

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2015-193880

(P2015-193880A)

(43) 公開日 平成27年11月5日(2015.11.5)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>C23C 18/32 (2006.01)</b>	C23C 18/32	4K022
<b>C23C 18/31 (2006.01)</b>	C23C 18/31	A 4K044
<b>C23C 28/00 (2006.01)</b>	C23C 28/00	A

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2014-71880 (P2014-71880)  
 (22) 出願日 平成26年3月31日 (2014. 3. 31)

(71) 出願人 000006264  
 三菱マテリアル株式会社  
 東京都千代田区大手町一丁目3番2号  
 (74) 代理人 100101465  
 弁理士 青山 正和  
 (72) 発明者 中林 明  
 静岡県駿東郡小山町菅沼1400 三菱マ  
 テリアル株式会社 三田工場 静岡DBA  
 センター内  
 (72) 発明者 加藤 浩和  
 静岡県駿東郡小山町菅沼1400 三菱マ  
 テリアル株式会社 三田工場 静岡DBA  
 センター内

最終頁に続く

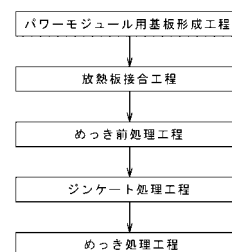
(54) 【発明の名称】 放熱板付パワーモジュール用基板の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 放熱板へのめっき形成を防止して回路層への部分的なめっきを可能にする放熱板付パワーモジュール用基板の製造方法を提供する。

【解決手段】 セラミックス基板の一方の面に積層されたアルミニウムからなる回路層と、他方の面に積層されたアルミニウムからなる金属層とを備えたパワーモジュール用基板に、銅からなる放熱板を接合した後に、前記回路層上に無電解ニッケルめっき被膜を形成する放熱板付パワーモジュール用基板の製造方法であって、前記パワーモジュール用基板の前記金属層に前記放熱板を接合した接合体を形成する放熱板接合工程と、前記放熱板に0.1V以上1.5V以下の正電位を印加した状態で前記接合体を無電解ニッケルめっき液中に浸漬して前記回路層上に無電解ニッケルめっき被膜を形成するめっき処理工程とを有する。

【選択図】 図1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

セラミックス基板の一方の面に積層されたアルミニウムからなる回路層と、他方の面に積層されたアルミニウムからなる金属層とを備えたパワーモジュール用基板に、銅からなる放熱板を接合した後に、前記回路層上に無電解ニッケルめっき被膜を形成する放熱板付パワーモジュール用基板の製造方法であって、前記パワーモジュール用基板の前記金属層に前記放熱板を接合した接合体を形成する放熱板接合工程と、前記放熱板に 0.1 V 以上 1.5 V 以下の正電位を印加した状態で前記接合体を無電解ニッケルめっき液中に浸漬して前記回路層上に無電解ニッケルめっき被膜を形成するめっき処理工程とを有することを特徴とする放熱板付パワーモジュール用基板の製造方法。

10

**【請求項 2】**

前記放熱板接合工程後で前記めっき処理工程前に前記接合体をジンケート液に浸漬して前記回路層の表面を亜鉛で被覆するジンケート処理工程を有することを特徴とする請求項 1 記載の放熱板付パワーモジュール用基板の製造方法。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、大電流、高電圧を制御する半導体装置に用いられる放熱板付パワーモジュール用基板の製造方法に関する。

**【背景技術】**

20

**【0002】**

従来のパワーモジュール基板として、セラミックス基板の一方の面にアルミニウムからなる回路層が積層されるとともに、他方の面にアルミニウムからなる金属層が積層されたものが知られている。また、このパワーモジュール用基板の金属層に放熱板が接合されることにより、放熱板付パワーモジュール用基板とされる。そして、回路層の上に半導体チップ等の電子部品がはんだ付けされ、パワーモジュールが製造される。

**【0003】**

この種の放熱板付パワーモジュール用基板においては、はんだ濡れ性を向上させて電子部品との接合性を高めるために、回路層の表面にめっき処理が施される。このように、セラミックス基板を挟んで配置される回路層と金属層のうちの一方の層だけにめっきを行うために、めっきを形成したくない部分には部分的にマスキング処理を行い、マスキング部分へのめっきの形成を防止して部分的にめっきをすることが行われている。

30

**【0004】**

このようなマスキング技術としては、めっきの形成を防止する部分に半導体レジスト等のマスキング材を形成しておく方法が一般的であるが、特許文献 1 及び特許文献 2 に記載されているように、マスキング材を使用せずに通電を利用した方法が知られている。

特許文献 1 には、金属板 (I) の主面の少なくとも片面に、絶縁層を介して別の金属板 (II) が配置された板状金属に、めっき液と逆極性の電流を流し、金属板 (II) に部分的に無電解めっきを施すことが記載されている。

また、特許文献 2 には、絶縁層を挟む第 1、第 2 アルミニウム電極層のうち、第 1 アルミニウム電極板にのみ部分的にめっきを行うために、第 2 アルミニウム電極層に亜鉛析出防止用の電位を印加した状態でジンケート処理を行うことにより、第 1 アルミニウム電極層のみに亜鉛置換膜を形成することが記載されており、その後無電解めっき処理を施すことによって、第 1 アルミニウム電極層のみに無電解ニッケル被膜を形成することとしている。

40

**【先行技術文献】****【特許文献】****【0005】**

【特許文献 1】特開 2003 183842 号公報

【特許文献 2】特開 2012 237038 号公報

50

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0006】

ところで、アルミニウムからなる回路層にニッケルめっきを形成する場合には、パワーモジュール用基板を無電解ニッケルめっき液に浸漬させる。この際、無電解ニッケルめっき液に次亜リン酸ナトリウムなど次亜リン酸塩を還元剤とした無電解ニッケルめっき液を用いた場合では、還元剤に対する銅の触媒活性がないことから、銅には自発的なめっき反応は起こらない。このため、セラミックス基板の他方の面にアルミニウムからなる金属層が積層されたパワーモジュール用基板に、銅からなる放熱板が接合された放熱板付パワーモジュール用基板においては、無電解ニッケルめっき液に浸漬させてめっき処理を行うことにより、放熱板へのめっき形成を回避することができ、アルミニウムからなる回路層のみにめっきを形成することができるはずである。ところが、アルミニウムの金属層と銅の放熱板とが接合された放熱板付パワーモジュール用基板においては、放熱板が銅で形成されているにも関わらず、回路層だけではなく放熱板の表面にもめっきが形成されてしまうことが問題となっている。

10

## 【0007】

本発明は、このような事情に鑑みてなされたもので、放熱板へのめっき形成を防止して回路層への部分的なめっきを可能にする放熱板付パワーモジュール用基板の製造方法を提供することを目的とする。

## 【課題を解決するための手段】

20

## 【0008】

パワーモジュール用基板のアルミニウムからなる金属層に銅からなる放熱板が接合された放熱板付パワーモジュール用基板を、無電解ニッケルめっき液に浸漬すると、金属層の両側の接合面以外の側面が無電解ニッケルめっき液と接触することで、そのアルミニウム部で無電解めっき反応が生じる。この際、近傍の放熱板の銅部の電位が卑（マイナス）となることによりめっき反応が広がり、ガルバニックイニシエーションと同様のメカニズムにより放熱板の全面でめっき反応が起きていることがわかった。

そこで、本発明の放熱板付パワーモジュール用基板の製造方法は、以下の解決手段とした。

## 【0009】

30

本発明は、セラミックス基板の一方の面に積層されたアルミニウムからなる回路層と、他方の面に積層されたアルミニウムからなる金属層とを備えたパワーモジュール用基板に、銅からなる放熱板を接合した後に、前記回路層上に無電解ニッケルめっき被膜を形成する放熱板付パワーモジュール用基板の製造方法であって、前記パワーモジュール用基板の前記金属層に前記放熱板を接合した接合体を形成する放熱板接合工程と、前記放熱板に0.1V以上1.5V以下の正電位を印加した状態で前記接合体を無電解ニッケルめっき液中に浸漬して前記回路層上に無電解ニッケルめっき被膜を形成するめっき処理工程とを有することを特徴とする。

## 【0010】

40

放熱板に0.1V以上1.5V以下の正電位を印加した状態で、接合体を無電解ニッケルめっき液中に浸漬させることで、放熱板へのめっき反応を抑制することができる。したがって、放熱板へのマスク処理を行う等の煩雑な作業を必要とせずに放熱板へのめっき形成を防止することができ、簡素化された工程により、回路層のみに無電解ニッケルめっき被膜を形成することができる。また、金属層の側面のアルミニウム部では無電解めっき反応が生じることもあるが、ごく僅かであり、使用上の問題を生ずることはない。

なお、放熱板への印加電位が0.1V未満では、放熱板への無電解ニッケルめっきの析出を完全に防止することが難しい。一方、放熱板への印加電圧が1.5Vを超えると、銅の陽極溶解が生じるおそれがある。

また、放熱板に電位を印加する方法は、定電流、定電圧のどちらでも構わないが、定電圧で行うことが好ましい。定電圧で行う場合、電流密度を一定にするために、放熱板のサ

50

イズごとにその表面積を考慮して行う必要がなく、作業が簡便となるからである。

【0011】

本発明の放熱板付パワーモジュール用基板において、前記放熱板接合工程後で前記めっき処理工程前に前記接合体をジンケート液に浸漬して前記回路層の表面を亜鉛で被覆するジンケート処理工程を有する。

ジンケート処理を施すことにより、回路層とめっき被膜との密着性を向上させることができる。

【発明の効果】

【0012】

本発明によれば、マスキング処理による煩雑な作業を必要とせずに放熱板へのめっき形成を防止することができ、簡素化された工程により回路層への部分的なめっきを形成することができる。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】本発明の放熱板付パワーモジュール用基板の製造方法を示すフロー図である。

【図2】本発明の放熱板付パワーモジュール用基板の製造方法のめっき処理工程を説明する模式図である。

【図3】本発明の放熱板付パワーモジュール用基板の製造方法により製造されるパワーモジュール用基板の断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0014】

以下、本発明の実施形態について説明する。

図3は、本発明により製造される放熱板付パワーモジュール用基板1を用いたパワーモジュール100を示している。放熱板付パワーモジュール用基板1は、パワーモジュール用基板10と、このパワーモジュール用基板10に接合された放熱板30とを備えている。

【0015】

パワーモジュール用基板10は、セラミックス基板11と、そのセラミックス基板11の一方の面に積層された回路層12と、セラミックス基板11の他方の面に積層された金属層13とを備え、これらセラミックス基板11と回路層12及び金属層13とは、ろう付け接合されている。そして、このパワーモジュール用基板10の金属層13の表面に放熱板30が接合されることにより、放熱板付パワーモジュール用基板1が構成される。なお、放熱板付パワーモジュール用基板1の回路層12の表面(回路層12上)に、半導体チップ等の電子部品20がはんだ付けされ、パワーモジュール100が構成される。

【0016】

セラミックス基板11は、回路層12と金属層13との間の電氣的接続を防止するものであって、AlN(窒化アルミニウム)、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>(窒化珪素)、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(アルミナ)等のセラミックス材料により矩形状に形成され、例えば0.2mm~1mmの厚みとされる。

回路層12及び金属層13は、純度99.00質量%以上の純アルミニウム、アルミニウム合金又はA3003材等の純度95質量%以上のアルミニウム合金等により形成され、例えば0.1mm~5mmの厚みとされ、通常はセラミックス基板11より小さい矩形状に形成される。これら回路層12及び金属層13は、セラミックス基板11に、Al-Si系、Al-Ge系、Al-Cu系、Al-Mg系またはAl-Mn系等の合金のろう材により、ろう付け接合される。

また、回路層12及び金属層13は、それぞれプレス加工により所望の外形に打ち抜いたものをセラミックス基板11に接合するか、あるいは平板状のものをセラミックス基板11に接合した後に、エッチング加工により所望の外形に形成するか、いずれかの方法を採用することができる。

【0017】

10

20

30

40

50

なお、本実施形態のパワーモジュール用基板 10 における各部材の好ましい組み合わせ例としては、セラミックス基板 11 が厚み 0.635 mm の AlN、回路層 12 が厚み 0.4 mm の純アルミニウム板（純度 99.99 質量% 以上の 4N Al）、金属層 13 が厚み 0.4 mm のアルミニウム板で構成される。

#### 【0018】

また、放熱板 30 は、無酸素銅やタフピッチ銅等の純銅又は銅合金により形成され、例えば 1 mm ~ 5 mm の厚みで平板状に形成される。そして、この放熱板 30 は、固相拡散接合によりセラミックス基板 11 の金属層 13 と接合される。

なお、放熱板 30 の形状は特に限定されるものではなく、金属層 13 と平面サイズを同一にして形成される平板状の放熱板や、フィンが形成された平板状の放熱板等の適宜の形状のものが含まれる。

#### 【0019】

そして、放熱板付パワーモジュール用基板 1 の回路層 12 には、所望の回路パターンが形成されており、その表面に無電解ニッケルめっき被膜 15 が形成されている。この無電解ニッケルめっき被膜 15 は、例えば、厚み 1  $\mu$ m ~ 9  $\mu$ m に形成される。

#### 【0020】

次に、本実施形態の放熱板付パワーモジュール用基板の製造方法について説明する。

##### （パワーモジュール用基板形成工程）

まず、セラミックス基板 11 の各面にろう材を介して回路層 12 及び金属層 13 を積層し、これらの積層体を積層方向に加圧した状態で加熱し、ろう材を溶融させることにより回路層 12 及び金属層 13 をそれぞれセラミックス基板 11 にろう付け接合してパワーモジュール用基板 10 を形成する。具体的には、ろう材として Al 7 質量% Si ろう材を用い、真空雰囲気中で例えば 640 のろう付け温度に加熱することにより、セラミックス基板 11 と回路層 12 及び金属層 13 とをろう付け接合する。

#### 【0021】

##### （放熱板接合工程）

そして、このパワーモジュール用基板 10 の金属層 13 の表面に放熱板 30 を重ねた状態とし、その積層方向に加圧した状態で銅とアルミニウムの共晶温度未満で加熱することにより、放熱板 30 とパワーモジュール用基板 10 の金属層 13 とを、銅とアルミニウムとを相互に拡散させて固相拡散接合により接合し、パワーモジュール用基板 10 と放熱板 30 とが接合された接合体 S を形成する。具体的には、真空雰囲気中で、荷重 0.3 MPa ~ 1.0 MPa、加熱温度 400 以上 548 未満で、5 分 ~ 240 分保持することにより、放熱板 30 とパワーモジュール用基板 10 の金属層 13 とを接合することができる。

#### 【0022】

##### （めっき前処理工程）

次に、回路層 12 の表面に存在する油分やアルミニウム酸化物等の不純物を除去するために、脱脂及びアルカリエッチング処理を行う。

#### 【0023】

##### （ジンケート処理工程）

次に、めっき処理工程の前に、回路層 12 との密着性を確保するため、回路層 12 の表面を亜鉛（Zn）で被覆するジンケート処理を施す。この際、回路層 12 のアルミニウムにジンケート液中の亜鉛が反応することで、アルミニウムが溶解して表面に亜鉛が置換析出され、回路層 12 の表面に亜鉛被膜が形成される。具体的には、接合体 S をジンケート液に 30 秒から 60 秒浸漬させることにより、ジンケート処理を行う。

なお、ジンケート処理は 2 回以上に分けて行ってもよい。1 回目のジンケート処理で被膜される亜鉛被膜は粒子が大きい状態であるので、一度、亜鉛被膜を剥離するジンケート剥離処理を施した後に、2 回目のジンケート処理を行うことにより、亜鉛粒子が微細な状態で亜鉛被膜が形成される。亜鉛粒子が微細な状態で亜鉛被膜が形成されることにより、回路層 12 とニッケルめっきの密着性をより向上させることができる。なお、ジンケート

10

20

30

40

50

剥離処理には、10 vol % ~ 50 vol % 硝酸を用いることができる。ジンケート剥離処理は処理時間が短いので、銅の溶解量は微量に抑えられる。銅の溶出量の低減が必要な場合は、10 vol % 硝酸を用いてジンケート剥離処理を行うこともでき、この場合においても同様の効果が得られる。

#### 【0024】

(めっき処理工程)

そして、ジンケート処理後の接合体Sを、無電解ニッケルめっき液(NiPめっき液)60中に浸漬することによって、NiPめっき液60中で亜鉛皮膜(Zn)をニッケル(Ni)に置換させ、置換されたニッケルを触媒としてめっき反応を進行させることにより、回路層12上に無電解ニッケルめっき被膜15を形成する。この際、放熱板30へのめっき反応を抑制するために、放熱板30に0.1V以上1.5V以下の正電位を印加した状態で、接合体SをNiPめっき液60中に浸漬する。具体的には、図2に示すように、電源65の正極に接合体Sの放熱板30を接続するとともに、電源65の負極に電極63を接続して放熱板30を通電状態とし、電極63は予めめっき槽61に貯留されたNiPめっき液60に浸漬しておき、放熱板30がNiPめっき液60に浸漬されると同時に正電位を印加した状態とする。これにより、正電位が印加された放熱板30へのめっき反応を抑制することができる一方で、回路層12上には無電解ニッケルめっき被膜15を形成することができる。

10

#### 【0025】

この場合、放熱板30への印加電位が0.1V未満では、放熱板30へのめっき析出を完全に防止することが難しくなる。一方、放熱板30への印加電圧が1.5Vを超えると、銅の陽極溶解が生じるおそれがある。

20

なお、放熱板30に電位を印加する方法は、定電流、定電圧のどちらでも構わないが、定電圧で行うことが好ましい。定電圧で行う場合、電流密度を一定にするために、放熱板30のサイズごとにその表面積を考慮して行う必要がなく、作業が簡便となるからである。

#### 【0026】

なお、回路層12上に無電解ニッケルめっき被膜15が形成された放熱板付パワーモジュール用基板1には、その回路層12の上面に電子部品20がはんだ付けされ、電子部品20と回路層12との間がボンディングワイヤ等で接続されて、パワーモジュール100が製造される。

30

#### 【0027】

このように、本実施形態のパワーモジュール用基板の製造方法においては、放熱板30に0.1V以上1.5V以下の正電位を印加した状態で、接合体SをNiPめっき液60中に浸漬させることで、放熱板30へのめっき反応を抑制することができる。したがって、放熱板30へのマスク処理を行う等の煩雑な作業を必要とせずに放熱板30へのめっき形成を防止することができ、簡素化された工程により回路層12のみに無電解ニッケルめっき被膜15を形成することができる。したがって、放熱板付パワーモジュール用基板1を効率的に製造することができ、生産性を向上させることができる。

#### 【0028】

なお、本発明は、上記実施形態の構成のものに限定されるものではなく、細部構成においては、本発明の趣旨を逸脱しない範囲において種々の変更を加えることが可能である。

40

例えば、上記実施形態ではNiPめっき液を用いたが、これに限らず、NiBめっき液や、他の無電解ニッケルめっき液を用いることが可能である。

#### 【0029】

また、ジンケート処理工程の前にデスマット処理を行ってもよい。デスマット処理は、回路層12をアルカリエッチングした場合に発生するアルミニウム以外の合金金属や酸化物などの不溶物を除去する処理である。デスマット処理は、10 vol % ~ 50 vol % 硝酸に、室温で10秒~120秒浸漬することにより行うことができる。なお、デスマット処理は処理時間が短いため、銅の溶解量は微量に抑えられる。銅の溶出量の低減が必要

50

な場合は、10 vol % 硝酸を用いてデスマット処理を行うこともでき、この場合においても同様の効果が得られる。

【実施例】

【0030】

本発明の効果を確認するために、本発明例及び比較例の放熱板付パワーモジュール用基板の試料を作製した。

各放熱板付パワーモジュール用基板を構成するパワーモジュール用基板は、AlNからなるセラミックス基板(60 mm × 60 mm × 0.635 mm t)の両面に4N Alからなる回路層及び金属層(回路層及び金属層のいずれも58 mm × 58 mm × 0.4 mm t)をAl-Si系ろう材によりろう付け接合することにより形成した。次いで、レジスト

10

インクを印刷し、塩化第一鉄溶液でエッチングを行い、回路層に回路を形成した。

【0031】

そして、各試料への無電解ニッケルめっき被膜は、以下に示す手順で作製した。

まず、回路層の表面に付着している油分を除去するための脱脂を行った。そして、回路層のアルミニウムの酸化膜を除去するため、アルカリエッチング処理を施した。

【0032】

次に、アルカリエッチング処理後の接合体について、デスマット処理を行った。デスマット処理は、接合体を50 vol % 硝酸(室温)に30秒浸漬させることにより行った。

20

そして、デスマット処理を終えた接合体に、めっき被膜と回路層との密着性を確保するため、2回のジンケート処理を行った。

なお、1回目のジンケート処理は、接合体をジンケート液(上村工業製:AZ 301 3X、25)に1分間浸漬させることにより行った。次に、ジンケート剥離処理を行った後、2回目のジンケート処理を行った。2回目のジンケート処理は、接合体を1回目のジンケート処理と同じジンケート液に30秒間浸漬させることにより行った。また、ジンケート剥離処理は、50 vol % 硝酸(室温)に30秒浸漬させることにより行った。

【0033】

ジンケート処理後の接合体について、放熱板をSUS304製のクリップで挟んで定電圧電源の正極に接続した。また、定電圧電源の負極には、SUS304製の直径5mmの棒を接続して陰極とし、予めめっき液に浸漬した。そして、放熱板に通電した状態で、定電圧電源に接続された接合体をめっき液に浸漬することにより、無電解ニッケルめっき被膜を形成した。

30

めっき液は、低リソタイプ(メルテックス製エンプレート:NI 246、Ni 5.7 g/L、pH 6.7、80)、中リソタイプ(上村工業製ニムデン:NPR 4、Ni 5.0 g/L、pH 4.6、80)、NiBタイプ(上村工業製ベルニッケル、Ni 6.7 g/L、pH 6.6、60)を用いて、めっき処理を行った。また、めっき膜厚はいずれも5 μmを目途にめっき時間を設定し、低リソタイプでは16分、中リソタイプでは26分、NiBタイプでは60分とした。

40

【0034】

そして、このようにして作製した各試料について、「放熱板の溶出」と「放熱板へのめっき析出」とを評価した。

「放熱板の溶出」の評価は、各試料へのめっき処理工程後のめっき液中のCu濃度を、誘導結合プラズマ発光分光分析装置(Perkin Elmer社製のOptima 3000XL)により測定して行った。そして、めっき液中のCu濃度が0.1 mg/L以下とされるものについては、放熱板の銅溶出がないものとして「○」と評価し、Cu濃度が0.1 mg/Lを超えるものについては、放熱板の銅溶出があるものとして「×」と評価した。

【0035】

50

「放熱板へのめっき析出」の評価は、各試料の放熱板を走査電子顕微鏡（日立ハイテクノロジーズ製 S 3400N、10kV）で25倍の視野で観察することにより行った。そして、EDSでNiのピークが確認されなかったものをめっき析出がないものとして「  
」と評価し、Niのピークが確認されたものを「×」と評価した。

表1に結果を示す。

【0036】

【表1】

印加電圧 (V)	放熱板の溶出			放熱板へのめっき析出		
	低リン	中リン	NiB	低リン	中リン	NiB
+0.05	○	○	○	×	×	×
+0.1	○	○	○	○	○	○
+0.5	○	○	○	○	○	○
+1.0	○	○	○	○	○	○
+1.5	○	○	○	○	○	○
+2.0	×	×	×	○	○	○

10

【0037】

表1からわかるように、印可電圧が0.1V以上の範囲では、放熱板へのめっき析出が発生しなかった。また、印可電圧が1.5V以下の範囲では、放熱板の銅溶出が発生しないことを確認できた。

20

【0038】

なお、本発明は、上記実施形態の構成のものに限定されるものではなく、細部構成においては、本発明の趣旨を逸脱しない範囲において種々の変更を加えることが可能である。

【符号の説明】

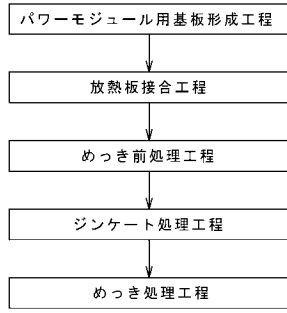
【0039】

- 1 放熱板付パワーモジュール用基板
- 10 パワーモジュール用基板
- 11 セラミック基板
- 12 回路層
- 13 放熱層
- 15 無電解ニッケルめっき被膜
- 30 放熱板
- 60 無電解ニッケルめっき液
- 61 めっき槽
- 63 電極
- 65 電源
- 100 パワーモジュール
- S 接合体

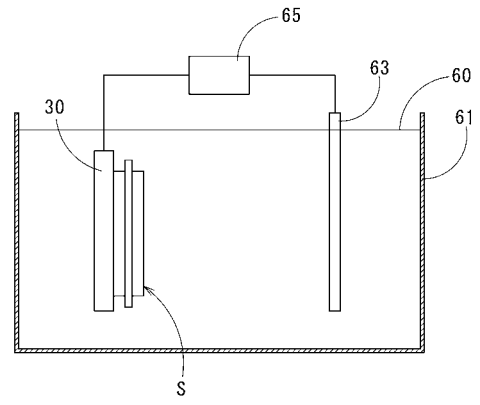
30



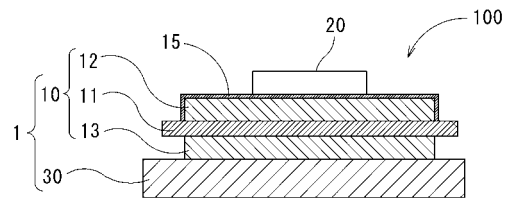
【 図 1 】



【 図 2 】



【 図 3 】



---

フロントページの続き

Fターム(参考) 4K022 AA02 AA41 BA04 BA14 BA16 BA25 BA36 CA03 CA09 DA01  
DA03 DB12  
4K044 AA13 AB02 BA06 BA08 BB03 BB04 CA15 CA44