

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7520215号
(P7520215)

(45)発行日 令和6年7月22日(2024.7.22)

(24)登録日 令和6年7月11日(2024.7.11)

(51)国際特許分類	F I		
H 0 1 L 23/12 (2006.01)	H 0 1 L 23/12	Q	
H 0 1 L 25/07 (2006.01)	H 0 1 L 23/12	D	
H 0 1 L 25/18 (2023.01)	H 0 1 L 25/04	C	
H 0 1 L 23/36 (2006.01)	H 0 1 L 23/36	C	

請求項の数 10 (全20頁)

(21)出願番号	特願2023-514629(P2023-514629)	(73)特許権者	000006013
(86)(22)出願日	令和4年4月7日(2022.4.7)		三菱電機株式会社
(86)国際出願番号	PCT/JP2022/017272		東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
(87)国際公開番号	WO2022/220191	(74)代理人	100088672
(87)国際公開日	令和4年10月20日(2022.10.20)		弁理士 吉竹 英俊
審査請求日	令和5年5月24日(2023.5.24)	(74)代理人	100088845
(31)優先権主張番号	特願2021-68280(P2021-68280)		弁理士 有田 貴弘
(32)優先日	令和3年4月14日(2021.4.14)	(72)発明者	辻野 雅之
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
			三菱電機株式会社内
		審査官	佐藤 靖史

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 基板の製造方法、電力用半導体装置の製造方法、および基板

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

基板の製造方法であって、前記基板は、

第1の面と、前記第1の面と反対の第2の面と、を有するセラミック板と、

前記セラミック板の前記第1の面に設けられた金属放熱板と、

前記セラミック板の前記第2の面に設けられ、前記セラミック板の前記第2の面に面する第3の面と、前記第3の面の反対であって、電力用半導体素子が接合されることになる接合領域を含む第4の面と、を各々有する少なくとも1つの金属回路板と、

を含み、前記製造方法は、

a) 前記少なくとも1つの金属回路板に含まれる第1の金属回路板、または、前記第1の金属回路板より大きな金属板のうち前記第1の金属回路板として切り出されることになる部分、の前記第3の面にショットピーニング加工を施す工程と、

b) 前記第1の金属回路板、または、前記金属板のうち前記第1の金属回路板として切り出されることになる部分、の前記第4の面にショットピーニング加工を施す工程と、

c) 工程a)の後に、前記セラミック板の前記第2の面と、前記少なくとも1つの金属回路板の前記第3の面とを接合する工程と、

を備える、基板の製造方法。

【請求項2】

請求項1に記載の基板の製造方法であって、

工程a)は、前記第1の金属回路板の前記第3の面にショットピーニング加工を施す工

程であり、

工程 b) は、前記第 1 の金属回路板の前記第 4 の面にショットピーニング加工を施す工程である、
基板の製造方法。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の基板の製造方法であって、

工程 c) は工程 b) の後に行われる、基板の製造方法。

【請求項 4】

請求項 1 に記載の基板の製造方法であって、

工程 a) は、前記金属板のうち前記第 1 の金属回路板として切り出されることになる部分の前記第 3 の面にショットピーニング加工を施す工程であり、

10

工程 b) は、前記金属板のうち前記第 1 の金属回路板として切り出されることになる部分の前記第 4 の面にショットピーニング加工を施す工程であり、

前記製造方法は、

d) 工程 a) および工程 b) の後かつ工程 c) の前に、前記金属板から前記第 1 の金属回路板を切り出す工程

をさらに備える、基板の製造方法。

【請求項 5】

請求項 4 に記載の基板の製造方法であって、

e) 工程 a) および工程 b) の後かつ工程 d) の前に、前記金属板のうねりを矯正する加工

20

をさらに備える、基板の製造方法。

【請求項 6】

請求項 5 に記載の基板の製造方法であって、

工程 a) および工程 b) の各々において、前記第 1 の金属回路板を含む複数の金属回路板として切り出されることになる部分にショットピーニング加工が施され、

工程 d) は、前記金属板から前記複数の金属回路板を切り出す工程を含む、基板の製造方法。

【請求項 7】

請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の基板の製造方法であって、

30

工程 c) は、前記セラミック板の前記第 2 の面と、前記少なくとも 1 つの金属回路板の前記第 3 の面と、の間で接合層を形成する工程を含む、基板の製造方法。

【請求項 8】

請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の基板の製造方法であって、

前記少なくとも 1 つの金属回路板は第 2 の金属回路板を含み、前記第 2 の金属回路板の前記接合領域は前記第 1 の金属回路板の前記接合領域よりも小さく、前記第 2 の金属回路板の前記第 4 の面にはショットピーニング加工が施されない、基板の製造方法。

【請求項 9】

請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の基板の製造方法によって前記基板を製造する工程と、

40

前記基板の前記少なくとも 1 つの金属回路板の各々の前記第 4 の面の前記接合領域に前記電力用半導体素子を接合する工程と、

を備える、電力用半導体装置の製造方法。

【請求項 10】

第 1 の面と、前記第 1 の面と反対の第 2 の面と、を有するセラミック板と、

前記セラミック板の前記第 1 の面に設けられた金属放熱板と、

前記セラミック板の前記第 2 の面に設けられ、前記セラミック板の前記第 2 の面に面する第 3 の面と、前記第 3 の面の反対であって、電力用半導体素子が接合されることになる接合領域を含む第 4 の面と、を各々有する少なくとも 1 つの金属回路板と、

を備え、

50

前記少なくとも１つの金属回路板は第１の金属回路板を含み、前記第１の金属回路板の前記第３の面および前記第４の面の各々は加工硬化されている、基板。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本開示は、基板の製造方法、電力用半導体装置の製造方法、および基板に関し、特に、金属回路板を有する基板の製造方法、電力用半導体装置の製造方法、および金属回路板を有する基板に関するものである。

【背景技術】

【０００２】

特開２０２０－９２１３４号公報（特許文献１）は、電力用半導体素子の実装されることになる実装面を有する基板を開示している。基板は、第１の面と前記第１の面と反対の第２の面とを有するセラミック板と、前記セラミック板の前記第１の面上に設けられた金属放熱板と、前記セラミック板の前記第２の面上に設けられた金属回路板と、を有している。金属回路板は、前記実装面をなす加工硬化（work-hardened）層を含む。

【０００３】

また上記公報は、基板の製造方法を開示している。まず、第１の面と前記第１の面と反対の第２の面とを有するセラミック板と、前記セラミック板の前記第１の面上に設けられた金属放熱板と、前記セラミック板の前記第２の面上に設けられ、実装面を有する金属回路板と、を有する基板が形成される。この際に、前記金属回路板の前記実装面ヘショットピーニング加工が施されることによって、上述した加工硬化層が形成される。これにより前記基板が得られる。なお、前記基板の前記金属回路板の前記実装面上に電力用半導体素子の実装されることによって、電力用半導体装置が得られる。

【０００４】

上記公報の技術によれば、金属回路板の実装面ヘショットピーニング加工が施される。これにより、電力用半導体素子のヒートサイクルに起因しての実装面の微細形状の変化が抑えられる。よって、実装面に接合された電力用半導体素子の接合信頼性を高めることができる。別な観点で言えば、加工硬化層が金属回路板の実装面をなす。これにより、ヒートサイクルに起因しての実装面の微細形状の変化が抑えられる。よって、実装面に接合された電力用半導体素子の接合信頼性を高めることができる。

【０００５】

また上記公報は、上記のように微細形状の変化が抑えられる原理について説明している。これによれば、多結晶中の複数の結晶粒の結晶方位が互いに異なることから、実装面に垂直な方向における熱膨張収縮の挙動は、複数の結晶粒の間で異なる。よって、多数回のヒートサイクルを経ると、複数の結晶粒の表面高さのばらつきが大きくなっていくと考えられる。ショットピーニング加工は、熱膨張収縮の結晶方位依存性を抑制すると考えられる。よって、ヒートサイクルを経ての複数の結晶粒の表面高さのばらつきが、ショットピーニング加工によって抑制されると考えられる。すなわち、ショットピーニング加工によって、ヒートサイクルに起因しての実装面の、結晶レベルでの微細形状の変化が抑えられると考えられる。

【０００６】

また上記公報は、上記のようにショットピーニング加工が熱膨張収縮の結晶方位依存性を抑制する原理について説明している。これによれば、ショットピーニング加工は、実装面の近傍に、多数の転位を導入する。よって、非加工硬化（non-work-hardened）層中の転位密度に比して、加工硬化層中の転位密度の方が高い。この高い転位密度が、熱膨張収縮の結晶方位依存性を抑制すると考えられる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００７】

【文献】特開２０２０－９２１３４号公報

10

20

30

40

50

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

上記公報の技術によれば、第1に、金属回路板と電力用半導体素子との間の接合信頼性を高めることができるものの、金属回路板とセラミック板との接合信頼性を高めることに関しては未だ十分に検討されていない。第2に、上記公報の技術によれば、ショットピーニング加工を行うことに起因しての製造効率の低下が懸念される。

【0009】

本開示は以上のような課題を鑑みてなされたものである。本開示の一の目的は、金属回路板の両面の接合信頼性を高めることができる、基板の製造方法、および基板を提供することである。また本開示の他の目的は、製造効率の大きな低下を避けつつ、金属回路板と電力用半導体素子との間の接合信頼性を高めることができる、基板の製造方法、および基板を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本開示の基板の製造方法の一の態様は、セラミック板と、金属放熱板と、少なくとも1つの金属回路板と、を含む基板の製造方法である。セラミック板は、第1の面と、第1の面と反対の第2の面と、を有している。金属放熱板はセラミック板の第1の面に設けられている。少なくとも1つの金属回路板は、セラミック板の第2の面に設けられており、セラミック板の第2の面に面する第3の面と、第3の面の反対であって、電力用半導体素子が接合されることになる接合領域を含む第4の面と、を各々有している。製造方法は、a) 少なくとも1つの金属回路板に含まれる第1の金属回路板、または、第1の金属回路板より大きな金属板のうち第1の金属回路板として切り出されることになる部分、の第3の面にショットピーニング加工を施す工程と、b) 第1の金属回路板、または、金属板のうち第1の金属回路板として切り出されることになる部分、の第4の面にショットピーニング加工を施す工程と、c) 工程a)の後に、セラミック板の第2の面と、少なくとも1つの金属回路板の第3の面とを接合する工程と、を有している。

【0011】

本開示の基板の一の態様は、セラミック板と、金属放熱板と、少なくとも1つの金属回路板と、を有する基板である。セラミック板は、第1の面と、第1の面と反対の第2の面と、を有している。金属放熱板は、セラミック板の第1の面に設けられている。少なくとも1つの金属回路板は、セラミック板の第2の面に設けられており、セラミック板の第2の面に面する第3の面と、第3の面の反対であって、電力用半導体素子が接合されることになる接合領域を含む第4の面と、を各々有している。少なくとも1つの金属回路板は第1の金属回路板を含む。第1の金属回路板の第3の面および第4の面の各々は加工硬化されている。

【0012】

本開示の基板の製造方法の他の態様は、セラミック板と、金属放熱板と、少なくとも1つの金属回路板と、を含む基板の製造方法である。セラミック板は、第1の面と、第1の面と反対の第2の面と、を有している。金属放熱板はセラミック板の第1の面に設けられている。少なくとも1つの金属回路板は、セラミック板の第2の面に設けられており、セラミック板の第2の面に面する第3の面と、第3の面の反対であって、電力用半導体素子が接合されることになる接合領域を含む第4の面と、を各々有している。製造方法は、a) セラミック板の第2の面と、少なくとも1つの金属回路板の第3の面とを接合する工程と、b) 少なくとも1つの金属回路板に含まれる第1の金属回路板の第4の面にショットピーニング加工を施す工程と、を有している。工程b)において、第1の金属回路板の第4の面は、少なくとも部分的に第1の金属回路板の接合領域に重なるショットピーニング領域と、少なくとも部分的に第1の金属回路板の接合領域の外側にある非ショットピーニング領域と、を有している。ショットピーニング加工は、ショットピーニング領域には施され非ショットピーニング領域には施されない。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 3 】

本開示の基板の他の態様は、セラミック板と、金属放熱板と、少なくとも1つの金属回路板と、を有する基板である。セラミック板は、第1の面と、第1の面と反対の第2の面と、を有している。金属放熱板は、セラミック板の第1の面に設けられている。少なくとも1つの金属回路板は、セラミック板の第2の面に設けられており、セラミック板の第2の面に面する第3の面と、第3の面の反対であって、電力用半導体素子が接合されることになる接合領域を含む第4の面と、を各々有している。少なくとも1つの金属回路板は第1の金属回路板を含む。第1の金属回路板の第4の面は、少なくとも部分的に第1の金属回路板の接合領域に重なる加工硬化領域と、少なくとも部分的に第1の金属回路板の接合領域の外側にある非加工硬化領域と、を有している。

10

【 発明の効果 】

【 0 0 1 4 】

上記一の態様によれば、第1の金属回路板の第3の面および第4の面の両方の接合信頼性を高めることができる。上記他の態様によれば、製造効率の大きな低下を避けつつ、第1の金属回路板と電力用半導体素子との間の接合信頼性を高めることができる。

【 0 0 1 5 】

本開示の目的、特徴、態様、および利点は、以下の詳細な説明と添付図面とによって、より明白となる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 6 】

20

【 図 1 】 実施の形態 1 における電力用半導体装置の構成を概略的に示す断面図である。

【 図 2 】 実施の形態 1 における基板の構成を概略的に示す断面図である。

【 図 3 】 実施の形態 1 における基板の構成を概略的に示す平面図である。

【 図 4 】 図 3 の線 I V - I V に沿う部分断面図である。

【 図 5 】 実施の形態 1 における電力用半導体装置の製造方法を概略的に示すフローチャートである。

【 図 6 】 実施の形態 1 における基板の製造方法の一工程を概略的に示す部分断面図である。

【 図 7 】 実施の形態 1 における基板の製造方法の一工程を概略的に示す部分断面図である。

【 図 8 】 実施の形態 2 における基板の構成を概略的に示す平面図である。

【 図 9 】 図 8 の線 I X - I X に沿う部分断面図である。

30

【 図 1 0 】 実施の形態 2 における電力用半導体装置の製造方法を概略的に示すフローチャートである。

【 図 1 1 】 実施の形態 2 における基板の製造方法の一工程を概略的に示す平面図である。

【 図 1 2 】 実施の形態 3 における電力用半導体装置の製造方法を概略的に示すフローチャートである。

【 図 1 3 】 実施の形態 3 における、ショットピーニング加工を施されることになる部分を有する金属板の構成を概略的に示す平面図である。

【 図 1 4 】 実施の形態 3 における基板の製造方法の一工程を、図 1 3 の線 X I V - X I V に沿う視野で概略的に示す部分断面図である。

【 図 1 5 】 実施の形態 3 における基板の製造方法の一工程を、図 1 4 と同様の視野で概略的に示す部分断面図である。

40

【 図 1 6 】 実施の形態 3 における、ショットピーニング加工を施されることにならない金属板の構成を概略的に示す平面図である。

【 図 1 7 】 図 1 6 の線 X V I - X V I に沿う部分断面図である。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 1 7 】

以下、図面に基づいて実施の形態について説明する。なお、以下の図面において同一または相当する部分には同一の参照番号を付しその説明は繰返さない。

【 0 0 1 8 】

< 予備的説明 >

50

はじめに、予備的説明として、後述する各実施の形態に共通した典型的特徴について、以下に説明する。

【0019】

図1は、本実施の形態1におけるパワーモジュール90（電力用半導体装置）の構成を概略的に示す断面図である。パワーモジュール90は、基板10と、基板10に実装された電力用半導体素子30とを有している。基板10は、放熱面F6と、放熱面F6と反対の回路板上面F4とを有している。電力用半導体素子30は基板10の回路板上面F4上に、導電性を有する接合層31を介して接合されている。接合層31は、例えば、はんだ層である。電力用半導体素子30は、例えば、MOSFET（金属・酸化物・半導体・電界効果トランジスタ：Metal - Oxide - Semiconductor Field - Effect Transistor）もしくはIGBT（絶縁ゲートバイポーラトランジスタ：Insulated - Gate Bipolar Transistor）などのスイッチング素子、または、ショットキーバリアダイオードもしくはPINダイオードなどのダイオードである。

10

【0020】

パワーモジュール90はさらに、基板10の放熱面F6上に接合されたベース板20を有している。ベース板20は基板10に接合層21を介して接合されている。接合層21は、例えば、はんだ層である。ベース板20は、電力用半導体素子30からの熱を放散させるためのものである。

【0021】

20

パワーモジュールはさらに、基板10の周囲を囲むケース50を有している。ケース50は樹脂からなることが好ましい。ケース50内に、電力用半導体素子30を封止する封止材（図示せず）が設けられていてよい。ケース50はベース板20に取り付けられていてよく、例えば接着剤51によって取り付けられていてよい。

【0022】

パワーモジュール90はさらに、基板10の回路板上面F4および電力用半導体素子30の少なくともいずれかに接続された外部接続端子40を有している。この接続のために接合層41が用いられてよく、接合層41は、例えば、はんだ層である。パワーモジュール90はさらに、電力用半導体素子30と、パワーモジュール90中の他の箇所（図1においては、基板10の回路板上面F4）とを互いに接続するボンディングワイヤ32を有している。

30

【0023】

図2は、基板10（図1）の構成を概略的に示す断面図である。基板10は、電力用半導体素子30（図1）が実装されることになる回路板上面F4と、回路板上面F4と反対の放熱面F6とを有している。基板10は、セラミック板11と、金属放熱板12と、少なくとも1つの金属回路板13と、接合層61（間接接合）と、接合層62とを有している。

【0024】

セラミック板11は、セラミック板下面F1（第1の面）と、セラミック板上面F2（第1の面と反対の第2の面）とを有している。セラミック板11は、例えば、アルミナ、窒化ケイ素、または窒化アルミニウムからなる。

40

【0025】

金属放熱板12はセラミック板11のセラミック板下面F1上に設けられている。金属放熱板12は、セラミック板11のセラミック板下面F1に面する放熱板上面F5と、放熱板上面F5の反対の面とを有しており、この反対の面が、前述した放熱面F6である。金属放熱板12は、回路パターンを有している必要はなく、単純な1つの形状（典型的には、略矩形形状）から構成されていてよい。

【0026】

少なくとも1つの金属回路板13の各々はセラミック板11のセラミック板上面F2上に設けられている。少なくとも1つの金属回路板13は、回路パターンを有しており、本

50

実施の形態においては、互いに離れた複数の金属回路板 13 である。金属回路板 13 の各々は、セラミック板 11 のセラミック板上面 F2 に面する回路板下面 F3（第3の面）と、回路板下面 F3 の反対の面とを有しており、この反対の面が、前述した回路板上面 F4（第4の面）である。

【0027】

回路板上面 F4 は、電力用半導体素子 30（図1）が接合されることになる接合領域 RE を含む。接合領域 RE は、回路板上面 F4 のうち、平面レイアウトにおいて電力用半導体素子 30 と重なる部分である。接合領域 RE は長方形の形状を有している。長方形の角は、ある程度、面取りされていてよい。長方形は、長辺および短辺を有してよく、あるいは、正方形であってよい。なお、本明細書において長方形の長辺に言及される際に、長方形が正方形の場合、「長辺」の文言は正方形の任意の辺を意味する。

10

【0028】

金属回路板 13 の面積は、通常、金属放熱板 12 の面積よりも小さい。金属放熱板 12 および金属回路板 13 の各々の厚みは、例えば、0.4mm 以上 1mm 以下である。金属放熱板 12 および金属回路板 13 は、例えば、アルミニウム、アルミニウム合金、銅または銅合金からなる。

【0029】

接合層 61 は、セラミック板 11 のセラミック板上面 F2 と、金属回路板 13 の回路板下面 F3 と、の間で間接接合を形成している。接合層 61 は導体からなる。この導体は、例えば、はんだ、ろう材、または、金属微粒子の焼結体である。金属微粒子は、ナノメートルオーダーの大きさを有する微粒子、すなわちナノ粒子であってよい。また金属微粒子は、銀（Ag）微粒子であってよい。ナノ粒子としての Ag 微粒子、すなわち Ag ナノ粒子は、例えば、酸化銀の分解によって製造される。

20

【0030】

接合層 62 は、セラミック板 11 のセラミック板下面 F1 と、金属放熱板 12 の放熱板上面 F5 と、の間で間接接合を形成している。接合層 62 は導体からなる。この導体は、例えば、はんだ、ろう材、または、金属微粒子の焼結体である。この導体は、接合層 61 の導体として例示されているものと同様のものであってよい。

【0031】

< 実施の形態 1 >

30

図3は、本実施の形態1における基板 10A の構成を概略的に示す平面図である。図4は、図3の線 IV - IV に沿う部分断面図である。基板 10A は、基板 10（図2）と同様にパワーモジュール 90（図1）の製造用に用いることができるものであり、前述した基板 10 の特徴とほぼ同様の特徴を有している。よって、図2において説明したものと同一または対応する要素については、図3および図4においても同一の符号を付し、その説明を繰り返さない。以下、基板 10A のさらなる特徴について説明する。

【0032】

複数の金属回路板 13（図2）に対応するものとして、基板 10A（図3）は、金属回路板 13a（第1の金属回路板）と、金属回路板 13c（第2の金属回路板）と、金属回路板 13b とを含む。なお、以下において、金属回路板 13a ~ 13c を金属回路板 13 と総称することがある。

40

【0033】

接合領域 RE（図2）に対応するものとして、金属回路板 13a と、金属回路板 13b と、金属回路板 13c とのそれぞれは、接合領域 REa と、接合領域 REb と、接合領域 REc とを有している。なお、以下において、接合領域 REa ~ REc を接合領域 RE と総称することがある。接合領域 REc は接合領域 REa よりも小さい。具体的には、大きさの比較が長辺の長さの比較によって行われるものとして、接合領域 REc の長辺は接合領域 REa の長辺よりも小さい。ここで、接合領域 RE の寸法に関連して、一の寸法閾値を定義する。接合領域 REa の短辺は寸法閾値以上である。接合領域 REb の長辺は寸法閾値以上であり、接合領域 REb の短辺は寸法閾値未満である。接合領域 REc の長辺は

50

寸法閾値未満である。当該一の寸法は、例えば 3 mm である。

【0034】

図 4 に示された断面図を参照して、金属回路板 13a は、回路板下面 F3 に加工硬化領域 13p を有しており、かつ、回路板上面 F4 に加工硬化領域 13q を有している。言い換えれば、金属回路板 13a の回路板下面 F3 および回路板上面 F4 の各々は加工硬化されている。金属回路板 13a は、加工硬化領域 13p と加工硬化領域 13q との間に非加工硬化領域 13n を有している。金属回路板 13b も同様の断面構成を有している。一方、金属回路板 13c は、加工硬化領域 13p および加工硬化領域 13q を有しておらず非加工硬化領域 13n のみから構成されている。言い換えれば、金属回路板 13c の回路板下面 F3 および回路板上面 F4 の各々は加工硬化されていない。

10

【0035】

なお、加工硬化領域は、加工硬化が施された結晶体からなる領域である。加工硬化とは、結晶体に塑性変形を与えることによって、さらなる塑性変形に対する抵抗力が増大する現象である。また、非加工硬化領域は、実質的に加工硬化が施されていない結晶体からなる領域である。加工硬化領域は非加工硬化領域よりも硬い。また、非加工硬化領域中の転位密度に比して、加工硬化領域中の転位密度の方が高い。加工硬化領域は、例えば、ショットピーニング加工による塑性変形によって形成することができる。本明細書において、「加工硬化」および「非加工硬化」の文言は、上記のような物性を表現する文言として用いられている。

【0036】

20

図 5 は、本実施の形態 1 における、基板 10A を有するパワーモジュール 90 (図 1) の製造方法を概略的に示すフローチャートである。図 5 において、ステップ S140 までは、基板 10A の製造方法に対応している。図 6 および図 7 は、基板 10A の製造方法の一工程を概略的に示す部分断面図である。

【0037】

ステップ S110 (図 5) にて、図 6 に示されているように、金属回路板 13a の回路板下面 F3 にショットピーニング加工が施されることによって、加工硬化領域 13p が形成される。本実施の形態においては、金属回路板 13a の回路板下面 F3 の全面にショットピーニング加工が施されてよい。ショットピーニング加工は、小粒子を金属表面へ強く吹きつけることによって金属表面を冷間加工し、これにより金属表面を硬化させる処理法のことである。例えば、ガラスからなる粒径数百 μm の小粒子 71 が、圧力 0.3 MPa 程度で、30 秒 ~ 60 秒程度、エアノズル 70 から吹きつけられる。なお、小粒子 71 として、ガラス以外の材料が用いられてもよく、例えば鉄系材料が用いられてもよい。また、エアノズル 70 以外のショットピーニング装置が用いられてもよく、例えば、インペラが用いられてもよい。小粒子 71 の投射角度は適宜最適化されてよい。ショットピーニング加工後、金属回路板 13a 上に残留した小粒子 71 が、例えばエアブローによって除去される。金属回路板 13b (図 3) の回路板下面 F3 へも、同様のショットピーニング加工が施される。一方、金属回路板 13c の回路板下面 F3 にはショットピーニング加工が施されない。

30

【0038】

40

ステップ S120 (図 5) にて、図 7 に示されているように、金属回路板 13a の回路板上面 F4 に、上記と同様のショットピーニング加工が施されることによって、加工硬化領域 13q が形成される。本実施の形態においては、金属回路板 13a の回路板上面 F4 の全面にショットピーニング加工が施されてよい。金属回路板 13b (図 3) の回路板上面 F4 へも、同様のショットピーニング加工が施される。一方、金属回路板 13c の回路板上面 F4 にはショットピーニング加工が施されない。なお、ステップ S110 およびステップ S120 の順番は任意である。

【0039】

ステップ S130 (図 5) にて、上記のステップ S110 およびステップ S120 の後に、セラミック板 11 のセラミック板上面 F2 と、金属回路板 13 の回路板下面 F3 とが

50

接合される。具体的には、セラミック板 1 1 のセラミック板上面 F 2 と、金属回路板 1 3 の回路板下面 F 3 と、の間で接合層 6 1 (間接接合) が形成される。この間接接合を形成するために、例えば、はんだ付け、または、ろう付けが行われる。あるいはこれらに代わって、前述した金属微粒子の焼結が行われてよい。具体的には、金属ペースト (金属微粒子が分散されたペースト) の塗布と、当該金属ペーストの熱処理による当該金属微粒子の焼結と、が行われてよい。上記金属ペーストは、典型的には A g ペーストである。金属微粒子の大きさが十分に小さければ、その焼結は、はんだ付けと同程度の温度で可能である。

【 0 0 4 0 】

なおステップ S 1 3 0 の前に、ショットピーニング加工によって生じたうねりを矯正する矯正加工が、必要に応じて行われてよい。この矯正加工は、例えば、研磨またはプレス成形によって行われる。

10

【 0 0 4 1 】

ステップ S 1 4 0 (図 5) にて、セラミック板 1 1 のセラミック板下面 F 1 と、金属放熱板 1 2 の放熱板上面 F 5 とが接合される。具体的には、セラミック板 1 1 のセラミック板下面 F 1 と、金属放熱板 1 2 の放熱板上面 F 5 と、の間で接合層 6 2 (間接接合) が、接合層 6 1 と同様に形成される。なお、ステップ S 1 3 0 およびステップ S 1 4 0 の順番は任意である。また、ステップ S 1 3 0 およびステップ S 1 4 0 は同時に行われてよい。

【 0 0 4 2 】

ステップ S 1 5 0 (図 5) にて、金属回路板 1 3 の各々の回路板上面 F 4 の接合領域 R E に電力用半導体素子 3 0 が接合される。その他、必要な部材が取り付けられることによって、基板 1 0 A (図 3 および図 4) を有するパワーモジュール 9 0 (図 1) が得られる。

20

【 0 0 4 3 】

本実施の形態によれば、金属回路板 1 3 a の回路板下面 F 3 および回路板上面 F 4 の各々にショットピーニング加工が施される。これにより、ヒートサイクルに起因しての微細形状の変化が回路板下面 F 3 および回路板上面 F 4 の両方において抑制される。よって、金属回路板 1 3 a の回路板下面 F 3 および回路板上面 F 4 の両方の接合信頼性を高めることができる。

【 0 0 4 4 】

上記効果は、次のように説明することもできる。図 4 に示されているように、金属回路板 1 3 a の回路板下面 F 3 および回路板上面 F 4 の各々は加工硬化されている。これにより、ヒートサイクルに起因しての微細形状の変化が回路板下面 F 3 および回路板上面 F 4 の両方において抑制される。よって、金属回路板 1 3 a の回路板下面 F 3 および回路板上面 F 4 の両方の接合信頼性を高めることができる。

30

【 0 0 4 5 】

上記のように金属回路板 1 3 a の回路板下面 F 3 および回路板上面 F 4 の両方にショットピーニング加工が施されることによって、いずれか一方にのみショットピーニング加工が施される場合に比して、ショットピーニング加工に起因しての金属回路板 1 3 a の反りの発生を抑制することができる。言い換えれば、金属回路板 1 3 a の回路板下面 F 3 および回路板上面 F 4 の両方が加工硬化されていることによって、いずれか一方にのみが加工硬化されている場合に比して、加工硬化されていることに起因しての金属回路板 1 3 a の反りの発生を抑制することができる。

40

【 0 0 4 6 】

ステップ S 1 3 0 (図 5) の接合は、ステップ S 1 2 0 (図 5) のショットピーニング加工の後に行われる。仮にこの順番が逆であったとすると、セラミック板 1 1 のセラミック板上面 F 2 と、少なくとも 1 つの金属回路板 1 3 の回路板下面 F 3 と、の間の接合の縁へ、ショットピーニング加工がダメージを与え得る。本実施の形態によれば、このダメージが避けられるので、接合信頼性を、より高めることができる。なお当該ダメージが問題でない場合は、変形例として、ステップ S 1 3 0 の接合が、ステップ S 1 2 0 のショットピーニング加工の前に行われてよい。

【 0 0 4 7 】

50

ステップ S 1 3 0 (図 5) の接合は、接合層 6 1 (図 4) によって間接接合を形成する工程を含む。この場合、金属回路板 1 3 a の回路板下面 F 3 と、セラミック板 1 1 のセラミック板上面 F 2 との間の間接接合の信頼性を、上述した理由によって高めることができる。さらに、ショットピーニング加工に起因しての凹凸によって、金属回路板 1 3 a の回路板下面 F 3 への、間接接合の材料のぬれ性を高めることができる。ここで言う「ぬれ性」は、はんだ付けまたはろう付けが行われる場合は加熱によって融解した材料のぬれ性であり、金属微粒子の焼結が行われる場合は、金属ペーストのぬれ性である。なお、ショットピーニング加工に起因した凹凸は間接接合によってほぼ埋まるので、パワーモジュール 9 0 (図 1) における接合信頼性への悪影響はほとんどない。

【 0 0 4 8 】

10

金属回路板 1 3 c (図 3) の回路板上面 F 4 にはショットピーニング加工が施されない。ショットピーニング加工がこのように省略されても、金属回路板 1 3 c の接合領域 R E c は金属回路板 1 3 a の接合領域 R E a よりも小さいので、接合信頼性への悪影響は、比較的小さい。なお変形例として、金属回路板 1 3 c (図 3) の回路板上面 F 4 にもショットピーニング加工が施されてよい。

【 0 0 4 9 】

金属回路板 1 3 c (図 3) の回路板下面 F 3 にはショットピーニング加工が施されない。ショットピーニング加工がこのように省略されても、金属回路板 1 3 c の接合領域 R E c は金属回路板 1 3 a の接合領域 R E a よりも小さいので、接合信頼性への悪影響は、比較的小さい。なお変形例として、金属回路板 1 3 c (図 3) の回路板下面 F 3 にもショットピーニング加工が施されてよい。

20

【 0 0 5 0 】

金属回路板 1 3 a は、非加工硬化領域 1 3 n (図 4) を有している。これにより、金属回路板 1 3 a が厚み方向において全体的に加工硬化領域とされる必要がない。よって、加工硬化領域を形成するためのショットピーニング加工が、より容易とされる。なお変形例として、加工硬化領域 1 3 p と加工硬化領域 1 3 p とが互いに接する程度にショットピーニング加工が深く行われることによって、非加工硬化領域 1 3 n が消失していてもよい。

【 0 0 5 1 】

< 実施の形態 2 >

図 8 は、本実施の形態 2 における基板 1 0 B の構成を概略的に示す平面図である。図 9 は、図 8 の線 I X - I X に沿う部分断面図である。基板 1 0 B は、基板 1 0 (図 2) と同様にパワーモジュール 9 0 (図 1) の製造用に用いることができるものであり、前述した基板 1 0 の特徴とほぼ同様の特徴を有している。よって、図 2 において説明したものと同一または対応する要素については、図 8 および図 9 においても同一の符号を付し、その説明を繰り返さない。以下、基板 1 0 B のさらなる特徴について説明する。

30

【 0 0 5 2 】

複数の金属回路板 1 3 (図 2) に対応するものとして、基板 1 0 B (図 8) は、金属回路板 1 3 a (第 1 の金属回路板) と、金属回路板 1 3 c (第 2 の金属回路板) と、金属回路板 1 3 b とを含む。なお、以下において、金属回路板 1 3 a ~ 1 3 c を金属回路板 1 3 と総称することがある。

40

【 0 0 5 3 】

接合領域 R E (図 2) に対応するものとして、金属回路板 1 3 a と、金属回路板 1 3 b と、金属回路板 1 3 c とのそれぞれは、接合領域 R E a と、接合領域 R E b と、接合領域 R E c とを有している。なお、以下において、接合領域 R E a ~ R E c を接合領域 R E と総称することがある。接合領域 R E c は接合領域 R E a よりも小さい。具体的には、大きさの比較が長辺の長さの比較によって行われるものとして、接合領域 R E c の長辺は接合領域 R E a の長辺よりも小さい。ここで、接合領域 R E の寸法に関連して、一の寸法閾値を定義する。接合領域 R E a の短辺は寸法閾値以上である。接合領域 R E b の長辺は寸法閾値以上であり、接合領域 R E b の短辺は寸法閾値未満である。接合領域 R E c の長辺は寸法閾値未満である。当該一の寸法は、例えば 3 m m である。

50

【 0 0 5 4 】

金属回路板 1 3 a の回路板上面 F 4 は、少なくとも部分的に金属回路板 1 3 a の接合領域 R E a (図 8) に重なる加工硬化領域 1 3 r (図 9) と、少なくとも部分的に金属回路板 1 3 a の接合領域 R E a (図 8) の外側にある非加工硬化領域 1 3 n (図 9) と、を有している。加工硬化領域 1 3 r は、厚み方向 (図 9 における縦方向) において回路板下面 F 3 から非加工硬化領域 1 3 n によって隔てられていてよい。言い換えれば、回路板下面 F 3 は全体的に非加工硬化領域 1 3 n であってよい。

【 0 0 5 5 】

金属回路板 1 3 a の回路板上面 F 4 の縁は、少なくとも部分的に非加工硬化領域 1 3 n (図 9) からなり、好ましくは非加工硬化領域 1 3 n (図 9) のみからなる。より具体的には、金属回路板 1 3 a の回路板上面 F 4 のうち、その縁から距離 L S (図 9) の範囲内は非加工硬化領域 1 3 n からなる。距離 L S は、0 . 3 mm 以上が好ましく、1 mm 以上であれば、後述する効果が、より確実に得られる。

10

【 0 0 5 6 】

ここで、距離 L S (図 9) が規定される直線上において、金属回路板 1 3 a の縁と、接合領域 R E a の縁とが、互いに距離 L R (図 8) ほど離れているとする。距離 L R が 1 mm 以上の場合、実質的に L S = L R であることが好ましい。距離 L R が 1 mm 未満の場合、L S > L R の関係が満たされていることが好ましく、距離 L R が 0 . 3 mm 以下の場合には上記関係が満たされていることが一層好ましく、距離 L R がゼロの場合は上記関係が満たされていることが、より一層好ましい。これにより、距離 L R が小さい場合であっても、距離 L S を十分に確保することができる。

20

【 0 0 5 7 】

金属回路板 1 3 b も、図 9 と同様の断面構成を有している。一方、金属回路板 1 3 c は、加工硬化領域 1 3 r を有しておらず非加工硬化領域 1 3 n のみから構成されている。言い換えれば、金属回路板 1 3 c の回路板上面 F 4 は加工硬化されていない。

【 0 0 5 8 】

図 1 0 は、本実施の形態 2 における、基板 1 0 B を有するパワーモジュール 9 0 (図 1) の製造方法を概略的に示すフローチャートである。図 1 0 において、ステップ S 2 4 0 までは、基板 1 0 B の製造方法に対応している。図 1 1 は、基板 1 0 B の製造方法の一工程を概略的に示す平面図である。

30

【 0 0 5 9 】

ステップ S 2 1 0 (図 1 0) にて、セラミック板 1 1 のセラミック板上面 F 2 と、金属回路板 1 3 の回路板下面 F 3 とが接合される。具体的には、セラミック板 1 1 のセラミック板上面 F 2 と、金属回路板 1 3 の回路板下面 F 3 と、の間で接合層 6 1 (間接接合) が形成される。この間接接合を形成するための具体的方法は、ステップ S 1 3 0 (図 5 : 実施の形態 1) として例示された方法と同様であってよい。

【 0 0 6 0 】

ステップ S 2 2 0 (図 1 0) にて、セラミック板 1 1 のセラミック板下面 F 1 と、金属放熱板 1 2 の放熱板上面 F 5 とが接合される。具体的には、セラミック板 1 1 のセラミック板下面 F 1 と、金属放熱板 1 2 の放熱板上面 F 5 と、の間で接合層 6 2 (間接接合) が、接合層 6 1 と同様に形成される。なお、ステップ S 2 1 0 およびステップ S 2 2 0 の順番は任意である。また、ステップ S 2 1 0 およびステップ S 2 2 0 は同時に行われてよい。

40

【 0 0 6 1 】

ステップ S 2 3 0 (図 1 0) にて、金属回路板 1 3 a (図 8) の回路板上面 F 4 (図 9) にショットピーニング加工が施されることによって、加工硬化領域 1 3 r (図 9) が形成される。金属回路板 1 3 b (図 8) の回路板上面 F 4 へも、同様のショットピーニング加工が施される。一方、金属回路板 1 3 c (図 8) の回路板上面 F 4 にはショットピーニング加工が施されない。

【 0 0 6 2 】

図 1 1 を参照して、ショットピーニング領域 R S は、ショットピーニング加工が施され

50

ることになる領域として定義される。また非ショットピーニング領域 R N は、ショットピーニング加工が施されることにはならない領域として定義される。上記ステップ S 2 3 0 において、ショットピーニング加工は、ショットピーニング領域 R S には施され、非ショットピーニング領域 R N には施されない。具体的には、ショットピーニング領域 R S の全体にショットピーニング加工が施される。また、非ショットピーニング領域 R N のいずれの部分にもショットピーニング加工が施されない。

【 0 0 6 3 】

金属回路板 1 3 a の回路板上面 F 4 は、少なくとも部分的に金属回路板 1 3 a の接合領域 R E a (図 8) に重なるショットピーニング領域 R S (図 1 1) と、少なくとも部分的に金属回路板 1 3 a の接合領域 R E a (図 8) の外側にある非ショットピーニング領域 R N (図 1 1) と、を有している。金属回路板 1 3 a の回路板上面 F 4 の縁は、少なくとも部分的に非ショットピーニング領域 R N からなり、好ましくは非ショットピーニング領域のみからなる。なお、金属回路板 1 3 a の回路板上面 F 4 のうち、その縁から距離 L S (図 1 1) の範囲内は非ショットピーニング領域 R N からなる。

10

【 0 0 6 4 】

金属回路板 1 3 b のショットピーニング領域 R S および非ショットピーニング領域 R N も、金属回路板 1 3 a のものと同様であってよい。一方、図 1 1 を参照して、金属回路板 1 3 c は、ショットピーニング領域 R S を有しておらず、非ショットピーニング領域 R N のみを有している。

【 0 0 6 5 】

20

ショットピーニング領域 R S および非ショットピーニング領域 R N の区分けによる選択的なショットピーニング加工は、例えば、ショットピーニング領域 R S を露出しつつ非ショットピーニング領域 R N を覆うマスクを用いて行うことができる。ショットピーニング加工の具体的方法としては、当該マスクを適用しつつ、実施の形態 1 において説明したものと同様の方法が用いられてよい。

【 0 0 6 6 】

金属回路板 1 3 a の加工硬化領域 1 3 r の厚みは、ショットピーニングによる効果を確実に得るために 1 0 μ m 以上であることが好ましい。また、金属回路板 1 3 a の加工硬化領域 1 3 r の厚みは、セラミック板 1 1 へのダメージの抑制、または基板 1 0 B の反りの抑制のために、金属回路板 1 3 の厚みの 3 / 4 以下であることが好ましく、半分以下であることがより好ましい。金属回路板 1 3 b についても同様である。

30

【 0 0 6 7 】

ステップ S 2 4 0 (図 1 0) にて、金属回路板 1 3 の各々の回路板上面 F 4 の接合領域 R E に電力用半導体素子 3 0 が接合される。その他、必要な部材が取り付けられることによって、基板 1 0 B (図 8 および図 9) を有するパワーモジュール 9 0 (図 1) が得られる。

【 0 0 6 8 】

なお、ステップ S 2 3 0 とステップ S 2 4 0 との間で、必要に応じて、金属回路板 1 3 の回路板上面 F 4 が平滑化されてよい。これにより、回路板上面 F 4 の表面粗さが低減される。ステップ S 2 4 0 にて回路板上面 F 4 へ電力用半導体素子 3 0 が接合される際における回路板上面 F 4 の表面粗さが過大でない場合は、この平滑化は必要ない。

40

【 0 0 6 9 】

本実施の形態によれば、第 1 に、金属回路板 1 3 a の回路板上面 F 4 は、電力用半導体素子 3 0 が接合されることになる接合領域 R E a に少なくとも部分的に重なるショットピーニング領域 R S を有している。これにより、ヒートサイクルに起因しての微細形状の変化が抑制される。よって、金属回路板 1 3 a と電力用半導体素子 3 0 との間の接合信頼性を高めることができる。第 2 に、金属回路板 1 3 a の回路板上面 F 4 は、少なくとも部分的に接合領域 R E a の外側にある非ショットピーニング領域 R N を有している。これにより、金属回路板 1 3 a と電力用半導体素子 3 0 との間の接合信頼性への影響を抑えつつ、ショットピーニング領域 R S の面積を抑えることができる。よって、ショットピーニング

50

加工に起因しての製造効率の低下を抑えることができる。以上から、製造効率の大きな低下を避けつつ、金属回路板 13a と電力用半導体素子 30 との間の接合信頼性を高めることができる。

【0070】

上記効果は、次のように説明することもできる。第1に、金属回路板 13a の回路板上面 F4 は、接合領域 REa (図8) に少なくとも部分的に重なる加工硬化領域 13r (図9) を有している。これにより、ヒートサイクルに起因しての微細形状の変化が抑制される。よって、金属回路板 13a と電力用半導体素子 30 (図1) との間の接合信頼性を高めることができる。第2に、金属回路板 13a の回路板上面 F4 は、少なくとも部分的に接合領域 REa (図8) の外側にある非加工硬化領域 13n (図9) を有している。これにより、金属回路板 13a と電力用半導体素子 30 (図1) との間の接合信頼性への影響を抑えつつ、加工硬化領域 13r (図9) の面積を抑えることができる。よって、加工硬化領域 13r を形成することに起因しての製造効率の低下を抑えることができる。以上から、製造効率の大きな低下を避けつつ、金属回路板 13a と電力用半導体素子 30 との間の接合信頼性を高めることができる。

10

【0071】

金属回路板 13a の回路板上面 F4 (図9) の縁は、少なくとも部分的に非ショットピーニング領域 RN (図11) からなる。これにより、金属回路板 13a とセラミック板 11 との間の接合信頼性がショットピーニング加工に起因して金属回路板 13a の縁の近傍において低下することが抑制される。この効果は、上記の縁が非ショットピーニング領域のみからなる場合、より確実に得られる。

20

【0072】

金属回路板 13c の回路板上面 F4 にはショットピーニング加工が施されない。ショットピーニング加工がこのように省略されても、図8に示されているように金属回路板 13c の接合領域 REc は金属回路板 13a の接合領域 REa よりも小さいので、接合信頼性への悪影響は、比較的小さい。

【0073】

<実施の形態3>

図12は、本実施の形態3におけるパワーモジュール90 (図1：実施の形態1) の製造方法を概略的に示すフローチャートである。ステップ S310 からステップ S360 までによって、基板 10A (図3および図4：実施の形態1) が、前述した実施の形態1とは異なる方法によって形成される。これ以外については、本実施の形態3は、前述した実施の形態1とほぼ同様である。よって以下においては、主に基板 10A を形成する方法について詳述し、それ以外の特徴については、実施の形態1において説明された要素と同一または対応する要素については同一の符号を付し、その説明を繰り返さない。

30

【0074】

ステップ S310 (図12) にて、金属回路板 13a より大きな金属板 13X (図13) が準備される。好ましくは、金属板 13X の大きさは、図13に示されているように、複数の金属回路板 13a を合わせた大きさ以上であることが好ましい。金属板 13X は、図13において仮想線で示されているように、金属回路板 13a が切り出されることになる部分を有している。好ましくは、金属板 13X は、図13において仮想線で示されているように、複数の金属回路板 13a が切り出されることになる部分を有している。なお、以下において、金属板 13X の面であって、金属回路板 13a の回路板下面 F3 となる部分を含む面のことを、金属板 13X の回路板下面 F3 と称することがある。また、金属板 13X の面であって、金属回路板 13a の回路板上面 F4 となる部分を含む面のことを、金属板 13X の回路板上面 F4 と称することがある。

40

【0075】

図14を参照して、次に、金属板 13X のうち金属回路板 13a として切り出されることになる部分の回路板下面 F3 にショットピーニング加工が施される。このとき、金属板 13X の回路板下面 F3 のうち、金属回路板 13a として切り出されることになる部分の

50

みが選択的にショットピーニング加工されてよい。あるいは、金属板 13X の回路板下面 F3 のうち、金属回路板 13a が切り出されることになる部分だけでなくその外側もショットピーニング加工されてよい。よって、このショットピーニング加工は、特段のマスクを必要とはしない。

【0076】

図 15 を参照して、ステップ S320 (図 12) にて、金属板 13X のうち金属回路板 13a として切り出されることになる部分の回路板上面 F4 にショットピーニング加工が施される。このとき、金属板 13X の回路板上面 F4 のうち、金属回路板 13a として切り出されることになる部分のみが選択的にショットピーニング加工されてよい。あるいは、金属板 13X の回路板上面 F4 のうち、金属回路板 13a が切り出されることになる部分だけでなくその外側もショットピーニング加工されてよい。よって、このショットピーニング加工は、特段のマスクを必要とはしない。なお、ステップ S310 およびステップ S320 の順番は任意である。

10

【0077】

上記ステップ S310 (図 12) において、一の金属回路板 13a を含む複数の金属回路板として金属板 13X から切り出されることになる部分にショットピーニング加工が施される場合 (例えば、図 13 に示されているように、複数の金属回路板 13a として金属板 13X から切り出されることになる部分にショットピーニング加工が施される場合)、一の金属板 13X にショットピーニング加工を施すことによって、複数の金属回路板となる部分にショットピーニング加工を施すことができる。よって、ショットピーニング加工が効率化される。上記ステップ S320 (図 12) についても同様である。

20

【0078】

上記ステップ S310 およびステップ S320 (図 12) のショットピーニング加工に起因して、金属板 13X にうねりが生じることがある。ステップ S330 (図 12) にて、このうねりが矯正されてよい。この矯正は、研磨またはプレス成形によって行われてよい。特に、上記ステップ S310 およびステップ S320 (図 12) の各々において、一の金属回路板 13a を含む複数の金属回路板として金属板 13X から切り出されることになる部分にショットピーニング加工が施される場合 (例えば、図 13 に示されているように、複数の金属回路板 13a として金属板 13X から切り出されることになる部分にショットピーニング加工が施される場合)、一の金属板 13X を矯正することによって、複数の金属回路板となる部分を矯正することができる。よって、うねりの矯正が効率化される。なお、うねりが特に問題でないときは、ステップ S330 は省略されてよい。ステップ S330 は、上述した効率化の観点で、後述のステップ S340 より前に行われることが好ましい。

30

【0079】

ステップ S340 (図 12) にて、金属板 13X から、少なくともひとつの金属回路板 13a が切り出される。好ましくは、一の金属回路板 13a を含む複数の金属回路板 (例えば、複数の金属回路板 13a) が切り出される。この切り出しは、例えば、プレス打ち抜き加工または機械加工によって行われる。これにより、ショットピーニング加工が施された金属回路板 13a が得られる。金属回路板 13b (図 3) についても同様である。

40

【0080】

一方で、金属回路板 13c (図 3) には、実施の形態 1 において前述されたように、ショットピーニング加工が施されない。以下、本実施の形態 3 において金属回路板 13c を形成する方法について説明する。

【0081】

まず、金属回路板 13c より大きな金属板 13Y (図 16 および図 17) が準備される。好ましくは、金属板 13Y の大きさは、図 16 に示されているように、複数の金属回路板 13c を合わせた大きさ以上であることが好ましい。金属板 13Y は、図 16 において仮想線で示されているように、金属回路板 13c が切り出されることになる部分を有している。好ましくは、金属板 13Y は、図 16 において仮想線で示されているように、複数

50

の金属回路板 1 3 c が切り出されることになる部分を有している。

【 0 0 8 2 】

ショットピーニング加工が施されていない金属板 1 3 Y から、少なくともひとつの金属回路板 1 3 c が切り出される。好ましくは、一の金属回路板 1 3 c を含む複数の金属回路板（例えば、複数の金属回路板 1 3 c ）が切り出される。この切り出しは、例えば、プレス打ち抜き加工または機械加工によって行われる。これにより、ショットピーニング加工が施されていない金属回路板 1 3 c が得られる。

【 0 0 8 3 】

ステップ S 3 6 0 およびステップ S 3 7 0（図 1 2）のそれぞれは、ステップ S 1 4 0 およびステップ S 1 5 0（図 5：実施の形態 1）とほぼ同様に行われる。なお、ステップ S 3 5 0 およびステップ S 3 6 0 の順番は任意である。また、ステップ S 3 5 0 およびステップ S 3 6 0 は同時に行われてよい。その他、必要な部材が取り付けられることによって、基板 1 0 A（図 3 および図 4）を有するパワーモジュール 9 0（図 1）が得られる。

【 0 0 8 4 】

なお、上記各実施の形態においてはパワーモジュール 9 0（図 1）が金属放熱板 1 2 とは別個にベース板 2 0 を有する場合について詳述したが、ベース板 2 0 が省略され、金属放熱板 1 2 がベース板の機能を兼ねてもよい。その場合、ケース 5 0 は金属放熱板 1 2 に取り付けられてよい。また本明細書において、金属は、純金属または合金であってよい。また、説明の便宜上、「上面」および「下面」の文言が用いられているが、これら文言は、異なる面を区別するために用いられているに過ぎず、重力方向との関係性を限定するものではない。また、技術的に矛盾のない範囲で、各実施の形態を自由に組み合わせたり、各実施の形態を適宜、変形、省略したりすることが可能である。

【符号の説明】

【 0 0 8 5 】

1 0 , 1 0 A , 1 0 B 基板、1 1 セラミック板、1 2 金属放熱板、1 3 金属回路板、1 3 a 金属回路板（第 1 の金属回路板）、1 3 b 金属回路板、1 3 c 金属回路板（第 2 の金属回路板）、1 3 n 非加工硬化領域、1 3 p , 1 3 q , 1 3 r 加工硬化領域、1 3 X , 1 3 Y 金属板、2 0 ベース板、2 1 接合層、3 0 電力用半導体素子、3 1 接合層、6 1 接合層（間接接合）、6 2 接合層、9 0 パワーモジュール（電力用半導体装置）、F 1 セラミック板下面（第 1 の面）、F 2 セラミック板上面（第 2 の面）、F 3 回路板下面（第 3 の面）、F 4 回路板上面（第 4 の面）、F 5 放熱板上面、F 6 放熱面、R E , R E a ~ R E c 接合領域、R N 非ショットピーニング領域、R S ショットピーニング領域。

10

20

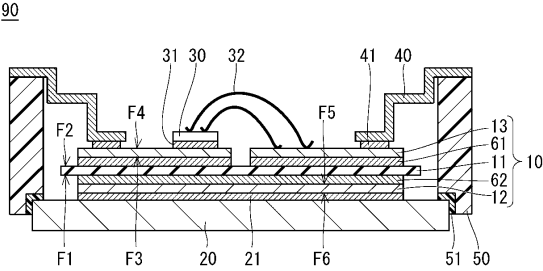
30

40

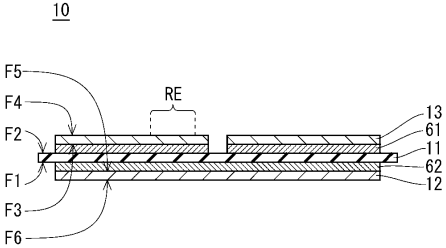
50

【図面】

【図 1】

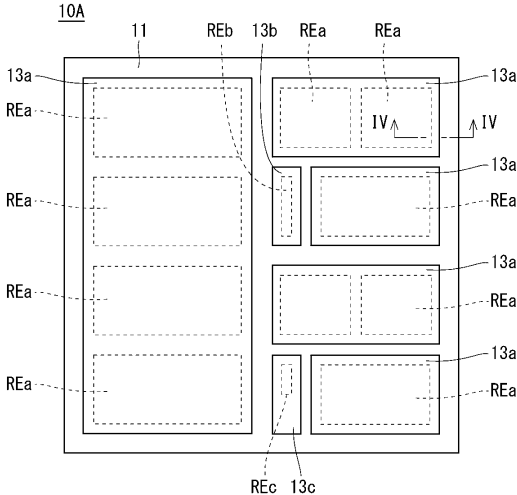


【図 2】

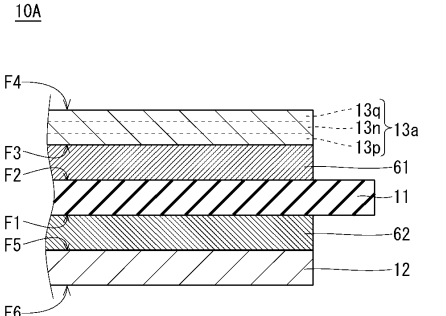


10

【図 3】

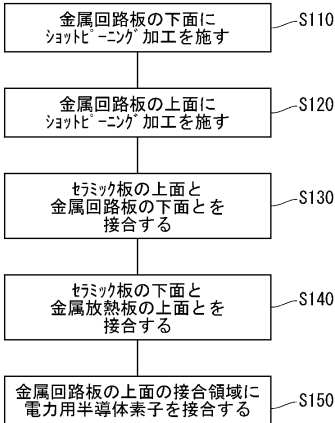


【図 4】

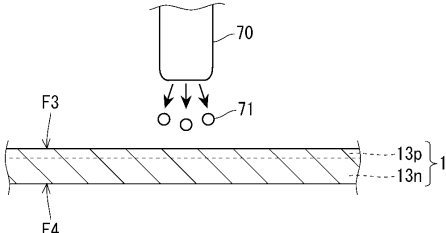


20

【図 5】



【図 6】

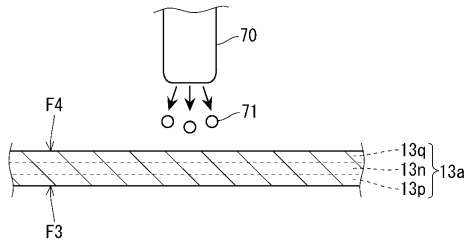


30

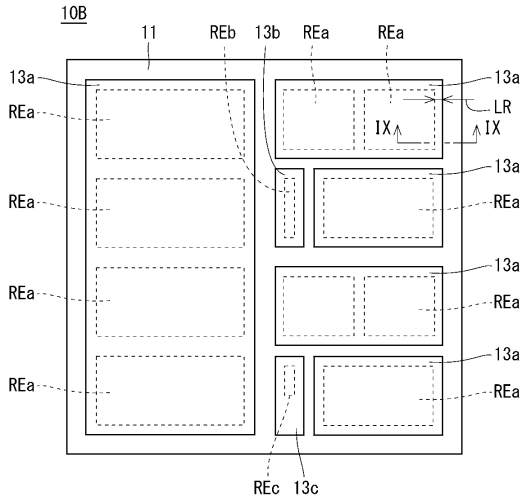
40

50

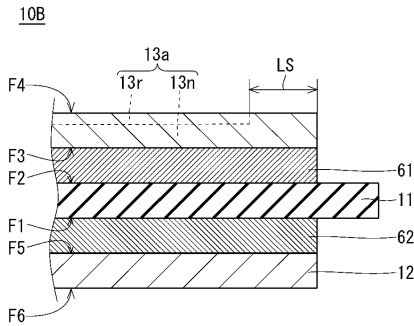
【図 7】



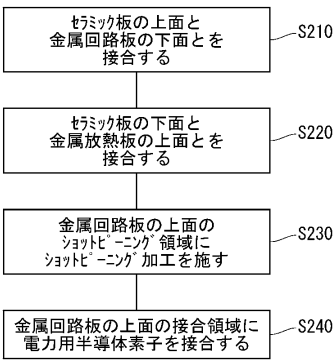
【図 8】



【図 9】



【図 10】



10

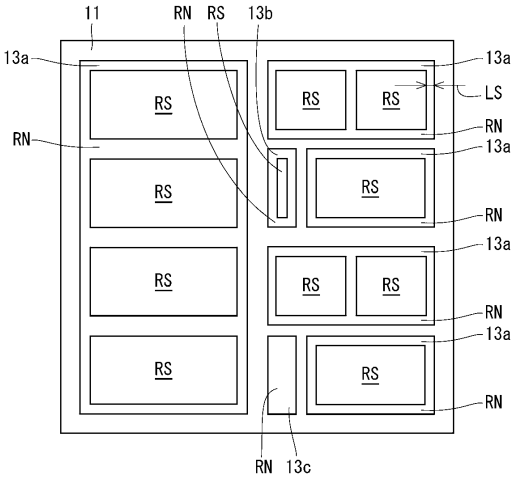
20

30

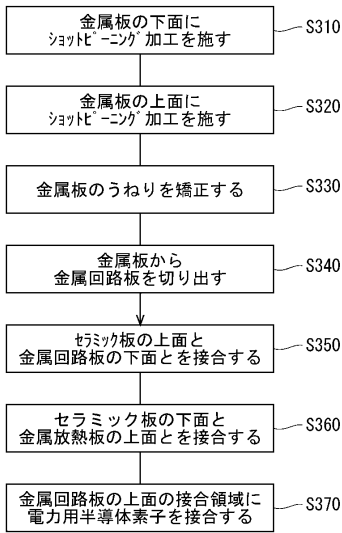
40

50

【図 1 1】

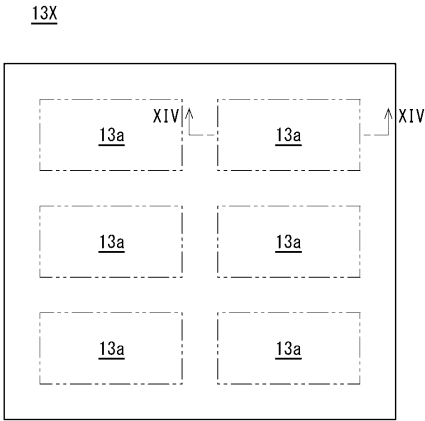


【図 1 2】

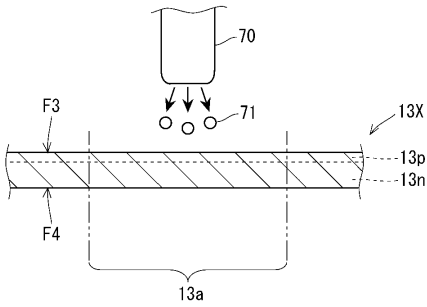


10

【図 1 3】



【図 1 4】



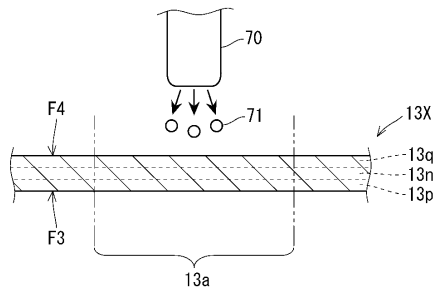
20

30

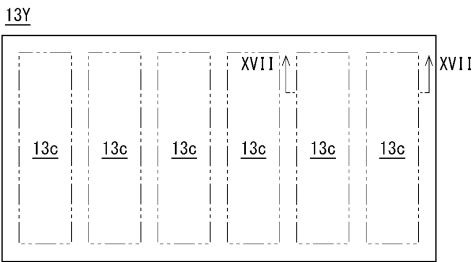
40

50

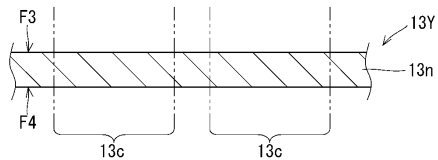
【図 15】



【図 16】



【図 17】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 国際公開第 2 0 2 1 / 0 4 8 9 3 7 (W O , A 1)
 特開 2 0 0 7 - 2 7 3 6 6 1 (J P , A)
 特開 2 0 0 6 - 3 3 2 0 8 4 (J P , A)
 特開 2 0 1 4 - 1 8 7 0 8 8 (J P , A)
 特開 2 0 0 4 - 2 1 4 2 8 4 (J P , A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
- H 0 1 L 2 3 / 1 2
 H 0 1 L 2 5 / 0 7
 H 0 1 L 2 3 / 3 6