合には、酸化アルミニウム、酸化珪素、酸化マグネシウム、酸化カルシウム等の原料粉末に適当な有機バインダー、可塑剤、溶剤を添加混合して泥漿状にするとともに、該泥漿物を従来から周知のドクターブレード法やカレンダーロール法を用いてセラミックグリーンシート（セラミック生シート）を形成し、次にセラミックグリーンシートに適当な打ち抜き加工を施し、所定形状となすとともに必要に応じて複数枚を積層して成形体とし、しかる後にこれを約1300～1600℃の温度で焼成することにより得られる。

【0058】

また、酸化アルミニウム等の原料粉末に適当な有機溶剤、溶媒を添加混合して原料粉末を調整するとともに該原料粉末をプレス成形技術によって所定形状に成形し、しかる後にこの成形体を約1300～1600℃の温度で焼成することによって製作することも可能である。

【0059】

ここで、セラミック基板31には、焼成前にその表面にメタライズ金属層41が被着されており、このメタライズ金属層41は焼成後に電極17をセラミック基板31にロウ付けする際の下地金属層として作用するものである。このメタライズ金属層41は、タングステン、モリブデン、マンガン等の高融点金属材料からなり、例えばタングステン粉末に適当な有機バインダー、可塑材、溶剤を添加混合した金属ペーストを焼成によってセラミック基板31となるセラミックグリーンシートの表面に予めスクリーン印刷法により所定パターンに印刷塗布しておくことによって、セラミック基板31の表面に所定のパターンで、所定の厚み（10～50μm）に被着される。

【0060】

なお、メタライズ金属層41はその表面にニッケル、金等の良導電性で、耐蝕性及びロウ材との濡れ性が良好な金属をメッキ法により被着させておくと、メタライズ金属層41の酸化腐食を有効に防止することができるとともに、ロウ付けなどにより、メタライズ金属層41と電極17とを極めて強固に接合することができる。このような被着金属層は1～20μm程度の厚みに被着させておくのが好ましい。

【0061】

次に、セラミック基板31上に形成されたメタライズ金属層41または被着金属層の表面にロウ材を塗布し、その上に電極17を固定する。具体的には、メタライズ金属層41上に、例えば銀ロウ材（銀：72質量%、銅：28質量%）やアルミニウムロウ材（アルミニウム：88質量%、シリコン：12質量%）等からなるロウ材を塗布し、その上に金属板である電極17を載置し、しかる後にこれを真空中もしくは中性、還元雰囲気中において、所定温度（銀ロウ材の場合は約800～900℃、アルミニウムロウ材の場合は約500～600℃）で加熱処理し、ロウ材を溶融させるとともにメタライズ金属層41の表面と電極17の表面とを接合させることによって、セラミック基板31と金属層17とが接合される（図4(b)）。

【0062】

銅やアルミニウム等からなる電極17は、銅やアルミニウム等のインゴット（塊）に圧延加工法や打ち抜き加工法等、従来から周知の金属加工法を用いることによって、例えば

10

20

30

40

50

厚さが500 μm 程度で、メタライズ金属層41のパターン形状に対応する所定パターン形状に作製される。

【0063】

さらに、電極17が銅からなる場合、電極17を無酸素銅で形成しておくこと、該無酸素銅はロウ付けの際に銅の表面が銅中に存在する酸素により酸化されることなくロウ材との濡れ性が良好となり、メタライズ金属層41及び／又は被着金属層へのロウ材を介しての接合が強固となる。従って、電極17は無酸素銅で形成するのが好ましい。

【0064】

上記の実施形態では、焼成前にセラミック基板31の表面に予めメタライズ金属層41を被着させておき、焼成後に該メタライズ金属層41に電極17をロウ付けする場合について説明したが、セラミック基板31の表面に予めメタライズ金属層41を被着させることなく、焼成後のセラミック基板31に直接ロウ付けを行うこともできる。

【0065】

具体的には、例えば銀-銅共晶合金にチタンもしくは水素化チタンを2～5質量%添加した活性金属ロウ材をセラミック基板31上に、スクリーン印刷法により所定パターンに所定厚み(20～50 μm)だけ印刷するなどして形成し、メタライズ金属層を介することなく、電極17を直接接合してもよい。

【0066】

また、電極17の表面に、ニッケルからなる良導電性でかつ耐蝕性及びロウ材との濡れ性が良好な金属を、例えばメッキ法により被着させておくと、電極17と外部電気回路とを電氣的に接続する際、その電氣的接続を良好にできるとともに、電極17に半田を介して電気素子15を接合させる際、その接合を強固にすることができる。従って、電極17の表面には、ニッケルからなる良導電性でかつ耐蝕性及びロウ材との濡れ性が良好な金属をメッキ法により被着させておくのが好ましい。

【0067】

なお、ニッケルからなるメッキ層の表面酸化を良好に防止することができ、ロウ材との濡れ性等を長く維持することができる点から、電極17はその表面にニッケルからなるメッキ層を被着させる場合、内部に燐を8～15質量%含有させてニッケル-燐のアモルファス合金としておくことが望ましい。

【0068】

電極17の表面にニッケル-燐のアモルファス合金からなるメッキ層を被着させる場合、ニッケルに対する燐の含有量が8質量%未満、あるいは15質量%を超えたときニッケル-燐のアモルファス合金を形成するのが困難となってメッキ層に半田を強固に接着させることができなくなるおそれがある。従って、前記電極17の表面にニッケル-燐のアモルファス合金からなるメッキ層を被着させる場合にはニッケルに対する燐の含有量を8～15質量%の範囲としておくことが好ましく、好適には10～15質量%の範囲がよい。

【0069】

また、電極17の表面に被着されるニッケルからなるメッキ層は、その厚みが1.0 μm 未満の場合、電極17の表面をニッケルからなるメッキ層で完全に被覆することができず、電極17の酸化腐蝕を有効に防止することができなくなるおそれがあり、また3 μm を超えるとニッケルからなるメッキ層の内部に内在する内在応力が大きくなってセラミック基板31に反りや割れ等が発生するおそれがある。特に、セラミック基板31の厚さが700 μm 以下の薄いものになった場合にはこのセラミック基板31の反りや割れ等が顕著となってしまう。従って、電極17の表面に被着されるニッケルからなるメッキ層はその厚みを1.5 μm ～3 μm の範囲としておくことが好ましい。

【0070】

次に、表面にメッキ層が被着された電極17の表面には、電気素子15およびフリーホイールダイオード19が半田を介して接合される。また、電気素子15の表面にはスペーサ18が半田を介して接合される。さらに、セラミック基板31の表面には、電気素子15と外部配線とを接続するための配線導体42が半田等により接合される(図4(c))。

10

20

30

40

50

この際、半田としては、錫－鉛共晶合金、錫－鉛合金、金－錫合金、金－ゲルマニウム合金等の金属材料が好適に使用される。ここで、半田を介した電気素子15の接合は、半田が、例えば錫－鉛共晶合金（錫：10質量%、鉛：90質量%）からなる場合には、錫－鉛共晶合金の粉末に有機溶剤、溶媒を添加混合して半田ペーストを作製して、これをスクリーン印刷等の印刷技法を用いて電極17の上面に所定パターン、所定厚みで被着させ、次に被着させた半田ペースト上に電気素子15を載置させるとともに、リフロー炉等を用いて約300～400℃の温度で約5～60分間加熱し、半田を溶融させることによって行なわれる。

【0071】

次に、電極17上にはんだ実装された電気素子15と、セラミック基板31上に形成された制御信号用の配線導体42とを、ワイヤーボンディング法などを用いて、約0.1～0.3mmのアルミニウム金属細線などの金属細線43により電氣的に接続する（図4(d)）。

【0072】

次に、電気素子収納容器16を構成するセラミック基板部材32～37を、上記したセラミック基板31と同様にして作製する（図4(e)）。各セラミック基板33～37は、セラミック基板31に半田などの接合材を介して接合される。ここで、セラミック基板31上の半田が被着される面には、前記と同様のメタライズ金属層やメッキ層が形成されていることは言うまでもない。セラミック基板32の表面には、前記したセラミック基板31と同様にして、セラミック基板31と対称形状の電極17を接合しておく。また、電気素子収納容器16の上面部16aは、セラミック基板を配置せずに全面を開口させておくか、あるいは引出電極部17aおよび配線導体42の形状に対応した孔を設けたセラミック基板（図示せず）を配置する。

【0073】

なお、セラミック基板32～37を接合する半田としては、前記と同様に、錫－鉛共晶合金、錫－鉛合金、金－錫合金、金－ゲルマニウム合金等の金属材料が好適に使用できるが、既に電気素子15を接合した半田の再溶融による位置ずれなどを考えると、使用する半田の溶融温度を低下させておく方が好ましい。例えば、錫－鉛共晶合金（錫：50質量%、鉛：50質量%）からなる場合には、同様にして半田ペーストを作製し、これを周知のスクリーン印刷等の印刷技法を用いて側壁のメッキ上、及び半導体素子の上面に所定パターン、所定厚みに被着させ、次に被着させた半田ペースト上に対向するセラミック基板を載置させるとともに、リフロー炉等を用いて約200～300℃の温度で、約5～60分間加熱し、半田を溶融させることによって行うことができる。

【0074】

以上のようにして、電気素子15、配線導体42等を内蔵する電気素子ユニット13を作製することができる（図4(f)）。なお、電気素子収納容器16内には、仮に冷却用液体11が浸入したとしても、冷却用液体11が電気素子15や電極17と接触しないように、熱硬化性樹脂やシリコーンゲルなどを充填しておくことが望ましい。樹脂材としては、耐熱性、柔軟性、密着性、及び耐水性を有していればよい。また、シリコーンゲルの他に、シリコーン系樹脂やポリエステル系樹脂、あるいは耐熱性ゴム等を用いることもできる。さらに、熱伝導性を高めるために電氣的絶縁性のある無機粉末などの配合剤（フィラー）を熱硬化性樹脂やシリコーンゲルなどに配合するのが望ましい。

【0075】

<他の実施形態>

図5は、本発明の他の実施形態にかかる電気素子冷却モジュールを示す断面図である。図5に示すように、この電気素子冷却モジュールでは、電気素子ユニット13の外側面（電気素子収納容器16の外側面）には放熱板71が設置されている。これにより、電気素子15から発生し、電極17および電気素子収納容器16に伝導してくる熱を、放熱板71を通じて冷却用液体11中により効率的に放熱させることができる。図5に示す電気素子冷却モジュールの他の部位については、図3と同じ符号を付して説明を省略する。

【0076】

なお、本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、発明の要旨を変更しない範囲で種々の変更が可能である。例えば、セラミック基板としては酸化アルミニウム質焼結体の他、熱伝導率の高い窒化アルミニウム質焼結体や窒化珪素質焼結体で形成してもよい。窒化アルミニウム質焼結体や窒化珪素質焼結体は、電気素子15が多量の熱を発生し、この熱を効率良く除去したい場合には好適である。

【0077】

また、上記実施形態では、電気素子収納容器16が、セラミック基板31～37からなる接合体で形成する場合を示したが、予め電気素子15を挟み込むように搭載した2枚の電極17を、一体物として形成された箱状の電気素子収納容器に、圧入、焼き嵌め、冷し嵌めなどの挿入法、あるいは半田やロウ材などの接合法により設置してもよい。

10

【0078】

上記実施形態では、電気素子冷却モジュールを図3に示すような配置状態で使用する場合について説明したが、モジュール容器12内の冷却用液体11が外部に漏れないように密閉してあれば、電気素子ユニット13をモジュール容器12の側面や底面から挿入して冷却用液体に浸漬することもできる。

【0079】

上記実施形態では、金属板が電気素子で発生した熱を広範囲に伝導し熱放散性を高める役割と電極としての役割とを兼ね備えた場合について説明したが、電気素子に接続する電極は別途設けるようにして、金属板が熱放散性を高める役割のみを担うようにしてもよい。

20

【0080】

さらに、上記実施形態では、電気素子15がIGBTである場合について説明したが、本発明は、使用時に熱が発生する各種電気素子に対して同様に適用可能である。

【実施例】

【0081】

以下、実施例および比較例を挙げて本発明をさらに詳細に説明するが、本発明は、以下の実施例に限定されるものではない。

【0082】

<セラミック基板の作製>

30

Al_2O_3 製セラミック基板用のグリーンシートの原料として、酸化アルミニウム粉末（平均粒径 $1.8\mu m$ ）を91.5質量%と、5質量%の MnO_2 と、3質量%の SiO_2 と、0.5質量%の MgO とを混合した後、さらに、成形用有機樹脂（バインダ）としてアクリル系バインダを、溶媒としてトルエンを添加し、ボールミルで24時間混合してスラリーを調製した。

【0083】

AlN 製セラミック基板用のグリーンシートの原料として、窒化アルミニウムを90.0質量%と、8.0質量%の酸化エルビウム（ Er_2O_3 ）と、2.0質量%の酸化ストロンチウム（ SrO ）とを混合した後、さらに、成形用有機樹脂（バインダ）としてアクリル系バインダを、溶媒としてトルエンを添加し、ボールミルで24時間混合してスラリーを調製した。

40

【0084】

Si_3N_4 製セラミック基板用のグリーンシートの原料として、平均粒径が $1.2\mu m$ 、酸素量が1.3質量%、 α 率93%の直接窒化法により製造された窒化ケイ素原料粉末を84.9モル%、7.5モル%の Er_2O_3 、7.5モル%の MgO 、 Al_2O_3 を0.01モル%以下となる量で配合して、成形用バインダとしてアクリル樹脂バインダを、溶媒としてトルエンを添加し、ボールミルで24時間混合してスラリーを調製した。

【0085】

ZrO_2 製セラミック基板用のグリーンシートの原料として、平均粒径が $0.5\mu m$ の ZrO_2 粉末97モル%に、3モル%の Y_2O_3 粉末を混合した後、さらに、成形用有機樹

50

脂（バインダ）としてアクリル系バインダを、溶媒としてトルエンを添加し、ボールミルで24時間混合してスラリーを調製した。

【0086】

次に、これらのスラリーを用いて、ドクターブレード法により4種のグリーンシートを作製した。なお、これらのグリーンシートは焼成後に表1に示す厚みになるように調整した。ついで、各グリーンシートを1300～1600℃の温度で1～6時間保持して焼成し、試料No.1～16のセラミック基板を得た。

【0087】

<電極の作製>

電極は、厚み300μmの銅板を所定の形状に打ち抜いて作製した。

10

【0088】

<電気素子ユニットの作製>

上記で得られた各セラミック基板および電極を用いて、図4(a)～(f)に示す製造工程と同様にして、電気素子15、フリーホイールダイオード19およびスペーサ18を搭載した電気素子ユニット13を作製した。なお、スペーサ18は、電極17と同じ材料を用いて作製した。セラミック基板31と電極17との接合には銀ろう材（銀：72質量%、銅：28質量%）を用い、電極17と電気素子15、フリーホイールダイオード19およびスペーサ18との接合には錫10質量%、鉛90質量%からなる半田を用い、セラミック基板31～37の接合には錫50質量%、鉛50質量%からなる半田を用いた。

20

【0089】

<評価>

試料No.1～16のセラミック基板の相対密度、熱伝導率、熱抵抗、強度、絶縁性およびクラックの有無について、以下の方法で評価した。これらの各評価方法を以下に示し、評価結果を表1に示す。

相対密度：アルキメデス法により比重を測定し、理論密度に対する相対密度を算出した。

熱伝導率：レーザーフラッシュ法により熱伝導率を測定した（JIS R1611）。

熱抵抗：電気素子に電流を流して発熱させ、電気素子の温度に敏感なパラメータの温度依存データから動作時の電気素子の温度を算出して熱抵抗を計算するTSP法（Temperature Sensitive Parameter Method）を用いた。

30

強度：3点曲げ強度試験（JIS R1601）に基づき、スパン30mmで2点支持して評価した。

絶縁性：JIS C2141に基づき、体積抵抗率を測定した。試料サイズはφ50mm×厚さ2mmとした。表1中の「○」は、体積抵抗率が $1 \times 10^{10} \Omega \cdot \text{cm}$ 以上であったことを示す。

クラックの有無：電気素子を実装した後のセラミック基板の外観について、蛍光探傷検査法を用いてクラックの検査を行った。

【表 1】

試料 No.	セラミック 基板	セラミックス基板					セラミック基 板絶縁性	セラミック基 板クラック
		厚み (mm)	相対密度 (%)	熱伝導率 (W/m・K)	熱抵抗 (°C/W)	強度 (MPa)		
1	AlN	0.64	85.0	80	0.40	280	×	×
2	AlN	0.64	90.0	120	0.33	350	○	○
3	AlN	0.64	93.0	130	0.32	380	○	○
4	AlN	0.64	95.0	140	0.31	390	○	○
5	AlN	0.64	98.0	150	0.30	400	○	○
6	Al ₂ O ₃	0.64	95.0	20	0.60	570	○	○
7	Al ₂ O ₃	0.64	98.0	25	0.58	580	○	○
8	Si ₃ N ₄	0.64	95.0	63	0.45	840	○	○
9	Si ₃ N ₄	0.64	98.0	68	0.43	850	○	○
10	Al ₂ O ₃	0.30	95.0	20	0.58	570	○	○
11	Si ₃ N ₄	0.30	95.0	63	0.41	840	○	○
12	Al ₂ O ₃	0.64	90.0	10	0.65	520	○	○
13	Al ₂ O ₃	0.64	93.0	15	0.62	555	○	○
14	Si ₃ N ₄	0.64	90.0	44	0.51	720	○	○
15	Si ₃ N ₄	0.64	93.0	58	0.47	810	○	○
16	ZrO ₂	0.64	95.0	1	0.83	1050	○	○

【0090】

表1から、セラミック基板の強度が300MPa未満である試料No. 1は、絶縁性が低く、表面にクラックが発生していた。一方、セラミック基板の強度が300MPa以上である試料No. 2～16は、絶縁性に優れ、表面にクラックの発生は見られなかった。これらの結果から、試料No. 2～16のセラミック基板は、電気素子ユニットの電気素子収納容器16を構成する部材として好適であると言える。

【図面の簡単な説明】

【0091】

【図1】本発明の一実施形態にかかる電気素子冷却モジュールの電気素子ユニットを示す断面図である。

【図2】本発明の一実施形態にかかる電気素子冷却モジュールの電気素子ユニットを示す一部破断斜視図である。

【図3】本発明の一実施形態にかかる電気素子冷却モジュールを示す断面図である。

【図4】本発明の一実施形態にかかる電気素子冷却モジュールの電気素子ユニットの製造工程を示す工程図である。

【図5】本発明の他の実施形態にかかる電気素子冷却モジュールを示す断面図である。

【図6】従来の電気素子冷却モジュールを示す断面図である。

【図7】従来の電気素子冷却モジュールを示す断面図である。

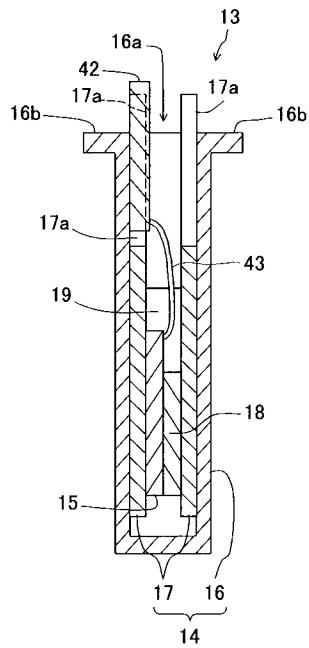
【符号の説明】

【0092】

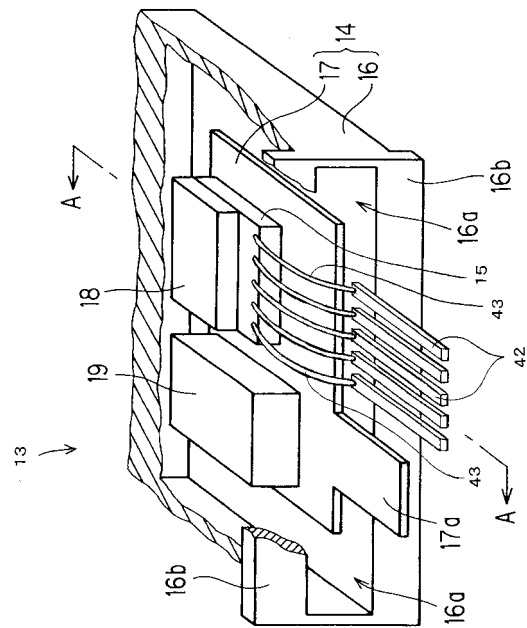
- 11 冷却用液体
- 12 モジュール容器
- 13 電気素子ユニット
- 14 電気素子収納用パッケージ
- 15 電気素子
- 16 電気素子収納容器

- 16a 上面部
- 16b フランジ
- 17 金属板
- 17a 引出電極部
- 18 スペーサ
- 19 フリーホイールダイオード

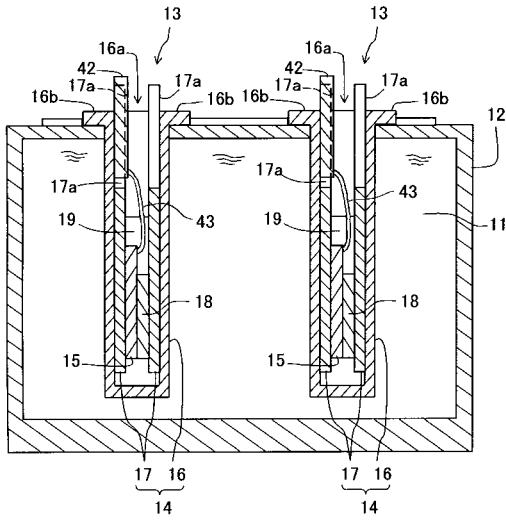
【図 1】



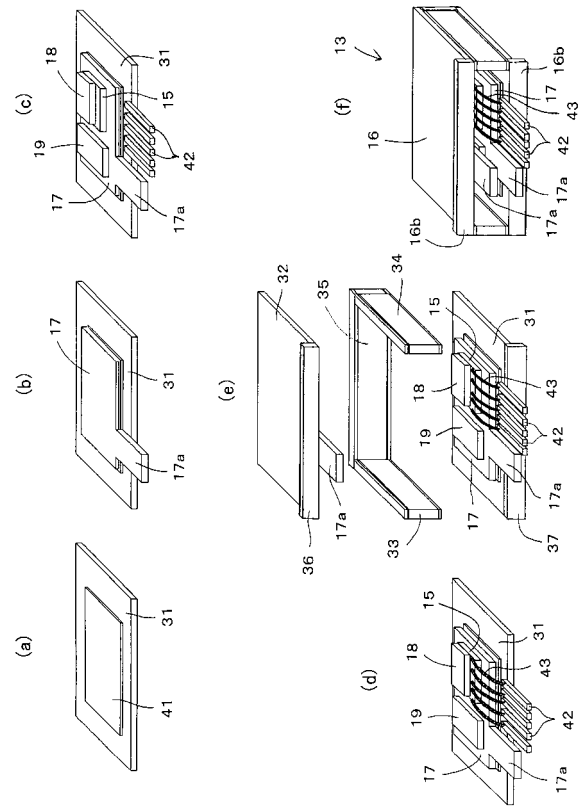
【図 2】



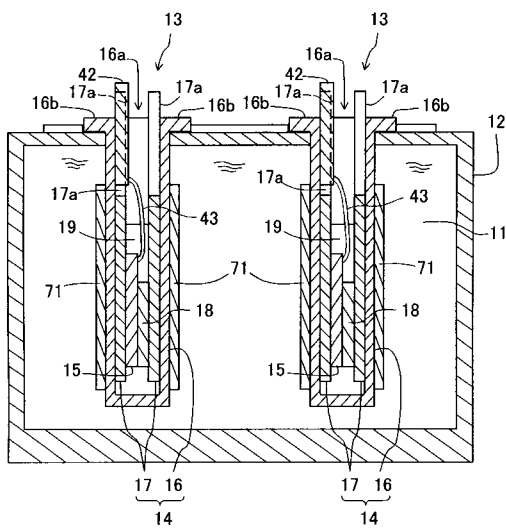
【図 3】



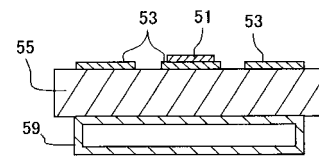
【図 4】



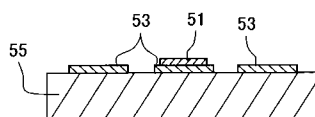
【図 5】



【図 7】



【図 6】



フロントページの続き

- (72)発明者 伊藤 信行
鹿児島県国分市山下町1番4号 京セラ株式会社総合研究所内
- (72)発明者 八久保 清
鹿児島県国分市山下町1番4号 京セラ株式会社総合研究所内

審査官 田中 永一

- (56)参考文献 特開平01-155647 (JP, A)
特開平04-168755 (JP, A)
特開平11-177006 (JP, A)
特開2006-073663 (JP, A)
特開2006-073658 (JP, A)
特開2006-073659 (JP, A)
特開2006-073660 (JP, A)
特開2006-073662 (JP, A)
特開平02-114597 (JP, A)
特開平10-056131 (JP, A)
特開平10-095672 (JP, A)
特開平10-128333 (JP, A)
特開平10-251067 (JP, A)
特開2002-164484 (JP, A)
特開2004-119667 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- | | | | |
|------|-------|---|-------|
| H01L | 23/08 | | |
| H01L | 23/34 | — | 23/46 |
| H01L | 23/48 | | |