

(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
2017年10月26日(26.10.2017)



(10) 国際公開番号
WO 2017/183222 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 25/07 (2006.01) H01L 23/40 (2006.01)
H01L 21/52 (2006.01) H01L 25/18 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/082199
- (22) 国際出願日: 2016年10月31日(31.10.2016)
- (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 2016-085068 2016年4月21日(21.04.2016) JP
- (71) 出願人:三菱電機株式会社(MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者:吉田 基(YOSHIDA Motoru); 〒1008310 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 Tokyo (JP). 末廣 善幸(SUEHIRO Yoshiyuki); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式

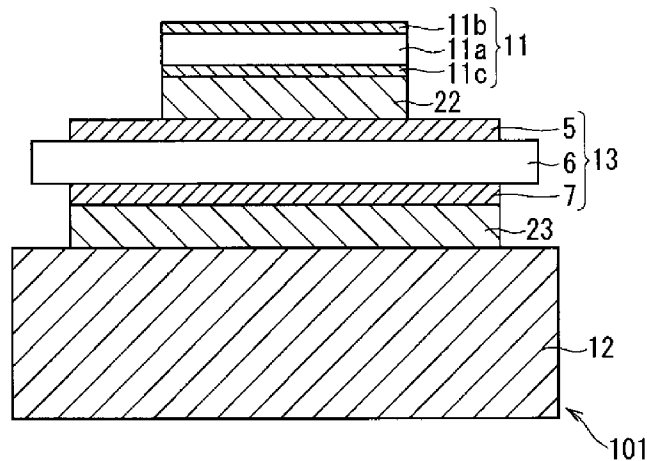
会社内 Tokyo (JP). 須賀原 和之(SUGAHARA Kazuyuki); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 中西 洋介(NAKANISHI Yosuke); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 横山 吉典(YOKOYAMA Yoshinori); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 曾田 真之介(SODA Shinnosuke); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 林 功明(HAYASHI Komei); 〒1008310 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 Tokyo (JP).

(74) 代理人:吉竹 英俊, 外(YOSHITAKE Hidetoshi et al.); 〒5400001 大阪府大阪市中央区城見1丁目4番70号住友生命OBPプラザビル10階 Osaka (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,

(54) Title: SEMICONDUCTOR DEVICE AND METHOD FOR MANUFACTURING SAME

(54) 発明の名称: 半導体装置およびその製造方法



(57) **Abstract:** Provided is a semiconductor device having a high heat conductivity and excellent machinability. A semiconductor device 101 is provided with an insulating substrate 13, a semiconductor element 11, a die-bonding material 22, a bonding material 23, and a cooling member 12. The insulating substrate 13 has an insulating ceramic 6, a conductive plate 5 that is provided on one surface of the insulating ceramic 6, and a conductive plate 7 that is provided on the other surface of the insulating ceramic. The semiconductor element 11 is provided on the conductive plate 5 via the die-bonding material 22. As the die-bonding material 22, a sintered metal is used. The semiconductor element 11 has a bending strength of 700 MPa or higher, and a thickness of 0.05-0.1 mm. The cooling member 12 is bonded to the conductive plate 7 via the bonding material 23.



WO 2017/183222 A1

CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KW, 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), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: 熱伝導性が高く、かつ、工作性に優れた半導体装置を提供する。半導体装置101は、絶縁基板13と、半導体素子11と、ダイボンド材22と、接合材23と、冷却部材12とを備える。絶縁基板13は、絶縁セラミックス6と、絶縁セラミックス6の一方の面に設けられた導板5と、他方の面に設けられた導板7とを有する。半導体素子11は導板5上にダイボンド材22を介して設けられる。ダイボンド材22には焼結金属が採用される。半導体素子11はその曲げ強度が700MPa以上であり、厚さが0.05mm以上0.1mm以下である。冷却部材12は導板7に接合材23を介して接合される。

明 細 書

発明の名称：半導体装置およびその製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、半導体装置およびその製造方法に関するものである。

背景技術

[0002] パワーモジュールに採用される半導体装置には、例えばSi（珪素）あるいはSiC（炭化珪素）を基材とする半導体素子を使用される。半導体素子の温度を所定温度以下に保つ必要から、半導体素子から発せられる熱を効率良く放熱することが望まれる。

[0003] この放熱という観点で、従来から、半導体素子に対して絶縁基板を介して冷却器が接合されたパワーモジュールが提案されている。絶縁基板では、高熱伝導性の絶縁セラミック板と、その両面に設けられた高熱伝導性の金属からなる導板とが一体となっている。絶縁セラミック板には、例えば窒化珪素、窒化アルミニウムまたはアルミナが用いられる。導板には、例えばアルミニウム（アルミニウム合金を含む。以下、同じ）または銅（銅合金を含む。以下、同じ）が用いられる。

[0004] 絶縁基板の一方の面には、半導体素子が、焼結Ag等の焼結金属を介して接合される。絶縁基板の他方の面には、半田等の接合材を介して直接的または間接的に冷却器が接合される。

[0005] 他方、半導体装置を封止する樹脂の変形を抑制する観点で、半導体素子についての提案もされている。かかる変形は、例えば外部環境の温度変化に由来する。例えばその曲げ強度が100MPa以上1000MPa以下の半導体素子が、応力緩和部材として配置される。

[0006] 特許文献1における応力緩和部材は、絶縁基板の主面に配置された100MPa以上1000MPa以下の曲げ強度を有する半導体素子からなる。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：特開2015-15412号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] 放熱という観点に関して上述のように提案された構成であっても、当該構成に要求される寿命期間において十分な放熱性能を維持できない場合があった。これは半導体素子と冷却器とではそれぞれの熱膨張係数が相違し、使用条件によっては熱応力が発生すること、その熱応力により半導体素子あるいは、半導体素子と冷却器との間の接合部材に、クラックが生じること、が原因である。

[0009] 例えば特許文献1に開示された応力緩和部材を備える半導体装置には、冷却器と絶縁基板とが半田で直接に接合されている直接冷却式モジュールにおいて、問題点がある。絶縁基板には半導体素子（例えばSiCチップ）と接合されているAgシンター部が存在する。一般にSiCはSiよりも高いジャンクション温度に耐えることが期待されており、高温／低温を繰り返すヒートサイクルは、その高温時において175℃以上となる。そしてかかるヒートサイクルで動作する際、このAgシンター部にクラックが生じる場合があった。

[0010] 本発明は、上記のような問題を解決するためになされたものであり、熱伝導性が高く、かつ、工作性に優れた半導体装置、およびそ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

[0011] この発明にかかる半導体装置は、絶縁板と、前記絶縁板の一方の面に設けられた第1の導板と、前記絶縁板の他方の面に設けられた第2の導板とを有する絶縁基板を備える。更に、焼結金属と、前記焼結金属を介して前記第1の導板上に設けられた厚さ0.05mm以上0.1mm以下である半導体素子と、接合材と、前記接合材を介して前記第2の導板に接合された冷却部材とを備える。前記半導体素子の曲げ強度は700MPa以上である。あるいは前記半導体素子は、そのチップ厚みの30%以下のクラック進展深さ率を

有する。

- [0012] この発明にかかる半導体装置の製造方法は、(a)絶縁板と、前記絶縁板の一方の面に設けられた第1の導板と、前記絶縁板の他方の面に設けられた第2の導板とを有する絶縁基板を用意する工程と、(b)前記第1の導板に、焼結金属を介して半導体素子を設ける工程と、(c)前記第2の導板に、第1の接合材を介して冷却部材を接合させる工程とを備える。

発明の効果

- [0013] この発明にかかる半導体装置によれば、半導体素子の線膨張係数と、冷却部材の熱膨張係数との差に起因する熱応力が、半導体素子で吸収される。よって熱伝導性を高くしつつも、接合材に発生する応力を緩和し、工作性に優れる。この発明にかかる半導体装置の製造方法は、この発明にかかる半導体装置の製造に資する。

- [0014] この発明の目的、特徴、局面、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

- [0015] [図1]実施の形態1にかかる半導体装置の構造を示す断面図である。
[図2]半導体素子の製造工程を順次に示す断面図である。
[図3]半導体素子の製造工程を順次に示す断面図である。
[図4]半導体素子の製造工程を順次に示す断面図である。
[図5]半導体素子の製造工程を順次に示す断面図である。
[図6]半導体素子を製造した後、半導体装置を得る前の工程を示す断面図である。
[図7]絶縁基板の線膨張係数に対するダイボンド材の寿命の関係を示すグラフである。
[図8]ダイボンド材に発生した剥離を示すSAT像である。
[図9]ダイシング後の半導体素子11の顕微鏡による断面像である。
[図10]ダイシング後の半導体素子11の顕微鏡による断面像である。
[図11]半導体素子の累積故障率と曲げ強度との関係を示すグラフである。

[図12]半導体装置において半導体素子に印加される応力を示すグラフである。

[図13]ダイシング条件とクラック進展深さ率との関係を示すグラフである。

[図14]実施の形態2にかかる半導体装置の構造を示す断面図である。

[図15]実施の形態2にかかる半導体装置の製造工程を順次に示す断面図である。

[図16]実施の形態2にかかる半導体装置の製造工程を順次に示す断面図である。

[図17]実施の形態2にかかる半導体装置の構造を示す断面図である。

[図18]実施の形態2にかかる他の半導体装置の構造を示す断面図である。

[図19]実施の形態4にかかる半導体装置の構造を示す断面図である。

[図20]実施の形態4にかかる半導体装置の製造工程を順次に示す断面図である。

[図21]実施の形態4にかかる半導体装置の製造工程を順次に示す断面図である。

[図22]実施の形態4にかかる半導体装置の製造工程を順次に示す断面図である。

発明を実施するための形態

[0016] <実施の形態1>.

図1は、実施の形態1にかかる半導体装置101の構造を示す断面図である。半導体装置101は、半導体素子11、ダイボンド材22、絶縁基板13、接合材23、冷却部材12を備えている。

[0017] 半導体素子11は、ダイボンド材22を介して絶縁基板13の一方の面に接合されている。絶縁基板13の他方の面と冷却部材12とが、接合材23を介して接合されている。絶縁基板13は、絶縁板としての絶縁セラミックス6と、絶縁セラミックス6の一方の面に設けられた導板5と、他方の面に設けられた導板7とを有する。換言すれば絶縁基板13は、導板5、7と、導板5と導板7とに挟まれて配置された絶縁セラミックス6とを有する。こ

れらはろう材等を用いてあらかじめ絶縁基板13として一体化されている。

[0018] 導板5はダイボンド材22に接する。よって半導体素子11はダイボンド材22を介して導板5上に設けられ、より具体的には導板5に接合される。但し、半導体素子11と絶縁基板13とがCu固相拡散接合または超音波接合等の直接接合で接合されて、ダイボンド材22が省略されてもよい。導板7は冷却部材12に対向し、接合材23を介して冷却部材12に接合される。

[0019] 半導体素子11は半導体基体11aと、半導体基体11aに電氣的に接続された配線電極11bとを有する。半導体素子11は、配線電極11bが形成された面（以下「第1主面」と称す）とは反対側（図中下側）の面（以下「第2主面」と称す）に、裏面外部出力電極11cを更に有する。

[0020] 半導体基体11aは例えばSiCを基材とする。SiCは、いわゆるワイドバンドギャップ半導体である。ワイドバンドギャップ半導体はSiに比べてバンドギャップが大きく、これを半導体基体11aに採用することは、半導体素子11の絶縁破壊電界強度を大きくする観点で、また半導体素子11を175℃以上の高温で動作させる観点で有利である。以下、半導体基体11aとしてSiCを基材とする場合を例にとって説明する。

[0021] 配線電極11bは、例えばCu、Al、AlSi、Ni、Auの金属層のいずれかまたはその組み合わせで実現される。本実施の形態において、裏面外部出力電極11cは、例えばAl、AlSi、Ni、Auの金属層のいずれかまたはその組み合わせで実現される。

[0022] ダイボンド材22には、例えば銀ナノ粒子の低温焼結材、Cu-SnまたはAg-Snのような液相拡散接合材、または、半田等の、電気および熱の良導体である接合材料を用いることができる。以下ではダイボンド材22として焼結金属を採用する場合を例にとって説明する。当該焼結金属は例えば焼結Agである。

[0023] ヒートサイクル試験時に半導体素子11の熱膨張係数と冷却部材12の熱膨張係数との差に起因して発生する熱応力は、半導体素子11で吸収される

。半導体装置 101 全体が撓むときに、ダイボンド材 22 も撓んでダイボンド材 22 に応力が発生し、ダイボンド材 22 はその応力に耐える必要がある。

[0024] ダイボンド材 22 は、その厚みが $3\ \mu\text{m}$ 未満であるとヒートサイクル試験時に発生する応力に耐えることができず、クラックが入り、強度的に不十分である。またダイボンド材 22 は、その厚みが $100\ \mu\text{m}$ を超えると、その形成プロセス中にクラックが入る懸念がある。よってダイボンド材 22 の厚さは、その強度を確保する観点で $3\ \mu\text{m}$ 以上であることが望ましく、形成プロセスでクラックが発生することを防止する観点で $100\ \mu\text{m}$ 以下であることが望ましい。

[0025] 導板 5, 7 のいずれにも、例えば銅またはアルミニウム等の電気および熱の良導体を用いることができる。導板 5, 7 に銅を採用した場合、例えば、その厚みが $0.2\sim 1.0\ \text{mm}$ であり、線膨張係数は $17\ \text{ppm}$ である。

[0026] 絶縁セラミックス 6 には、窒化珪素、窒化アルミニウムまたはアルミナ等の、電氣的観点で絶縁体であり、かつ、熱の良導体であるセラミックスを用いることができる。絶縁セラミックス 6 に窒化珪素を採用した場合、例えばその厚みが $0.1\ \text{mm}\sim 1.00\ \text{mm}$ であり、線膨張係数は $2.5\ \text{ppm}$ である。また上記導板 5, 7 を合わせた絶縁基板 13 の全体としての線膨張係数は例えば $5.7\sim 8.9\ \text{ppm}$ と見積もることができる。

[0027] 接合材 23 には、例えば銀ナノ粒子の低温焼結材、銀ペースト材、Cu-Sn または Ag-Sn のような液相拡散接合材、または、半田等の、熱の良導体である接合材料を用いることができる。半田で接合する場合は、半田材の降伏応力も留意することが望ましく、例えば Sn-Cu-Sb のような高強度半田が好ましい。

[0028] 冷却部材 12 は、銅またはアルミニウムなどの熱伝導の良好な金属材料で形成される。

[0029] このような構成によれば、半導体素子 11 から冷却部材 12 までの熱抵抗は小さい。従って半導体素子 11 からの発熱は冷却部材 12 まで優れた熱伝

達性によって伝達される。また、半導体素子 1 1 の熱膨張係数と冷却部材 1 2 の熱膨張係数との相違に起因する熱応力は、半導体素子 1 1 の塑性変形によって大部分が吸収される。よって絶縁基板 1 3 と冷却部材 1 2 との間の接合の信頼性が十分に確保される。

[0030] 次に、図 2 から図 5 を用いて、半導体素子 1 1 の製造工程、特に半導体素子 1 1 の厚さ t が $100\ \mu\text{m}$ 以下の場合の製造工程を簡単に例示する。図 2 から図 5 は、半導体素子 1 1 の製造工程を順次に示す断面図である。まず第 1 主面にデバイス面を作製する。当該デバイス面は、例えば MOSFET ではソース側の面である。この工程において配線電極 1 1 b が形成される（図 2 参照）。

[0031] 次に、第 2 主面を研削し、半導体基体 1 1 a の厚さを例えば $50\ \mu\text{m}$ 以上 $100\ \mu\text{m}$ 以下にする（図 3 参照）。当該研削は、例えば、ダイヤモンド砥粒をビトリファイドで結合した砥石を採用した研削機で実現できる。当該研削の際には、半導体基体 1 1 a の第 1 主面側に保護テープを貼り付けて、デバイス面を研削から保護する。あるいは第 1 主面にワックスなどを塗布し、サポート基板を貼り付けてデバイス面を保護してもよい。

[0032] 研削の後、第 2 主面にシリサイドを形成するための金属膜 1 1 d を堆積する（図 4 参照）。金属膜 1 1 d の材料として例えば Ni が挙げられる。その後、金属膜 1 1 d と半導体基体 1 1 a とを反応させてシリサイド層を形成し、コンタクト電極を形成する。当該反応は金属膜 1 1 d へのレーザ光の照射で実現される。

[0033] その後、コンタクト電極の表面に対してエッチングを行い、当該表面の酸化膜等を除去する。エッチングは例えば Ar^+ イオンを用いたドライエッチングで実現できる。この際、未反応の金属膜 1 1 d の一部が残っても構わない。

[0034] 表面の酸化膜が除去された後、コンタクト電極の表面上に、裏面外部出力電極 1 1 c を形成する（図 5 参照）。簡単のため、コンタクト電極の図示は省略した。裏面外部出力電極 1 1 c の成膜方法はその密着性に大きく影響す

る。本実施の形態では、DCスパッタによって裏面外部出力電極11cの成膜を行った。この際に投入した電力により、成膜温度は100℃以上となった。

[0035] 通常、半導体素子11は、その複数が同じ半導体ウェハにおいて製造される。よって図2から図5に示された工程は、並行して製造される複数の半導体素子11の一つについて着目した図である。当該半導体ウェハは複数の半導体素子11において半導体基体11aとして用いられる。半導体素子11の製造が完了した直後は、それらの複数同士が半導体基体11aを介して繋がっているため、ダイシングにより半導体素子11の各々が分離して得られる。

[0036] 図6は半導体素子11の各々を製造した後、半導体装置101を得る前の工程を示す断面図である。導板5、7と絶縁セラミックス6とが上述の様に予め一体化した絶縁基板13を用意する。そして導板5に、半導体素子11をその第2主面側で、ダイボンド材22を介して接合する。他方、導板7に接合材23を介して冷却部材12を接合する。このようにして半導体装置101が製造される(図1参照)。つまりかかる製造工程は、半導体装置101の製造に資する。

[0037] 一般に、ヒートサイクル試験により、熱の良導体である冷却部材12の線膨張係数と、絶縁基板13および半導体素子11の線膨張係数との違いにより、半導体装置101には撓みが発生する。よってこの撓みが大きいほど、ダイボンド材22に発生する応力が大きくなる。

[0038] 本実施の形態で用られる直接冷却式モジュール構造では、冷却部材12は、例えば半田が採用される接合材23が直接に接続される。そして冷却部材12は、半導体素子11をダイボンドした絶縁基板13に対して、接合材23を介して接合される。よって、冷却部材12の線膨張係数と、絶縁基板13および半導体素子11の線膨張係数との差に起因した撓みが発生しやすくなる。

[0039] 通常のコールドプレート構造では、冷却部材12に、銅材でできたベース板(図

示省略)を、グリスを介して接合する。さらにベース板には、例えば半田が採用される接合材を介して、半導体素子11をダイボンドした絶縁基板13が接合される。よって冷却部材12の線膨張係数と、絶縁基板13および半導体素子11の線膨張係数との差に起因した撓みが、グリスやベース板により緩和され、直接冷却式モジュール構造に比べて撓みが緩和される。つまりダイボンド材22に発生する応力は小さくなる。

[0040] 次に、ダイボンド材22に発生する応力を低減させるために望ましい絶縁基板13の線膨張係数を求めるための計算を示す。

[0041] 図7は、半導体装置101において、半導体素子11とダイボンド材22を介して接合される絶縁基板13の全体としての線膨張係数に対する、ダイボンド材22の寿命の関係を示すグラフである。この関係における助変数として半導体素子11の厚さ t を採用し、その値が $100\mu\text{m}$ 、 $200\mu\text{m}$ 、 $300\mu\text{m}$ の場合を示した。但し、これらのグラフはいずれも、CAE(コンピュータ支援設計)により行った解析結果である。またダイボンド材22として焼結Agを用い、これを介して絶縁基板13が半導体素子11と接合され、接合材23を介して絶縁基板13に冷却部材12が接合された場合を例示した。

[0042] 図7の横軸は、絶縁基板13の全体としての線膨張係数(図では単に「絶縁基板13の線膨張係数」と表記:以下同様)を単位ppmにて示す。また図7の縦軸はダイボンド材22の寿命、つまりヒートサイクル試験を行った際にダイボンド材22が故障するまでのヒートサイクル試験のサイクル数を示す。ここでのヒートサイクル試験は、半導体装置101の外部環境温度を-(マイナス)40℃度から175℃を経て再び-(マイナス)40℃に変化させる温度サイクル試験である。

[0043] 直接冷却式モジュール構造で用いている冷却部材12をAlで構成する場合を想定してその線膨張係数を23ppmとし、SiCを用いた半導体素子11の線膨張係数を4.6ppmとした場合を例にとって説明する。

[0044] 絶縁基板13の線膨張係数が大きいほど、これと冷却部材12の線膨張係

数との差は小さく、絶縁基板 1 3 と冷却部材 1 2 との間に位置する接合材 2 3 に発生する応力は小さい。しかし絶縁基板 1 3 の線膨張係数が大きいほど、絶縁基板 1 3 の線膨張係数と半導体素子 1 1 の線膨張係数との差は大きく、絶縁基板 1 3 の撓みによってダイボンド材 2 2 に発生する応力は大きい。よって絶縁基板 1 3 の線膨張係数が大きいほどダイボンド材 2 2 の寿命は短い。

[0045] 逆に絶縁基板 1 3 の線膨張係数が小さいほど、冷却部材 1 2 の撓みによって接合材 2 3 に発生する応力は大きく、ダイボンド材 2 2 に発生する応力は小さく、ダイボンド材 2 2 の寿命は長い。

[0046] ダイボンド材 2 2 の寿命改善に限って言えば、たとえば半導体素子 1 1 に SiC を用いた場合にその線膨張係数は 4.6 ppm であり、絶縁基板 1 3 の線膨張係数は 4.6 ppm に近いほど良好である。ただし、冷却部材 1 2 が例えば Al で構成される場合、その線膨張係数は 23 ppm であるので、絶縁基板 1 3 の線膨張係数が半導体素子 1 1 の線膨張係数に近いほど、絶縁基板 1 3 の線膨張係数と冷却部材 1 2 の線膨張係数との差が大きく、冷却部材 1 2 の撓みによって接合材 2 3 に発生する応力は大きくなる。

[0047] 接合材 2 3 に影響を与えない範囲で試算すると、図 7 に示すように、絶縁基板 1 3 の線膨張係数の相違がダイボンド材 2 2 のヒートサイクル寿命に与える影響は小さい。

[0048] 図 7 で示された絶縁基板 1 3 の線膨張係数のいずれにおいても、半導体素子 1 1 の厚さ t を薄くすることにより、ダイボンド材 2 2 の寿命が改善されることが分かる。これは半導体素子 1 1 は、その厚みが薄いほど、冷却部材 1 2 の撓みに追従し易く、以てダイボンド材 2 2 に発生する応力を緩和させ得るからであると考えられる。よって半導体装置 1 0 1 において半導体素子 1 1 の厚みを薄くすることは、ダイボンド材 2 2 の寿命を改善する観点で望ましい。

[0049] 図 8 はダイボンド材 2 2 に発生した剥離を示す Scanning Acoustic Tomography (SAT) 像である。この剥離はヒートサイクル試験により発生したもので

ある。このSAT像は、半導体装置101を半導体素子11の第1主面側から見たものである。半導体素子11のコーナー部の領域11gにおいて、剥離状態を示す白い部分が見えている。SAT像の深さ位置をダイボンド材22に位置に設定しているため、この部分はダイボンド材22の剥離状態を反映している。このようなダイボンド材22の剥離が発生するまでのヒートサイクル数を向上させる観点で、半導体素子11の厚さtを薄くすることが望ましい。

[0050] 図7から理解されるように、厚さtが100 μ mの場合はヒートサイクル寿命が約3000~7000サイクルであり、厚さtが200 μ mの場合はヒートサイクル寿命が約400~600サイクルであり、厚さtが300 μ mの場合はヒートサイクル寿命が約200~300サイクルである。つまり厚さtが100 μ mの場合は、厚さtが200 μ mの場合および300 μ mの場合と比較すると、ダイボンド材22のヒートサイクル寿命は1桁程度向上している。これに対して、厚さtが200 μ mの場合は、厚さtが300 μ mの場合と比較すると、ダイボンド材22のヒートサイクル寿命は2倍程度しか向上していない。

[0051] よってヒートサイクル寿命を顕著に向上させる観点から、半導体素子11の厚さtは100 μ m以下であることが望ましい。他方、製造プロセスでの歩留まりを考慮すると、厚さtは50 μ m以上であることが望ましい。従って半導体素子11の厚さtの望ましい範囲は50 μ m以上100 μ m以下（即ち0.05mm以上0.1mm以下）であると言える。

[0052] 半導体素子11が冷却部材12の撓みに追従するには、半導体素子11が自身に印加される応力に耐えなければならない。そこで、次に、半導体素子11において望ましい曲げ強度の範囲について説明する。

[0053] 図7に関して説明したヒートサイクル試験を半導体素子11に対して行った場合、例えば1000サイクルのヒートサイクル試験では、100~700MPa未満の曲げ強度を有する半導体素子11では、そのチップのエッジ部分からの割れが発生した。他方、700MPa以上の曲げ強度を有する半

導体素子 11 では、かかる割れは発生しなかった。よって半導体素子 11 の曲げ強度は 700 MPa 以上であることが望ましい。

[0054] 半導体素子 11 の曲げ強度は、半導体素子 11 の製造過程およびその厚さ t に依存する。その中でも特に重要なパラメータとして半導体素子 11 のダイシング条件があげられる。図 9 および図 10 はいずれもダイシング後の半導体素子 11 の顕微鏡による断面像である。但し図 9 の試料と図 10 の試料とはダイシング条件が異なっている。

[0055] 図 9 ではエッジ部にクラック K が観察される。クラック K の存在により、曲げ強度の評価の際にこれが引き金となって割れやすくなる。よってクラック K の存在は、曲げ強度の向上という観点で望ましくない。

[0056] 図 10 ではクラックは観察されない。このような半導体素子 11 は曲げ強度の評価の際に、破壊の引き金になる要素が減少する。つまり半導体素子 11 を採用する半導体装置 101 の工作性に優れる。よって曲げ強度の向上という観点で、図 10 の試料の方が、図 9 の試料よりも望ましい。

[0057] つまり、クラックが発生しないようなダイシング条件で、ダイシングを行うことが望ましい。ダイシング条件の改善は、具体的には、ダイシングの際に使用されるブレードの種類および厚み、ダイシングテープそれ自体の種類およびダイシングテープの粘着剤の種類を適切に選定することで得られる。

[0058] 例えば、ブレードの厚みを小さくすることが望ましい。ダイシングの際に発生する余分なクラックを低減させるからである。またダイシングテープの粘着剤の粘着力を強くすることも望ましい。ブレード時に発生する応力で、その対象物（ここでは半導体素子 11）が変形するのを防止するためである。

[0059] 図 11 は、半導体素子 11 の累積故障率と曲げ強度との関係を示すグラフであり、いわゆるワイブルプロットを示す。右縦軸には半導体素子 11 の累積故障率 $F(t)$ を百分率で、左縦軸には値 $\ln(\ln(1/(1-F(t))))$ を（但し記号 \ln は自然対数を示し、記号 $F(t)$ 中の記号 t は時間を示す）、それぞれ採用した。図 11 の横軸には、半導体素子 11 の曲げ

強度を単位にMPaを採用して示した。

[0060] 但し、半導体素子11としてSiCを材料とするMOSFETを用い、厚さ t は $100\mu\text{m}$ である。曲げ強度は3点曲げ強度試験によって求めた。図11は互いに異なる第1および第2のダイシング条件で作製した半導体素子11について、それぞれ回帰線J1, J2で示している。

[0061] 第1のダイシング条件よりも第2のダイシング条件の方がブレードの厚みが小さく、かつダイシングテープの粘着剤の粘着力が強い。第1のダイシング条件で作製された半導体素子11は、回帰線J1で示される様に、曲げ強度がおよそ $100\sim 800\text{MPa}$ である。第2のダイシング条件で作製された半導体素子11は、回帰線J2で示される様に、曲げ強度がおよそ $700\sim 1100\text{MPa}$ である。このように、第1のダイシング条件よりも第2のダイシング条件の方が曲げ強度の大きな半導体素子11を得やすいことが分かる。しかも回帰線J1, J2の相違から明らかなように、第1のダイシング条件よりも第2のダイシング条件の方が曲げ強度のばらつきは小さい。

[0062] 図12は、半導体装置101において半導体素子11に印加されるその厚さ方向の応力（垂直応力）を示すグラフである。当該グラフは、CAE（コンピュータ支援設計）により行った計算結果を示す。縦軸には半導体素子11に印加される応力の値を、横軸には、半導体素子11とダイボンド材22を介して接合される絶縁基板13の線膨張係数の値を、それぞれ採用した。なお、半導体素子11の厚さ t を助変数とし、その値として、 $100\mu\text{m}$, $200\mu\text{m}$, $300\mu\text{m}$ を採用した。

[0063] 図12の計算結果から、絶縁基板13の線膨張係数に対する、半導体素子11の厚さ t のいずれにおいても、半導体素子11に印加される応力値は 400MPa 未満であることが分かる。よって、半導体素子11の曲げ強度が 400MPa 未満であれば半導体素子11に割れが生じ、これが 400MPa 以上であれば半導体素子11に不良が生じないと考えられる。

[0064] 図12の計算結果は、曲げ強度が 700MPa 以上ある半導体素子11では、ヒートサイクル試験を 1000 サイクル実施しても、割れで例示される不

良の発生がないことと整合する。

[0065] また、厚さ t が薄いほど、半導体素子 11 に印加される応力が高いことが分かる。つまり、厚さ t が薄いほど、半導体素子 11 の曲げ強度は高いことが要求される。図 7 を用いて説明したように、厚さ t が薄いほど、ダイボン ド材 22 のヒートサイクル寿命は向上する。また図 11 のグラフに関する累積故障率 $F(t)$ を得た半導体素子 11 の厚さ t は $100\mu\text{m}$ であった。従って製造ばらつきを考慮すると、半導体素子 11 の曲げ強度は 1000MPa 以上であると、より望ましい。

[0066] 図 13 は、ダイシング条件とクラック進展深さ率との関係を示すグラフである。クラック進展深さ率は、ダイシング後のチップ端面に入るクラックの大きさを示すものである。クラックの進展深さ率は、図 9 を参照して、チップ厚み L に対するクラックの深さ d の比の百分率 ($100 \times d / L$ [%]) として定義される。図 13 において「改善前」「改善後」は、それぞれ上述の第 1 のダイシング条件および第 2 のダイシング条件に対応する。

[0067] 図 13 から、第 1 のダイシング条件よりも第 2 のダイシング条件の方が、クラック進展深さ率が低いことが分かる。図 11 で強度の低下を招来した第 1 のダイシング条件ではクラックの進展深さ率は 30% を超えることが分かる。このことから強度向上を行う為には、クラックの進展深さ率を 30% 以下に抑える必要があることが分かる。

[0068] 半導体装置 101 は、半導体素子 11 の線膨張係数と、冷却部材 12 の熱膨張係数との差に起因する熱応力を、半導体素子 11 で吸収する。よって接合材 23 に発生する応力を緩和することができる。よって、熱伝導性が高く、かつ、工作性、信頼性に優れた半導体装置 101 を得ることができる。しかも半導体素子 11 の厚さの下限は半導体素子 11 の製造プロセスでの歩留まりを悪化させないので、顕著なコストの上昇もない。

[0069] <実施の形態 2>.

図 14 は、本実施形態に関する半導体装置 102 の構造を示す断面図である。半導体装置 102 は、実施の形態 1 における半導体装置 101 の構造に

対して、絶縁基板 1 3 を絶縁基板 1 4 に置換した構成を有している。その他の構成要素は半導体装置 1 0 1 と同様である。但し、半導体素子 1 1 において、半導体基体 1 1 a、配線電極 1 1 b、裏面外部出力電極 1 1 c の区別は省略した。

[0070] 絶縁基板 1 4 は、絶縁セラミックス 6 と銅板 5 1, 7 1 とアルミニウム板 5 2, 7 2 とを有する。銅板 5 1, 7 1 は銅で構成される。アルミニウム板 5 2, 7 2 はアルミニウムで構成される。

[0071] 絶縁セラミックス 6 にはアルミニウム板 5 2, 7 2 が接触して設けられ、銅板 5 1 はアルミニウム板 5 2 に、銅板 7 1 はアルミニウム板 7 2 に、それぞれ接触して設けられる。またアルミニウム板 5 2 は絶縁セラミックス 6 と銅板 5 1 とに挟まれ、アルミニウム板 7 2 は絶縁セラミックス 6 と銅板 7 1 とに挟まれる。銅板 5 1 はダイボンド材 2 2 を介して半導体素子 1 1 に、銅板 7 1 は接合材 2 3 を介して冷却部材 1 2 に、それぞれ接合される。

[0072] よって銅板 5 1 とアルミニウム板 5 2 とをまとめて、実施の形態 1 に倣って、導板 5 として把握することができる。同様に、銅板 7 1 とアルミニウム板 7 2 とをまとめて、実施の形態 1 に倣って、導板 7 として把握することができる。

[0073] このように導板 7 を、熱伝導率の高い銅と、塑性変形しやすいアルミニウムとの積層構造とすることにより、導板 7 を銅のみで構成する場合と比較して、絶縁基板 1 4 と冷却部材 1 2 との間の接合の信頼性を向上させる。これは、冷却部材 1 2 をアルミニウムで構成するときに好適である。接合材 2 3 を挟む両側の部材、即ち冷却部材 1 2 と導板 7 とに熱応力が均等化されるからである。特に、接合材 2 3 が半田で構成される場合、その効果は顕著である。

[0074] 望ましくは、アルミニウム板 7 2 が、少なくとも純度 99.5% 以上、望ましくは 99.9% 以上の純アルミニウムである。これにより、絶縁基板 1 4 の全体としての線熱膨張係数をアルミニウムの線熱膨張係数に近づけることができ、接合材 2 3 に働く応力を低減できるからである。かかる応力の低

減は、絶縁基板 1 4 と冷却部材 1 2 との間の接合の信頼性を向上させる観点で望ましい。また、絶縁基板 1 4 の全体としての線熱膨張係数をアルミニウムの線熱膨張係数に近づける観点では、アルミニウム板 5 2 も、少なくとも純度 99.5%以上、望ましくは 99.9%以上の純アルミニウムであることが望ましい。

[0075] 図 1 5 および図 1 6 は、半導体装置 1 0 2 の製造工程を順次に示す断面図である。まず図 1 5 を参照して、絶縁基板 1 4 を用意する。ここで「用意する」とは、絶縁板としての絶縁セラミックス 6 と、絶縁セラミックス 6 の両面に設けられた導板 5, 7 とを有する絶縁基板 1 4 を用意することを指し、必ずしも絶縁基板 1 4 の製造を意味しない。また図示しないが、冷却部材 1 2 も用意しておく。

[0076] 図 1 6 は、絶縁基板 1 4 上に（より具体的には銅板 5 1 上に）、ダイボンド材 2 2 を介して半導体素子 1 1 を配置する工程を示す。この後、更に絶縁基板 1 4 の、半導体素子 1 1 が配置された側とは反対側の銅板 7 1 に、接合材 2 3 を介して、冷却部材 1 2 を接合させて、図 1 4 に示された構成が得られる。

[0077] <実施の形態 3>.

図 1 7 は、本実施形態に関する半導体装置 1 0 3 の構造を示す断面図である。半導体装置 1 0 3 は、実施の形態 1 にかかる半導体装置 1 0 1 に対して、裏面外部出力電極 1 1 c および導板 5 のいずれもを、銅で構成し、ダイボンド材 2 2 を省略して実現される。つまり、裏面外部出力電極 1 1 c および導板 5 はダイボンド材 2 2 を介さずに互いに接合される。その他の構成は半導体装置 1 0 1 と同様である。

[0078] かかる構成において、裏面外部出力電極 1 1 c と導板 5 との接合が液相拡散接合または固相拡散接合により接合される。かかる態様での接合は、応力に対する耐性を向上させる。これは絶縁基板 1 3 と半導体素子 1 1 との間の接合の信頼性を向上させる。

[0079] 図 1 8 は、本実施形態に関する他の半導体装置 1 0 4 の構造を示す断面図

である。半導体装置 104 は、実施の形態 2 にかかる半導体装置 102 に対して、裏面外部出力電極 11c を銅で構成し、ダイボンド材 22 を省略して実現される。つまり、裏面外部出力電極 11c および銅板 51 は、ダイボンド材 22 を介さずに互いに接合される。その他の構成は半導体装置 102 と同様である。

[0080] かかる構成において、裏面外部出力電極 11c と銅板 51 との接合が液相拡散接合または固相拡散接合により接合される。かかる態様での接合は、応力に対する耐性を向上させる。これは絶縁基板 14 と半導体素子 11 との間の接合の信頼性を向上させる。

[0081] 例えば絶縁基板 13 の導板 5、あるいは絶縁基板 14 の銅板 51 を、いわゆる Direct Bonded Copper と称される手法を用いて形成した場合、半導体素子 11 と絶縁基板 13 とを、あるいは半導体素子 11 と絶縁基板 14 とを、固相拡散接合もしくは液相拡散接合により接合できる。

[0082] もちろん、裏面外部出力電極 11c および導板 5 のいずれもを銅で構成しつつ、ダイボンド材 22 を介して半導体素子 11 と絶縁基板 13 とを接合することも可能である。導板 7 も銅で構成してもよい。

[0083] <実施の形態 4>.

図 19 は、本実施形態に関する半導体装置 105 の構造を示す断面図である。半導体装置 105 は、実施の形態 1 で説明された半導体装置 101 に対して、リード 3、接合材 4 および封止樹脂 17 を追加した構成を有する。但し、本実施の形態では冷却部材 12 には、放熱フィン 12a を有する形状が採用されている。また、半導体素子 11 において、半導体基体 11a、配線電極 11b、裏面外部出力電極 11c の区別は省略した。

[0084] 接合材 4 は、ダイボンド材 22 とは反対側で半導体素子 11 に（つまり第 1 主面に）接合され、リード 3 は接合材 4 を介して半導体素子 11 に接合される。封止樹脂 17 は、冷却部材 12 上に設けられ、リード 3、接合材 4、半導体素子 11、絶縁基板 13、ダイボンド材 22、接合材 23 を封止する。

[0085] このような構成の半導体装置105は、半導体素子11の基材にSiCを採用して175℃を超える温度下で動作させることが可能である。また、半導体素子11と冷却部材12との間の熱抵抗が低減されるので、半導体装置105を小型化でき、汎用性が拡大する。これは例えば、当該半導体装置105を用いてインバータを構成する場合、当該インバータの小型化に資する。

[0086] 図20から図22は、本実施形態に関する半導体装置105の製造工程を順次に示す断面図である。まず導板5、7と絶縁セラミックス6とが予め一体化した絶縁基板13を用意する。そしてダイボンド材22を介して、半導体素子11の第2主面側を導板5に接合する（図20参照）。そして接合材23を介して、導板7に冷却部材12を接合する（図21参照）。そして接合材4を半導体素子11の第1主面側に接合し、更に接合材4に対して半導体素子11とは反対側からリード3を接合材4に接合する（図22参照）。更に封止樹脂17を設ける。このような製造工程により図14に示された構成が得られる。換言すれば、かかる製造工程は半導体装置105の実現に資する。

[0087] なお、本発明はその発明の範囲内において、各実施の形態を自由に組み合わせたり、各実施の形態の任意の構成要素を適宜に変形したり、各実施の形態において任意の構成要素を省略したりすることが可能である。

[0088] 上記の実施の形態では、各構成要素の材質、材料、実施の条件等についても記載しているが、これらは例示であって記載したものに限られるものではない。

[0089] この発明は詳細に説明されたが、上記した説明は、すべての局面において、例示であって、この発明がそれに限定されるものではない。例示されていない無数の変形例が、この発明の範囲から外れることなく想定され得るものと解される。

符号の説明

[0090] 3 リード、4、23 接合材、5、7 導板、6 絶縁セラミックス、

11 半導体素子、11a 半導体基体、12 冷却部材、13, 14 絶縁基板、17 封止樹脂、22 ダイボンド材、51, 71 銅板、52, 72 アルミニウム板、101~105 半導体装置。

請求の範囲

- [請求項1] 絶縁板（6）と、前記絶縁板の一方の面に設けられた第1の導板（5）と、前記絶縁板の他方の面に設けられた第2の導板（7）とを有する絶縁基板（13, 14）と、
焼結金属（22）と、
前記焼結金属を介して前記第1の導板上に設けられた曲げ強度700MPa以上、厚さ0.05mm以上0.1mm以下である半導体素子（11）と、
接合材（23）と、
前記接合材を介して前記第2の導板に接合された冷却部材（12）と
を備える半導体装置（101～105）。
- [請求項2] 前記半導体素子（11）の曲げ強度は1000MPa以上である、請求項1に記載の半導体装置（101～105）。
- [請求項3] 絶縁板（6）と、前記絶縁板の一方の面に設けられた第1の導板（5）と、前記絶縁板の他方の面に設けられた第2の導板（7）とを有する絶縁基板（13, 14）と、
焼結金属（22）と、
前記焼結金属を介して前記第1の導板上に設けられたチップ厚みの30%以下のクラック進展深さ率を有し、厚さ0.05mm以上0.1mm以下である半導体素子（11）と、
接合材（23）と、
前記接合材を介して前記第2の導板に接合された冷却部材（12）とを備える半導体装置（101～105）。
- [請求項4] 前記焼結金属（22）の厚さは3 μ m以上100 μ m以下である、請求項1または請求項3に記載の半導体装置（101～105）。
- [請求項5] 前記絶縁板（6）は、窒化珪素、窒化アルミニウムまたはアルミナで構成される、請求項1または請求項3に記載の半導体装置（101

～105)。

[請求項6] 前記第2の導板(7)が、銅または銅合金(71)と、アルミニウムまたはアルミニウム合金(72)との積層構造を有する、請求項1または請求項3に記載の半導体装置(102)。

[請求項7] 前記冷却部材(12)が、アルミニウム又はアルミニウム合金で構成される、請求項6に記載の半導体装置(102)。

[請求項8] 前記半導体素子(11)はSiCを基材とする半導体基体(11a)を有する、請求項1から請求項7のいずれか一つに記載の半導体装置。

[請求項9] (a) 絶縁板(6)と、前記絶縁板の一方の面に設けられた第1の導板(5)と、前記絶縁板の他方の面に設けられた第2の導板(7)とを有する絶縁基板(13)を用意する工程と、

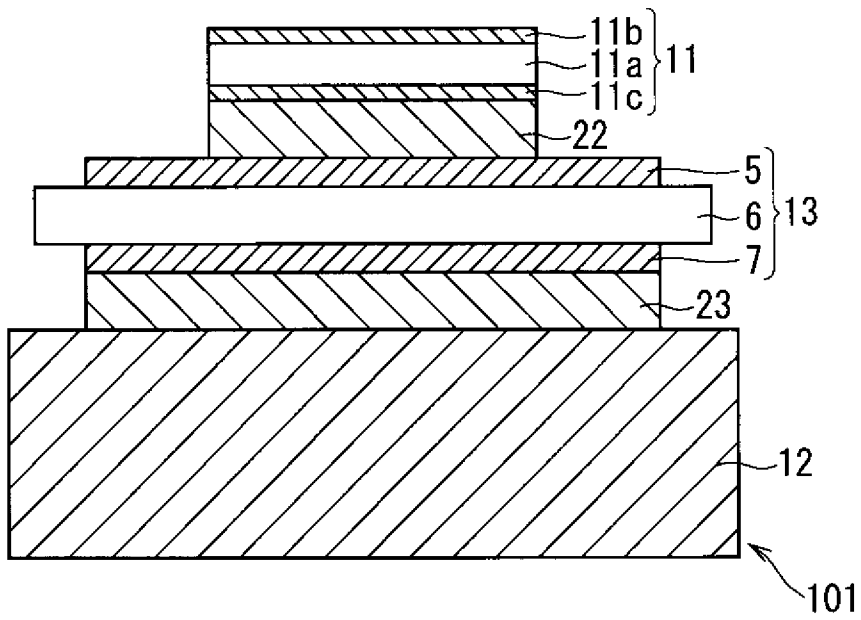
(b) 前記第1の導板に、焼結金属(22)を介して半導体素子(11)を設ける工程と、

(c) 前記第2の導板に、第1の接合材(23)を介して冷却部材(12)を接合させる工程と、
を備える半導体装置の製造方法。

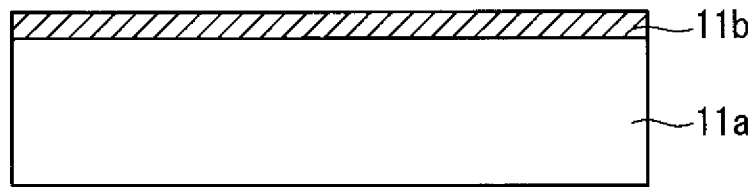
[請求項10] (d) 前記半導体素子(11)の、前記焼結金属(22)とは反対側に第2の接合材(4)を介してリード(3)を接合する工程と、

(e) 前記半導体素子と前記絶縁基板(13)と前記リードとを封止樹脂(17)で封止する工程と
をさらに備える、請求項9に記載の半導体装置の製造方法。

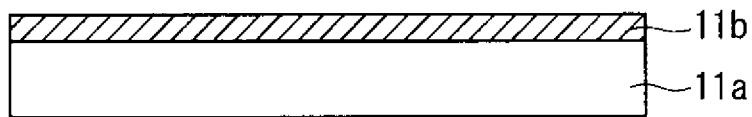
[図1]



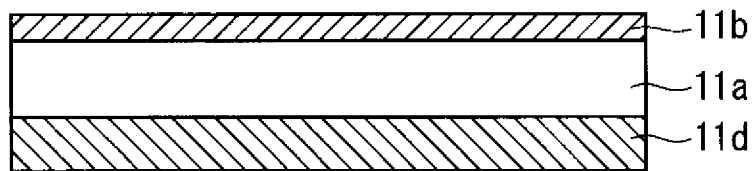
[図2]



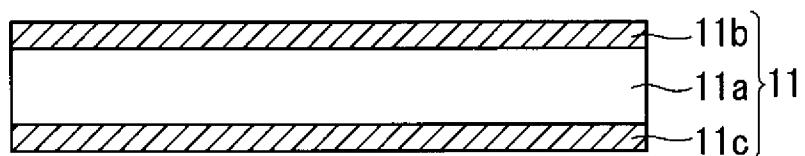
[図3]



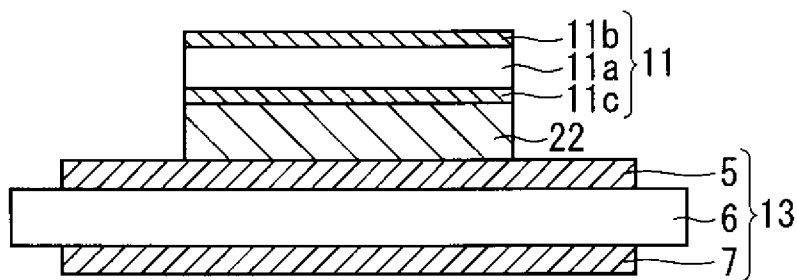
[図4]



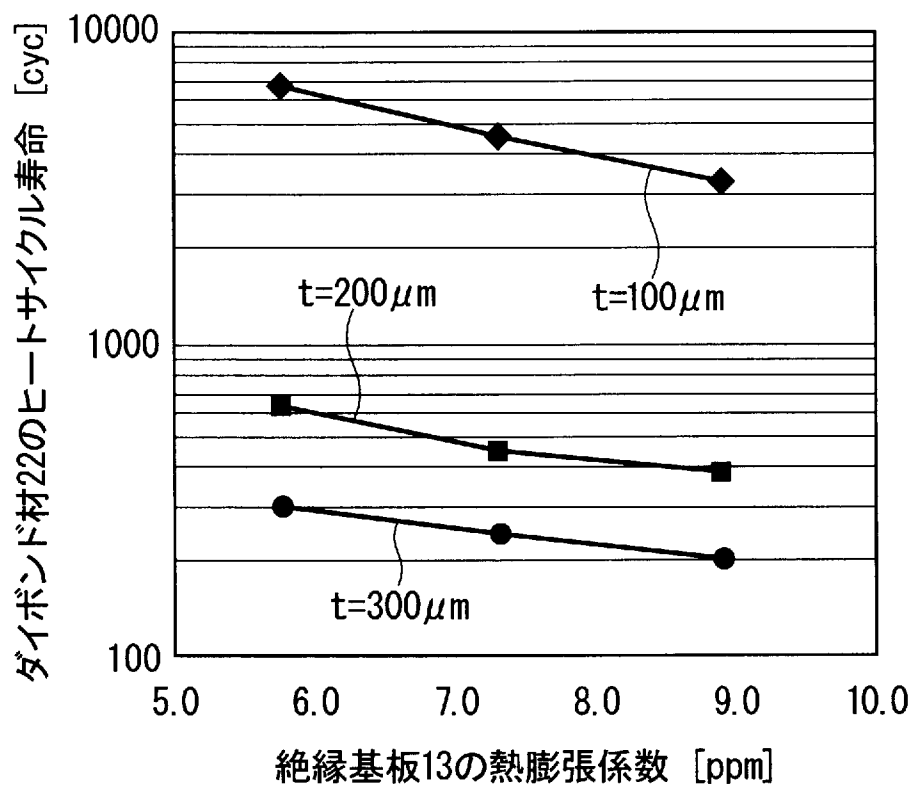
[図5]



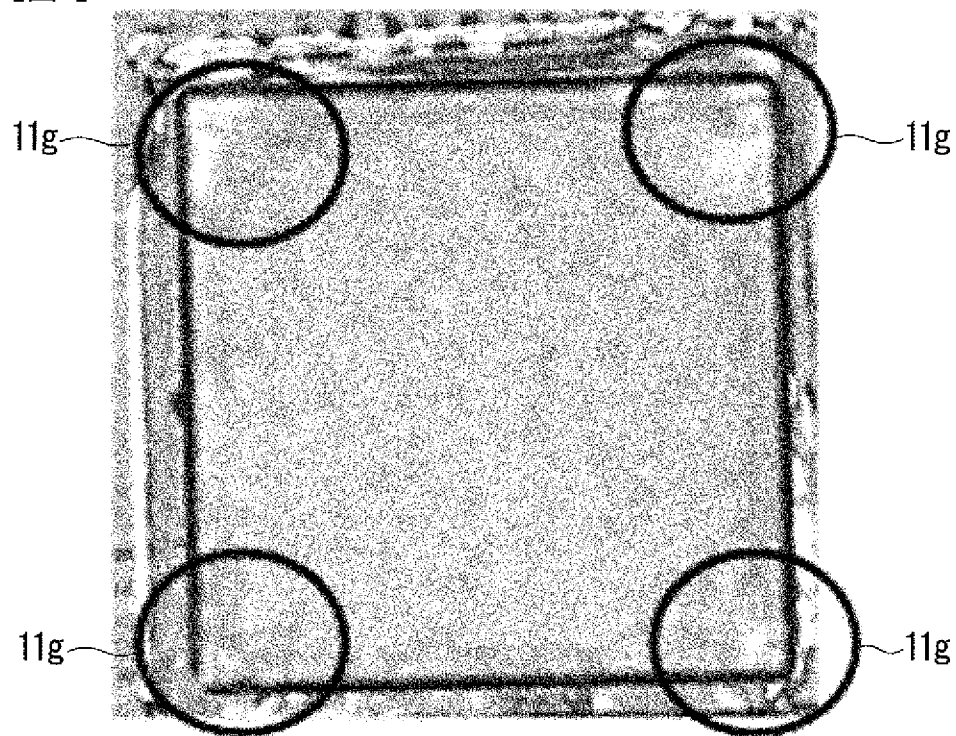
[図6]



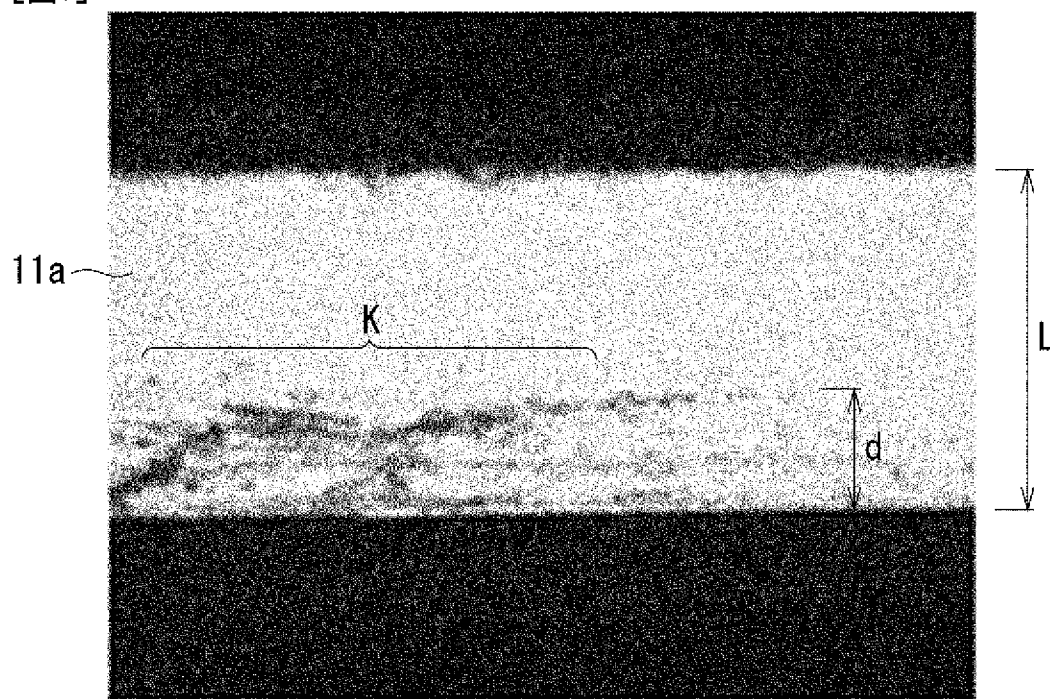
[図7]



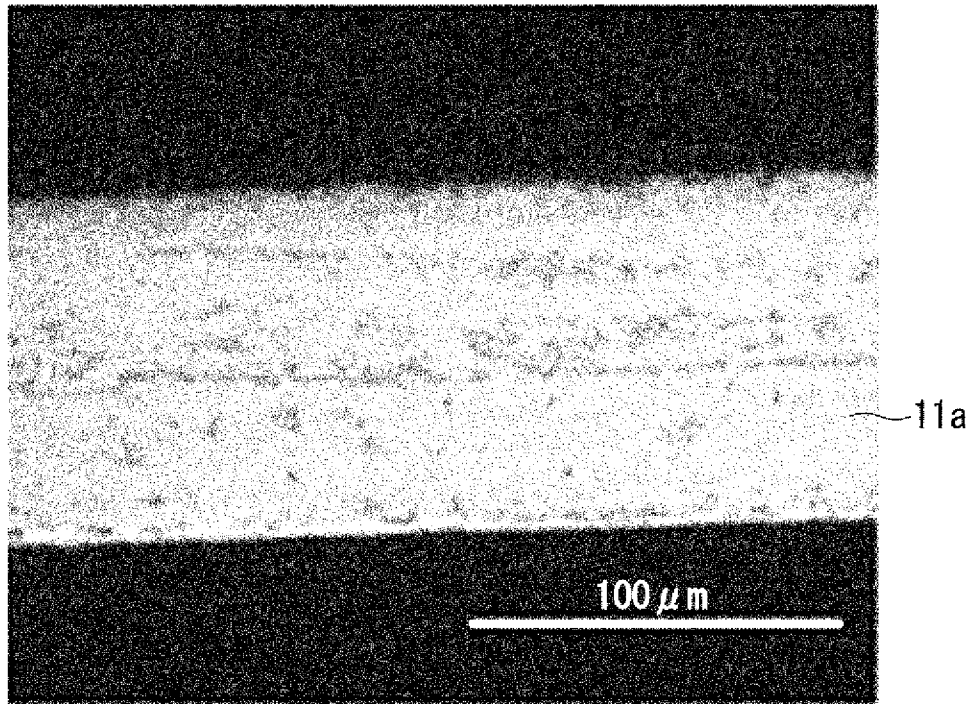
[図8]



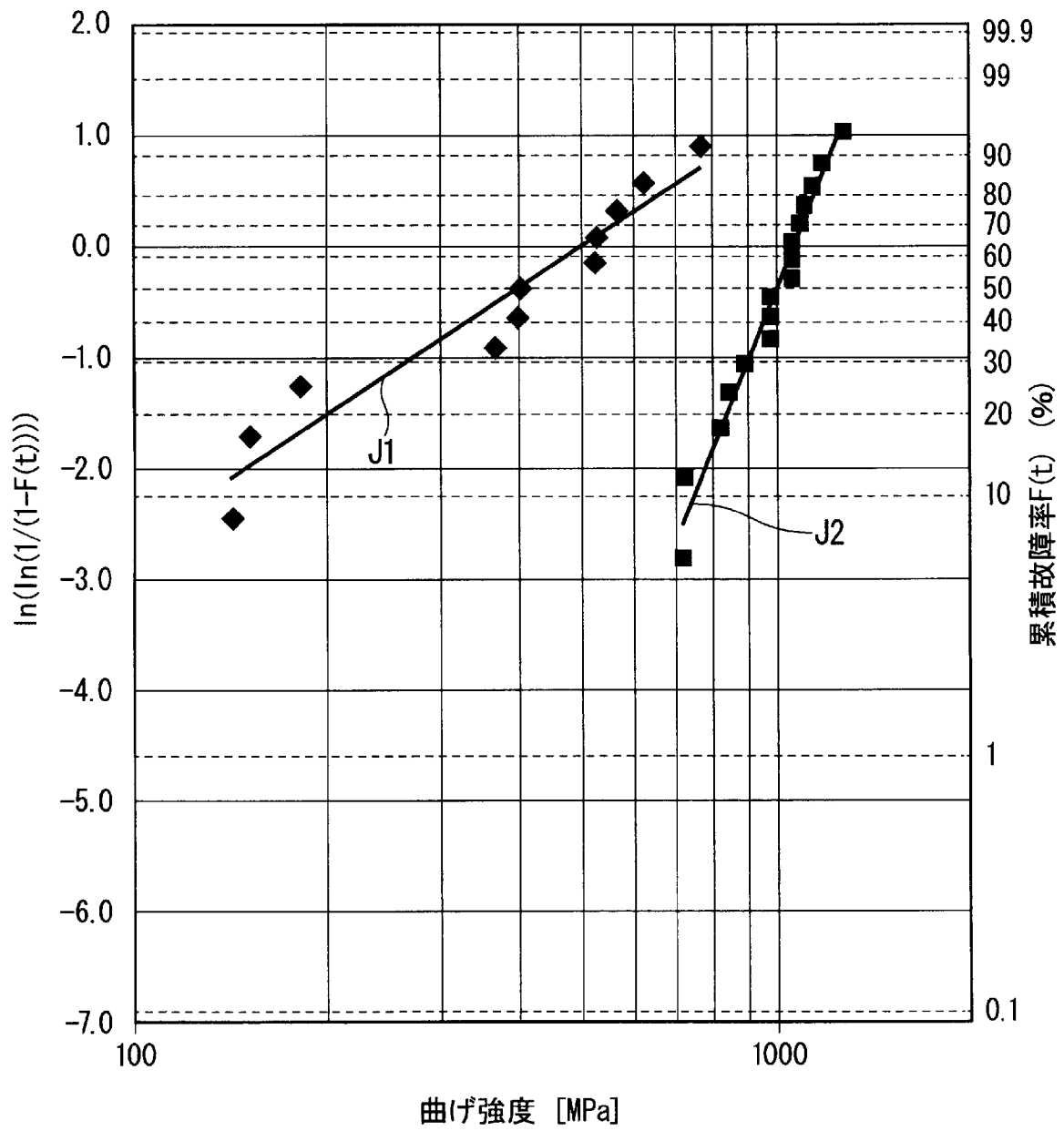
[図9]



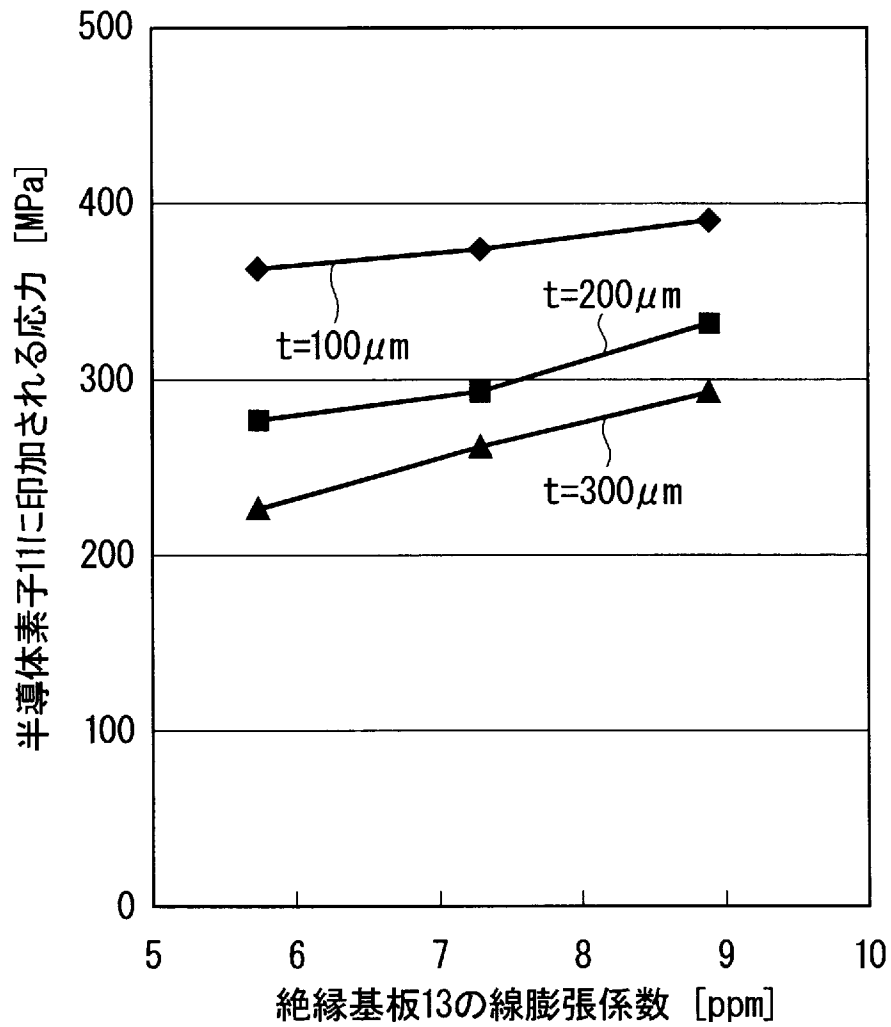
[図10]



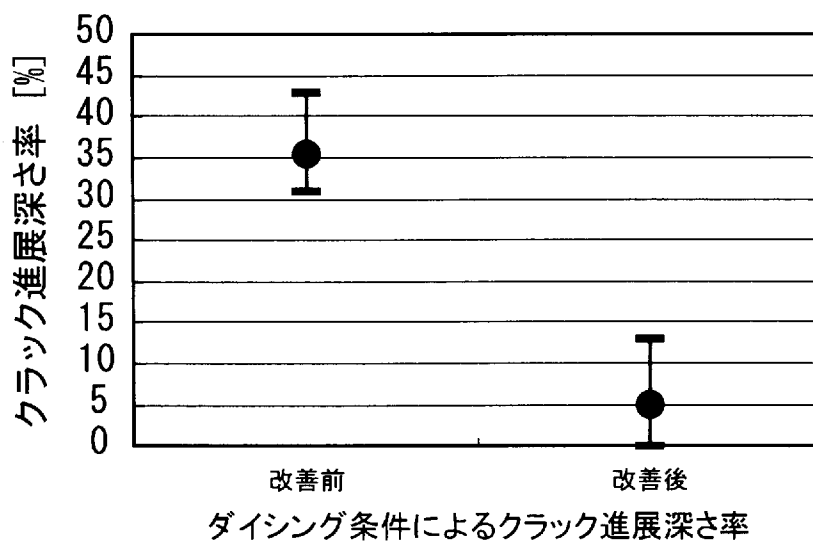
[図11]



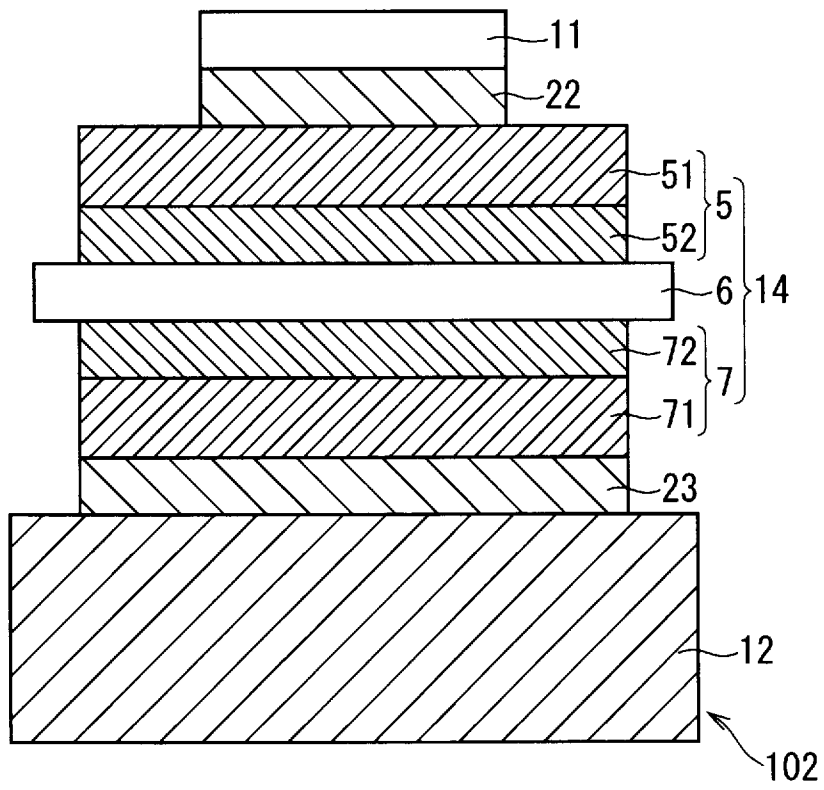
[図12]



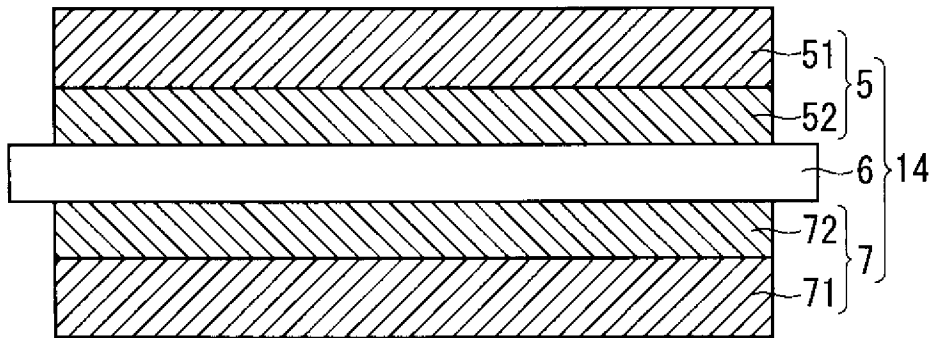
[図13]



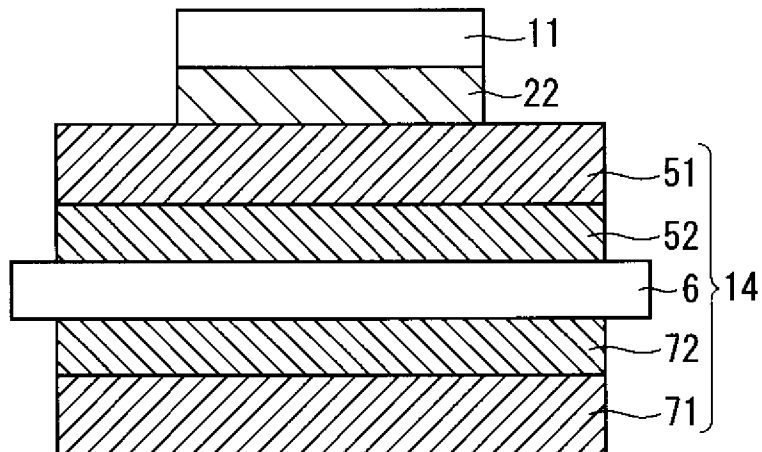
[図14]



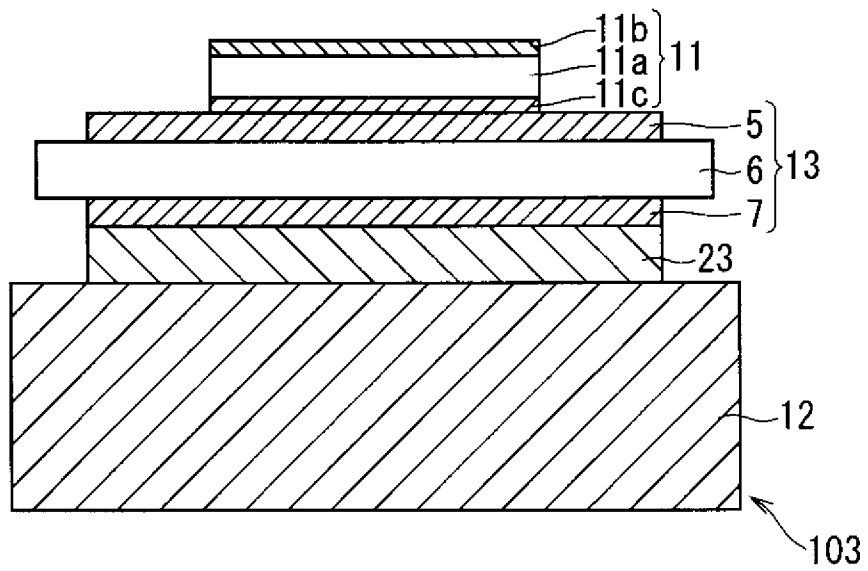
[図15]



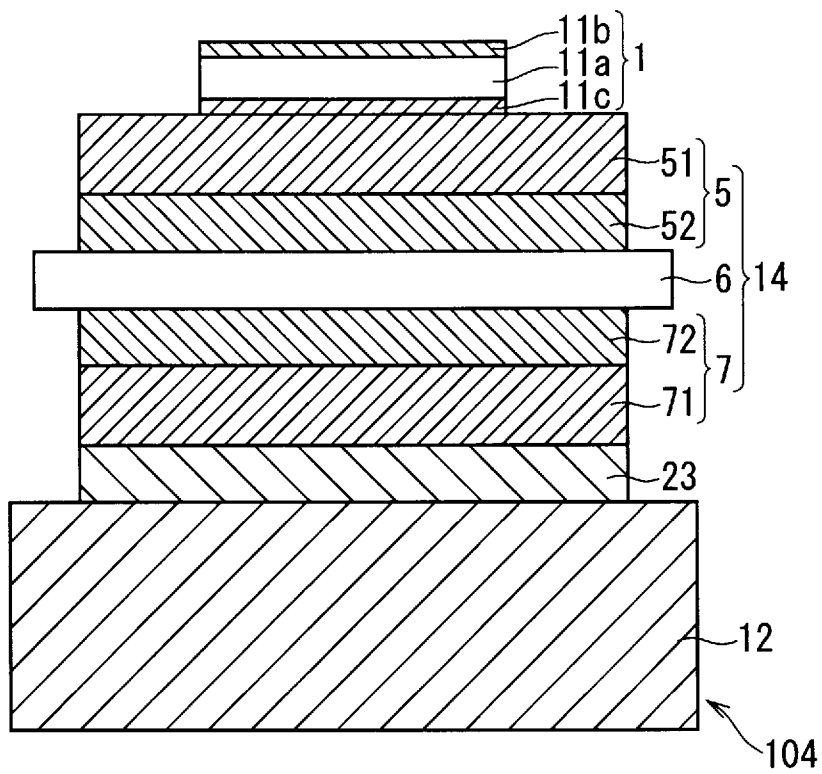
[図16]



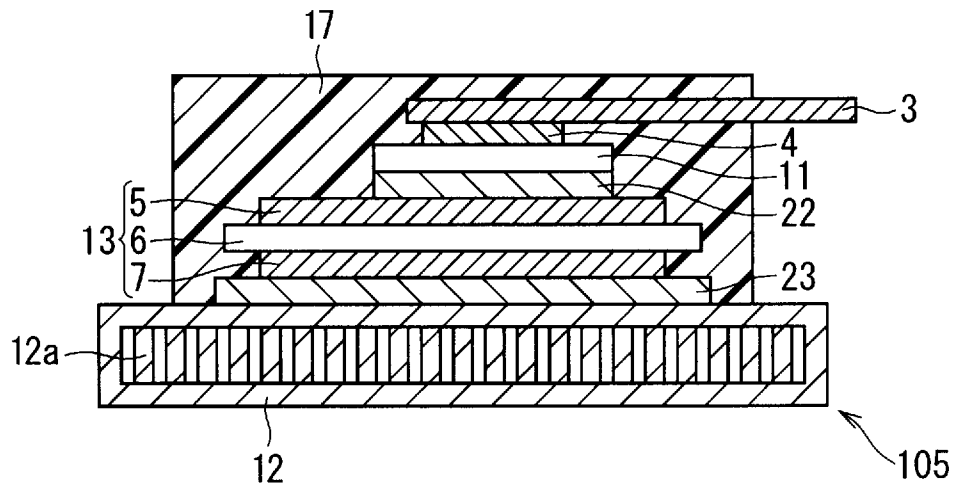
[図17]



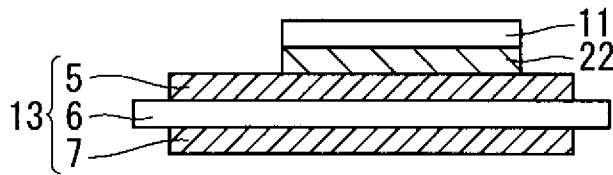
[図18]



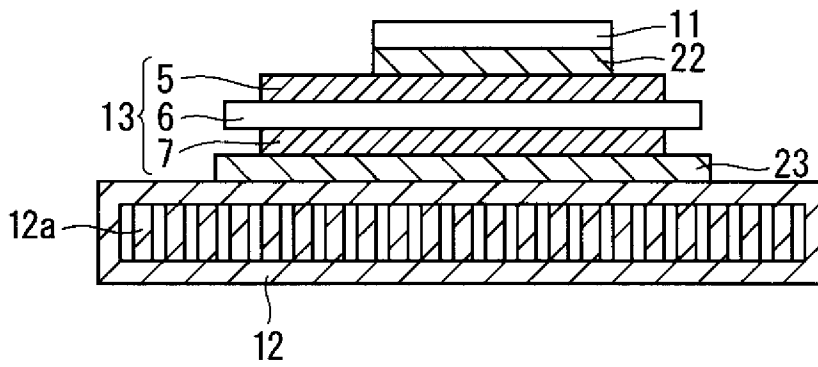
[図19]



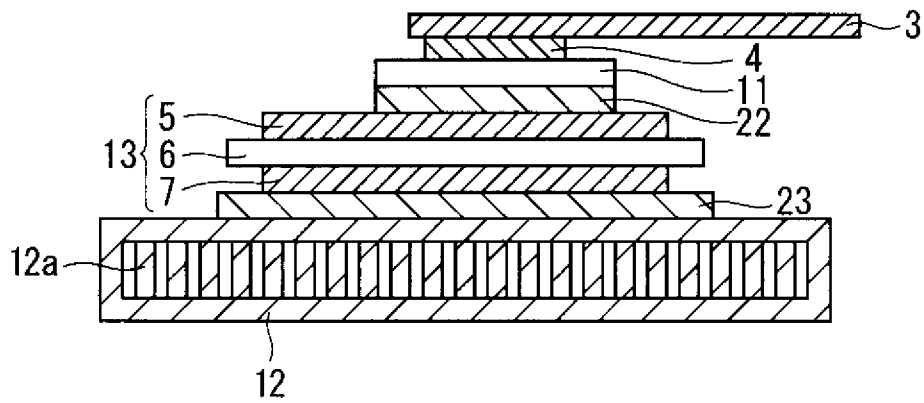
[図20]



[図21]



[図22]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2016/082199

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H01L25/07(2006.01)i, H01L21/52(2006.01)i, H01L23/40(2006.01)i, H01L25/18(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
H01L25/07, H01L21/52, H01L23/40, H01L25/18

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2016
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 A	JP 2013-207116 A (Mitsubishi Materials Corp.), 07 October 2013 (07.10.2013), paragraphs [0011], [0021] to [0031], [0083] to [0087]; fig. 1, 2 (Family: none)	1, 2, 4-10 3
Y A	JP 2001-230224 A (Sharp Corp.), 24 August 2001 (24.08.2001), paragraphs [0015] to [0049]; fig. 1 to 4 & US 2001/0033016 A1 paragraphs [0029] to [0056]; fig. 1 to 4 & US 2006/0249853 A1	1, 2, 4-8 3

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 09 December 2016 (09.12.16)	Date of mailing of the international search report 20 December 2016 (20.12.16)
--	---

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/JP2016/082199

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2015-15412 A (Fuji Electric Co., Ltd.), 22 January 2015 (22.01.2015), paragraphs [0009] to [0034], [0064] to [0066]; fig. 1, 2 (Family: none)	1, 2, 4-8 3
Y A	JP 2013-168431 A (Mitsubishi Materials Corp.), 29 August 2013 (29.08.2013), paragraphs [0026], [0055] to [0058]; fig. 1, 6 & US 2015/0035137 A1 paragraphs [0069], [0149] to [0156]; fig. 1, 6 & WO 2013/122126 A1 & EP 2816593 A1 & CN 104126226 A & KR 10-2014-0127250 A	1, 2, 4-10 3
Y A	JP 2015-170785 A (Mitsubishi Electric Corp.), 28 September 2015 (28.09.2015), paragraphs [0012] to [0020]; fig. 1 (Family: none)	10 3
A	JP 2004-140179 A (Toshiba Corp.), 13 May 2004 (13.05.2004), paragraphs [0015] to [0044]; fig. 1 to 12 & US 2004/0130004 A1 paragraphs [0030] to [0066]; fig. 1 to 12 & US 2005/0029628 A1	1-10

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H01L25/07(2006.01)i, H01L21/52(2006.01)i, H01L23/40(2006.01)i, H01L25/18(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H01L25/07, H01L21/52, H01L23/40, H01L25/18

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016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 A	JP 2013-207116 A (三菱マテリアル株式会社) 2013.10.07, [0011],[0021]-[0031],[0083]-[0087],第1,2図 (ファミリーなし)	1,2,4-10 3
Y A	JP 2001-230224 A (シャープ株式会社) 2001.08.24, [0015]-[0049], 第1-4図 & US 2001/0033016 A1, [0029]-[0056], FIG. 1-4 & US 2006/0249853 A1	1,2,4-8 3
Y A	JP 2015-15412 A (富士電機株式会社) 2015.01.22, [0009]-[0034],[0064]-[0066],第1,2図 (ファミリーなし)	1,2,4-8 3

☑ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

09.12.2016

国際調査報告の発送日

20.12.2016

国際調査機関の名称及びあて先
 日本国特許庁 (ISA/J P)
 郵便番号 100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

秋山 直人

電話番号 03-3581-1101 内線 3551

5D

5893

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 A	JP 2013-168431 A (三菱マテリアル株式会社) 2013.08.29, [0026], [0055]-[0058], 第 1, 6 図 & US 2015/0035137 A1, [0069], [0149]-[0156], FIG. 1, 6 & WO 2013/122126 A1 & EP 2816593 A1 & CN 104126226 A & KR 10-2014-0127250 A	1, 2, 4-10 3
Y A	JP 2015-170785 A (三菱電機株式会社) 2015.09.28, [0012]-[0020], 第 1 図 (ファミリーなし)	10 3
A	JP 2004-140179 A (株式会社東芝) 2004.05.13, [0015]-[0044], 第 1-12 図 & US 2004/0130004 A1, [0030]-[0066], FIG. 1-12 & US 2005/0029628 A1	1-10