

(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
2013年10月3日(03.10.2013)



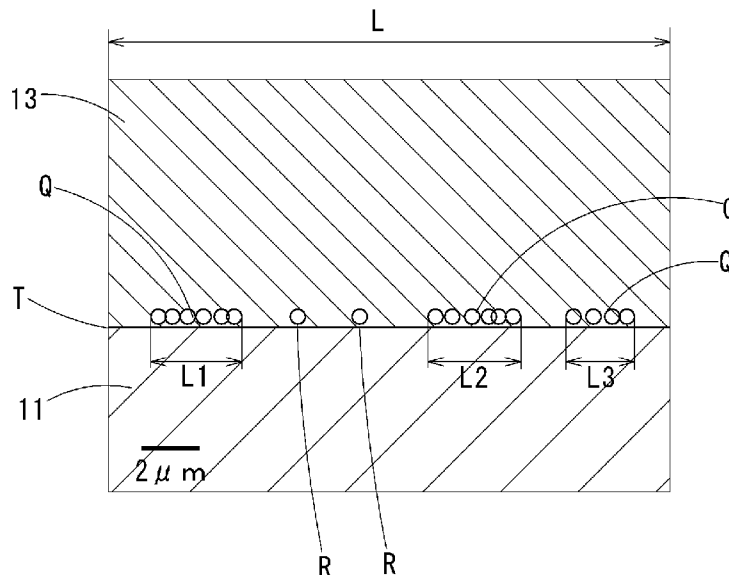
(10) 国際公開番号
WO 2013/146881 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 23/13 (2006.01) H05K 1/02 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/059001
- (22) 国際出願日: 2013年3月27日(27.03.2013)
- (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 2012-077401 2012年3月29日(29.03.2012) JP
- (71) 出願人: 三菱マテリアル株式会社 (MITSUBISHI MATERIALS CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008117 東京都千代田区大手町一丁目3-2 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 長瀬 敏之 (NAGASE, Toshiyuki); 〒3640022 埼玉県北本市下石戸上1975-2 三菱マテリアル株式会社 中央研究所内 Saitama (JP). 北原 文嗣 (KITAHARA, Takeshi); 〒4101312 静岡県駿東郡小山町菅沼1400 三菱マテリアル株式会社内 Shizuoka (JP). 村中 亮 (MUR-ANAKA, Ryo); 〒3640022 埼玉県北本市下石戸上1975-2 三菱マテリアル株式会社 中央研究所内 Saitama (JP).
- (74) 代理人: 青山 正和 (AOYAMA, Masakazu); 〒1010045 東京都千代田区神田鍛冶町3-3-9 共同ビル(新千代田)3階 青陽特許事務所 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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, 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, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: SUBSTRATE FOR POWER MODULE AND MANUFACTURING METHOD THEREFOR

(54) 発明の名称: パワーモジュール用基板及びその製造方法



(57) Abstract: Provided is a substrate for a power module, that reduces micro voids in joint sections and prevents detachment, and a manufacturing method therefor. In the present invention, a metal plate made of aluminum or an aluminum alloy is joined to at least one face of a ceramic substrate by brazing. When a cross-section of the metal plate within a region 200μm wide from the side edge of the metal plate and within a depth of 5μm from the joining interface between the metal plate and the ceramic substrate is observed at 3000x magnification with a scanning electron microscope, the total length of consecutive residual oxide that is present consecutively for 2μm or more along the joining interface is 70% or less relative to the viewing length.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2013/146881 A1



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

接合部の微小ボイドを少なくして、剥離の発生を防止したパワーモジュール用基板及びその製造方法を提供する。セラミックス基板の少なくとも一方の面にアルミニウム又はアルミニウム合金からなる金属板をろう付けにより接合してなり、金属板の側縁から 200 μm の幅の領域内で金属板とセラミックス基板との接合界面から 5 μm の深さの範囲内の金属板の断面を走査型電子顕微鏡により倍率 3000 倍の視野で観察した際に、接合界面に沿って 2 μm 以上連続して存在する連続残留酸化物の合計長さが、視野の長さに対して 70% 以下である。

明 細 書

発明の名称：パワーモジュール用基板及びその製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、大電流、高電圧を制御するパワーモジュールを構成するパワーモジュール用基板及びその製造方法に関する。

本願は、2012年3月29日に日本国に出願された特願2012-077401号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] 従来、大電流、高電圧を制御する半導体装置として、半導体チップ等の電子部品をパワーモジュール用基板上に搭載した構成のパワーモジュールが知られている。パワーモジュールを製造する方法として、例えば、特許文献1および特許文献2に記載された方法が知られている。これらの製造方法では、まずセラミックス基板の一方の面にろう材を介して回路層となる金属板を積層し、セラミックス基板の他方の面にろう材を介して放熱層となる金属板を積層して、これらを積層方向に加圧するとともに加熱し、セラミックス基板と各金属板とを接合し、パワーモジュール用基板を製造する。次いで、放熱層の、セラミックス基板が接合されている面とは反対側の面に、ろう材を介してヒートシンクの天板部を積層し、この積層方向に加圧するとともに加熱して放熱層とヒートシンクとを接合することにより、ヒートシンク付パワーモジュール用基板が製造される。

[0003] このヒートシンクとパワーモジュール用基板の金属板との間の接合方法としては、真空ろう付け、はんだ付け、ねじ止め、フラックスを用いたろう付け法などが適用される。

特許文献3では、ヒートシンクの天板とパワーモジュール用基板の金属板との接合方法として、フラックスを塗布したろう付け法が記載されている。このろう付け法は、フッ化物系のフラックスをろう材面に塗布してろう材面の酸化物を除去し、非酸化性雰囲気中で加熱して接合するろう付け法であり

、高価な設備が不要で、比較的容易に安定したろう付けが可能である。

先行技術文献

特許文献

- [0004] 特許文献1：特開2007-311527号公報
特許文献2：特開2002-009212号公報
特許文献3：特開2009-105166号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0005] このようなパワーモジュール用基板において、セラミックス基板と金属板とのろう付け接合部に微小なボイドが生じる場合があり、この微小ボイドが生じた状態でパワーモジュール用基板とヒートシンクとを接合すると、セラミックス基板と金属板との接合界面で剥離が生じるおそれがある。特に、特許文献3記載のようなフラックスを用いたろう付け法によりヒートシンクを接合する場合に顕著になる。
- [0006] 本発明は、このような事情に鑑みてなされたもので、接合部の微小ボイドを少なくして、剥離の発生を防止したパワーモジュール用基板及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

- [0007] 本発明者は、セラミックス基板と金属板との接合部に生じる微小ボイドの低減について鋭意研究した結果、セラミックス基板と接合する前の金属板表面に酸化物が付着している場合、この酸化物が接合部に残留することにより、酸化物に付属するように微小ボイドが発生することを見出した。したがって、この接合部に残留する酸化物を少なくすれば、微小ボイドも低減することができると考えた。ただし、この酸化物がセラミックス基板と金属板との接合部に分散し、わずかずつ点在するだけの状態である場合には剥離にまでは至らないが、接合部の端部に特定の大きさで残留する酸化物があると、剥離の原因になることがわかった。そして、その接合部の端部に残留する酸化

物は、セラミックス基板と金属板とのろう付け時に溶融したろう材とともに流動して端部に集まることにより生じ易くなることを見出した。

本発明は、かかる知見の下、以下の解決手段とした。

[0008] すなわち、本発明のパワーモジュール用基板は、セラミックス基板の少なくとも一方の面にアルミニウム又はアルミニウム合金からなる金属板をろう付けにより接合してなり、前記金属板の側縁から $200\mu\text{m}$ の幅の領域内で前記金属板と前記セラミックス基板との接合界面から $5\mu\text{m}$ の深さの範囲内の前記金属板の断面を走査型電子顕微鏡により倍率 3000 倍の視野で観察した際に、前記接合界面に沿って $2\mu\text{m}$ 以上連続して存在する連続残留酸化物の合計長さが、前記視野の長さに対して 70% 以下であることを特徴とする。

連続残留酸化物とは、接合界面に沿って存在する残留酸化物のうち、長さが $2\mu\text{m}$ 以上有するものとし、 $2\mu\text{m}$ 以上の長さの残留酸化物が観察視野内に複数存在する場合は、それらの合計の長さが観察視野の長さの 70% 以下とされる。長さが $2\mu\text{m}$ 未満の残留酸化物であっても、隣合う残留酸化物間の距離が $1\mu\text{m}$ 以下の場合は連続しているとみなす。

この接合部の端部に連続残留酸化物が観察視野の長さの 70% を超えて存在すると、その金属板とヒートシンクとの接合時にセラミックス基板と金属板との接合界面において、金属板の端部で剥離が生じるおそれがある。

[0009] 本発明のパワーモジュール用基板の製造方法は、セラミックス基板の少なくとも一方の面にアルミニウム又はアルミニウム合金からなる金属板をろう付けにより接合してパワーモジュール用基板を製造する方法であって、前記セラミックス基板と接合する前の金属板として、電子線マイクロアナライザを用いて加速電圧 10kV 、電流 100mA 、ビーム径 $100\mu\text{m}$ で測定した酸素カウント量から分析した酸素濃度が 1.5 質量%以下であり、厚さ方向のX線電子分光分析により測定した酸化物厚さが 35\AA 以下であるものを用いることを特徴とする。

セラミックス基板と接合する前の金属板として、その酸素濃度及び酸化物

厚さが上記測定値内のものを用いることにより、接合後の連続残留酸化物を低減して微小ボイドの発生を抑制することができる。

[0010] 本発明のパワーモジュール用基板の製造方法において、前記金属板を前記セラミックス基板に接合する前に、前記金属板の表面層を $1.3\ \mu\text{m}$ 以上除去することを特徴とする。

金属板の酸化物としては一般には金属板表面に形成される酸化膜が想定される。しかし、この酸化膜を単純に除去するだけでは接合部の残留酸化物は消滅しない。本発明者は、この酸化膜以外に付着する酸化物について調査研究したところ、金属板の圧延時の磨耗粉等が金属板表面に埋まり込んでおり、この磨耗粉等の酸化物が接合部に残留していることを見出した。この磨耗粉等は、金属板表面の酸化膜に比べて粗大であることから、これを除去するためには、表面層を $1.3\ \mu\text{m}$ 以上除去することが必要である。その除去方法としてはエッチング処理が好適であるが、ブラスト処理や、ブラスト処理とエッチング処理とを併用するものであってもよい。

[0011] 本発明の製造方法において、前記セラミックス基板に接合する前の金属板表面の算術平均粗さ R_a が $0.05\ \mu\text{m}$ 以上 $0.30\ \mu\text{m}$ 以下であるとよい。

金属板の表面に生じる微細な凹凸により酸化物が分断されるとともに、ろう付け時に溶融したろう材も分断して接合面内を等方的に流動し、その結果、酸化物が特定の端部に集中することが抑制され、 $2\ \mu\text{m}$ 以上連続して存在する連続残留酸化物を低減することができる。

本発明の製造方法において、前記算術平均粗さ R_a は、前記金属板の圧延方向の算術平均粗さとその直角方向の算術平均粗さとの差が $0.10\ \mu\text{m}$ 以下であるとよい。

金属板の表面状態がより等方的になるので、剥離の異方性が低減し、剥離率の低減効果をより向上させることができる。

発明の効果

[0012] 本発明のパワーモジュール用基板及びその製造方法によれば、セラミック

ス基板と金属板との接合部内の微小ボイドを低減して、金属板の端部の剥離の発生を防止することができ、接合信頼性を高めることができる。

図面の簡単な説明

- [0013] [図1]本発明に係るパワーモジュールの全体構成を示す縦断面図である。
- [図2]セラミックス基板と金属板との接合部の要部を模式化して示す拡大縦断面図である。
- [図3]パワーモジュール用基板のろう付け時の積層状態を示す正面図である。
- [図4]剥がれ長さを説明するための金属板の平面図である。
- [図5]比較例6の接合部を示すSEM断面写真である。

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、図面を参照しながら説明する。図1は、本発明に係るパワーモジュール用基板10を用いたパワーモジュール100を示している。このパワーモジュール100は、パワーモジュール用基板10と、パワーモジュール用基板10の表面に搭載された半導体チップ等の電子部品20と、この電子部品20とは反対面でパワーモジュール用基板10に接合されたヒートシンク30とから構成される。
- [0015] パワーモジュール用基板10は、セラミックス基板11と、セラミックス基板11の両面に積層された金属板12、13とを備える。このパワーモジュール用基板10において、セラミックス基板11の一方の表面に積層された金属板12は回路層となり、その表面に電子部品20がはんだ付けされる。また、他方の金属板13は放熱層とされ、その表面にヒートシンク30が取り付けられる。
- [0016] セラミックス基板11は、AlN（窒化アルミニウム）により形成され、その厚さは例えば635 μ mである。
- [0017] 金属板12、13は、いずれも純度99質量%以上のアルミニウムが用いられ、JIS規格では、1000番台のアルミニウム、特に1N90（純度99.9質量%以上：いわゆる3Nアルミニウム）または1N99（純度99.99質量%以上：いわゆる4Nアルミニウム）を用いることができる。

また、JIS A3003, A6063などのアルミニウム合金を用いることもできる。金属板12, 13は、例えば一辺が30mmの四角形平板状に設けられている。

[0018] このパワーモジュール用基板10においては、放熱層となる金属板13に熱サイクル時のセラミックス基板11とヒートシンク30との間の熱伸縮差に対する緩衝機能を持たせたるため、回路層となる金属板12よりも肉厚に形成されたものを用いている。例えば、金属板12の厚さは600 μ m、金属板13の厚さは1600 μ mである。また、放熱層となる金属板13には、純度の高いアルミニウム（例えば1N99）を用いるのが好ましい。

[0019] そして、これら金属板12, 13とセラミックス基板11とは、ろう付けにより接合されている。ろう材としては、Al-Si系、Al-Ge系、Al-Cu系、Al-Mg系またはAl-Mn系等の合金が使用される。

この場合、金属板12, 13とセラミックス基板11との接合部は、金属板12, 13の側縁から200 μ mの幅の領域内で金属板13とセラミックス基板11との接合界面から5 μ mの深さの範囲内の金属板12, 13の断面（上記幅を横断する方向の断面）を走査型電子顕微鏡（SEM）により倍率3000倍の視野で観察した際に、接合界面に沿って2 μ m以上連続して存在する連続残留酸化物の合計長さが、視野の長さに対して70%以下とされる。

この連続残留酸化物とは、接合界面に沿って存在する残留酸化物のうち、長さが2 μ m以上有するものとし、2 μ m以上の長さの残留酸化物が観察視野内に複数存在する場合は、それらの合計の長さが観察視野の長さの70%以下とされる。長さが2 μ m未満の残留酸化物であっても、隣合う残留酸化物間の距離が1 μ m以下の場合は連続しているとみなす。

[0020] 図2に示すセラミックス基板11と金属板13との断面図により説明すると、セラミックス基板11と金属板13との接合界面Tに沿って残留酸化物が存在する場合、2 μ m以上連続するものを連続残留酸化物Qとし、相互間隔が1 μ m以上離間して存在する酸化物を単独の酸化物Rとし、連続残留酸

化物Qの長さのみを合計して連続残留酸化物の長さ ($L_1 + L_2 + L_3$) とする。SEMによる観察視野の長さがLである場合、連続残留酸化物の長さは観察視野の長さに対して $(L_1 + L_2 + L_3) / L$ の比率 (百分率) で存在していることになる。

[0021] ヒートシンク30は、その形状等は特に限定されないが、熱伝導が良好な材質、例えばA3000台のアルミニウム合金により形成され、冷却媒体 (例えば冷却水) を流通させるための複数の流路30aが形成されている。このヒートシンク30とパワーモジュール用基板10の放熱層となる金属板13とはろう付けにより接合され、ろう材としては、Al-Si系、Al-Ge系、Al-Cu系、Al-Mg系またはAl-Mn系等の合金が用いられる。

[0022] なお、回路層となる金属板12の表面にはNi-P等のめっき層21が形成され、そのめっき層の上に電子部品20が接合される。この電子部品20の接合には、Sn-Ag-Cu系、Sn-Cu系、Sn-Ag系、Sn-Sb系、Zn-Al系もしくはPb-Sn系等のはんだ材が用いられる。図1中符号22がそのはんだ接合層を示す。また、電子部品20と金属板12の端子部との間には、アルミニウムからなるボンディングワイヤ23により接続される。

[0023] このパワーモジュール用基板10は、セラミックス基板11と各金属板12, 13を接合することにより形成され、その後で金属板13にヒートシンク30が接合される。具体的には、まず、金属板12, 13を、シート材からプレス加工により形成する。この場合、回路層となる金属板12は単にシート材から打ち抜くことにより形成される。一方、放熱層となる金属板13は、シート材を打ち抜き加工される。

[0024] 次に、両金属板12, 13の表面をエッチング処理する。

エッチング液として5%NaOH溶液を用い、液温を50℃として金属板12, 13を所定時間浸漬することによりエッチング処理する。処理時間は、金属板12, 13の表面層を1.3μm以上除去できる時間とする。エッ

チング深さは、金属板 1 2, 1 3 の処理前の重量と処理後の重量との差によりエッチング量を算出し、金属板 1 2, 1 3 の比重及び面積との関係で求められる。

このエッチング処理により、金属板 1 2, 1 3 の表面は、電子線マイクロアナライザ (EPMA) を用いて加速電圧 10 kV、電流 100 mA、ビーム径 100 μm で測定した酸素カウント量から分析した酸素濃度が 1.5 質量%以下であり、厚さ方向の X 線電子分光分析 (XPS) により測定した酸化物厚さが 35 \AA 以下となる。

X 線電子分光分析の測定条件は、X 線源の出力 100 W、パスエネルギー 26 eV、測定ステップ 0.05 eV、分析領域としてビーム径 100 μm \times 1.4 mm、検出角度 90° であり、検出深さが 80 \AA とされる。そして、酸化物厚さは、この X 線電子分光分析により得られたスペクトルから酸化物由来の酸化物ピークと母材の金属ピークとを波形分離し、これらのデータ解析により、金属ピークの面積比を次の (1) 式に代入することにより得られる。

$$d = 2.68 \times \ln(1/A) \times 10 \dots (1)$$

d : 酸化物厚さ (\AA)

A : 金属ピーク的面積比

[0025] また、このエッチング処理を施した金属板 1 2, 1 3 の表面は、算術平均粗さ Ra で 0.05 μm 以上 0.30 μm 以下とされ、凹凸状に形成される。この場合、金属板 1 2, 1 3 は圧延により形成されるが、その圧延方向の算術平均粗さとその直角方向の算術平均粗さとの差は 0.10 μm 以下とされ、圧延の際に生じる圧延筋等が除去され、表面粗さに方向性のない状態とされる。

[0026] 次に、金属板 1 3 の基板接合面 1 3 b にろう材を介してセラミックス基板 1 1 を積層し、このセラミックス基板 1 1 の上にろう材を介して他方の金属板 1 2 を積層する。この場合、ろう材は、金属板 1 2, 1 3 をシート材からプレス加工により打ち抜く際にシート材にろう材箔を貼付しておき、このろ

う材箔ごと打ち抜くことにより、ろう材箔が貼付された金属板12, 13を形成するとよい。そして、これら積層したセラミックス基板11および各金属板12, 13を厚さ方向に加圧しながら真空雰囲気中で加熱することによりろう付けする。

[0027] より具体的には、図3に示すように、セラミックス基板11および両金属板12, 13からなるユニットを多数組積層するとともに、各ユニットの間にカーボン板、グラファイト板等からなるクッション層25を配置し、これらを積層状態で加圧、加熱する。この時の加圧力は0.1~2.5MPa、加熱温度は630~655℃、加熱時間は1~60分とする。このろう付け工程において、セラミックス基板11と金属板12, 13との間のろう材が溶融し、両者を固着する。これにより、金属板13の基板接合面13bとセラミックス基板11との間をろう付けされて、パワーモジュール用基板10が形成される。

[0028] この場合、セラミックス基板11と金属板12, 13との間のろう材が溶融して流動状態となるが、金属板12, 13の表面粗さが前述したRaで0.05μm以上0.30μm以下、圧延方向の算術平均粗さとその直角方向の算術平均粗さとの差は0.10μm以下とされていることにより、溶融状態のろう材が一箇所に集中することなく分散して等方的に流動する。

金属板に圧延筋が残っていると、ろう材の流動が圧延筋に沿ったものとなり、そのような表面状態の金属板表面に酸化物が残存していると、その酸化物がろう材とともに流動して圧延筋の端部に集中することになる。これに対して、この実施形態の金属板12, 13を用いることにより、金属板12, 13表面の酸化物が低減されているとともに、わずかに酸化物が残存していたとしても、ろう材が分散して等方的に流動するため、酸化物が特定の端部に集中することがない。そして、この酸化物に微小ボイドが付属していた場合でも、その微小ボイドが接合部の特定箇所に集中することなく分散する。

[0029] このように製造されることにより、金属板12, 13の側縁から200μmの幅の領域内で金属板12, 13とセラミックス基板11との接合界面が

ら5 μm の深さの範囲内の金属板12, 13の断面を走査型電子顕微鏡 (SEM) により倍率3000倍の視野で観察した際に、接合界面に沿って2 μm 以上連続して存在する連続残留酸化物の合計長さが、視野の長さに対して70%以下とされる。そして、回路層となる金属板12の表面にNi-P等のめっき層21を形成してパワーモジュール用基板10が得られる。

[0030] 次に、このパワーモジュール用基板10の放熱層となる金属板13とヒートシンク30とをフラックスを用いたろう付け法 (ノコロックろう付け法) により接合して、パワーモジュール用基板10とヒートシンク30とを接合する。このろう付け法は、ろう材面に金属表面の酸化物を除去するフッ化物系フラックスを塗布して、非酸化性雰囲気 (例えば N_2 雰囲気) 中で600~615 $^{\circ}\text{C}$ に加熱して、ろう付けする方法である。

[0031] このフラックスには、 KAlF_4 、 K_2AlF_5 、 K_3AlF_6 等が用いられる。金属板13とヒートシンク30とを接合するろう材は、例えばAi-Si系合金が用いられ、ヒートシンク30の表面に予めクラッドされているか、ろう材箔の形態でヒートシンク30に重ねることにより供給される。

[0032] このろう付け工程において、パワーモジュール用基板10は600 $^{\circ}\text{C}$ 以上に加熱されるため、セラミックス基板11と金属板12, 13との接合部に大きなボイドが生じているとボイドからフラックスが侵入し、剥離の原因になる。この実施形態のパワーモジュール用基板10はボイドが生じていたとしても、前述したように微小で分散しているため、剥離を生じさせることはない。

[0033] また、このヒートシンク30との接合においてフラックスが用いられる場合、そのフラックスが金属板13の側面13cを這い上がって金属板13とセラミックス基板11との接合部を侵食すると、接合部にクラックが生じ、剥離が生じるおそれがある。

このフラックスは、ろう付けの際に金属表面の酸化物を洗い流して清浄化するものであり、このフラックスの侵入を防止するためには、フラックスが反応し易い酸化物が存在しなければよい。このパワーモジュール用基板10

は前述したようにセラミックス基板 11 と放熱層となる金属板 13 との接合部の側縁から所定幅の領域内の連続残留酸化物が少ないので、この端部からのフラックスが侵入することがなく、剥離の発生を防止することができる。

[0034] 以上説明したように、このパワーモジュール用基板 10 は、その金属板 13 とヒートシンク 30 とがフラックスを用いたろう付けにより接合される場合でも、セラミックス基板 11 と金属板 13 との接合部に金属板の端部の剥離が発生することが防止され、接合信頼性の高いパワーモジュール用基板 10 とすることができる。

実施例

[0035] 本発明の効果確認のために以下の実験を行った。

1N99 アルミニウムからなる厚さ 0.6 mm の圧延材を 30 mm × 30 mm に打ち抜き、表 1 に示すエッチング処理又はブラスト処理を施し、その処理による金属板表面の除去深さを測定した。除去深さは、金属板の処理前の重量と処理後の重量との差により除去量を算出し、金属板の比重及び面積との関係で求めた。

また、表面を処理した金属板について、電子線マイクロアナライザ (EPMA) を用いて加速電圧 10 kV、電流 100 mA、ビーム径 100 μ m で測定した酸素カウント量から酸素濃度を分析するとともに、厚さ方向の X 線電子分光分析 (XPS) により酸化物厚さを測定した。

X 線電子分光分析の測定条件は、X 線源の出力 100 W、パスエネルギー 26 eV、測定ステップ 0.05 eV、分析領域としてビーム径 100 μ m × 1.4 mm、検出角度 90° であり、検出深さが 80 Å とされ、前述の (1) 式により厚さを求めた。

また、金属板表面の算術平均粗さを圧延方向及びその直角方向でそれぞれ測定した。

[0036] この金属板を厚さ 15 μ m、30 mm × 30 mm の Al-7.5 質量% Si からなるろう材箔を介して厚さ 0.635 mm の窒化アルミニウムからなるセラミックス基板の両面に積層し、これらの積層方向に荷重をかけて、真

空中で630℃～650℃の温度で接合した。

得られたパワーモジュール用基板の断面観察により、金属板の側縁から100μm～200μmの部分でセラミックス基板と金属板との接合界面から5μmの深さの範囲内の金属板の断面を走査型電子顕微鏡（SEM）により倍率3000倍の視野で観察し、接合界面に沿って2μm以上連続して存在する連続残留酸化物の合計長さを測定した。

この場合、SEMはCarl Zeiss社製Ultra55を以下の条件で使用した。

観察面：化学研磨による鏡面（蒸着なし）

Signal A: In-lens

Mag: 3.00KX

WD: 4.0mm

EHT: 1kV（加速電圧）

また、長さが2μm未満の残留酸化物であっても、隣合う残留酸化物間の距離が1μm以下の場合は連続しているものとした。

[0037] 次に、厚さ5mmのA1050アルミニウム材からなるヒートシンクに、森田化学製のノコロックフラックス「FL-7」を塗布し、Al-10質量%Siからなる厚さ70μmのろう材箔を挟んでパワーモジュール用基板の金属板を重ね合わせ、窒素雰囲気にて610℃に加熱して接合した。

接合後のセラミックス基板とヒートシンクに接合されている金属板との間の接合界面の剥離率と、液相冷熱サイクル試験後の剥離率とを測定した。液相冷熱サイクル試験は、-40℃の液槽と100℃の液槽とにそれぞれ10分ずつ交互に浸漬する操作を3000サイクル繰り返す試験である。

端部剥離率は、超音波探傷装置を用いて接合部を評価し、端部剥離率＝端部剥離部の面積／初期接合面積の式から算出した。ここで、初期接合面積とは、接合前における接合すべき面積、すなわち放熱層の金属板面積とした。また、端部剥離部とは、剥離が金属板の端縁にまで至っている剥離部、つまり、金属板の端縁に開口部を有する剥離部とした。超音波探傷像において、

剥離は接合部内の白色部で示されることから、この白色部のうち、金属板の端縁に開口部を有する端部剥離部の面積を測定した。

剥がれ長さは、超音波探傷装置を用いて、液相冷熱サイクル試験後における放熱層の金属板の四辺の中心位置における剥がれ長さから求めた。具体的には、図4に示すとおり、金属板の圧延方向（X方向）及びその垂直方向（Y方向）の対向する二辺の中心位置における夫々の剥がれAの長さ S_1 、 S_2 及び S_3 、 S_4 を測定し、X方向及びY方向ごとの平均値 $(S_1 + S_2) / 2$ 、 $(S_3 + S_4) / 2$ とした。なお、剥がれAの長さ $S_1 \sim S_4$ は、剥がれAの最先端から最も近い辺に垂線を下ろしたときの長さとした。

これらの結果を表1に示す。

[0038]

[表1]

	製法		金属板の評価				DBA基板の評価				
	表面処理方法	除去深さ (μm)	酸素濃度 (mass%)	酸化膜厚さ (\AA)	算術表面粗さRa (μm)	Ra差 (μm)	連続炭酸化合物の合計長さ /観察視野の全長 (%)	端部剥離率(%)		冷却後の剥がれ長さ (mm)	
								初期	冷却後	X方向	Y方向
実施例1	エッチング	3.0	1.2	28	0.21	0.07	20	0.1	6.6	0.6	0.4
実施例2	エッチング	2.0	1.4	30	0.23	0.05	30	0.2	7.2	0.6	0.5
実施例3	エッチング	1.5	1.4	29	0.20	0.06	50	0.2	7.8	0.7	0.5
実施例4	エッチング	1.3	1.4	29	0.21	0.08	70	0.2	6.6	0.6	0.4
実施例5	(1)ブラスト	—	1.3	32	0.15	0.03	40	0.1	8.5	0.7	0.6
実施例6	(2)ブラスト	—	1.5	33	0.17	0.03	50	0.1	8.5	0.7	0.6
実施例7	エッチング	1.0	1.2	28	0.20	0.05	70	0.4	9.0	0.8	0.7
比較例1	エッチング	0.5	4.5	40	0.32	0.12	75	1.2	29.1	3.6	1.0
比較例2	エッチング	0.2	6.3	39	0.37	0.13	80	2.3	27.7	3.3	1.1
比較例3	無処理	—	7	42	0.42	0.12	85	2.8	31.3	3.8	1.2

[0039] 表1において、表面処理方法のうち、(1)ブラスト～(2)ブラストの条件は以下の通りである。

(1)ブラスト：樹脂コートした砥粒による粒度#8000のブラスト処理

(2) ブラスト：樹脂コートした砥粒による粒度#3000のブラスト処理
[0040] この表1の結果に示される通り、連続残留酸化物長さの比率が70%以下であると、ヒートシンクを接合した初期の状態における剥離率が極めて小さいことがわかる。これは微小ボイドが存在していれば、超音波探傷像の白色部に反映するところ、残留酸化物長さの比率が小さいことから、その分微小ボイドも少なく、剥離率が小さくなったものと想定される。そして、この連続残留酸化物長さの比率が70%以下のパワーモジュール用基板は、その後の冷熱サイクル試験後においても剥離率が小さく、長期的信頼性の高い接合状態を維持することができる。

図5は比較例3のSEMによる断面写真であり、図の下部がセラミックス基板、上部が金属板を示している。この図4では、セラミックス基板と金属板との接合界面における金属板側に接合界面に沿って白く並んで見えるのが残留酸化物であり、比較的大きい長さで存在していることがわかる。

[0041] また、表1の結果では、この残留酸化物長さの比率を70%以下の接合部とするために、EPMAを用いて分析した酸素濃度が1.5質量%以下、XPS分析により測定した酸化物厚さが35Å以下の金属板を用いることが有効であり、その場合、金属板の表面を深さ1.3μm以上除去することで確実に酸素濃度が1.5質量%以下、酸化物厚さが35Å以下の金属板とすることができることがわかる。

また、金属板の表面粗さがRa0.05μm~0.30μmであると、冷熱サイクル後の剥離率低減効果が顕著であり、さらに圧延方向とその直角方向との表面粗さの差が0.10μm以下であると、剥離の異方性が低減し、剥離率の低減効果がより向上していることがわかる。

産業上の利用可能性

[0042] 本発明は、大電流、高電圧を制御するパワーモジュールを構成するパワーモジュール用基板を製造する場合に適用でき、金属板の端部の剥離の発生を防止して、接合信頼性を高めたパワーモジュール用基板を得ることができる。

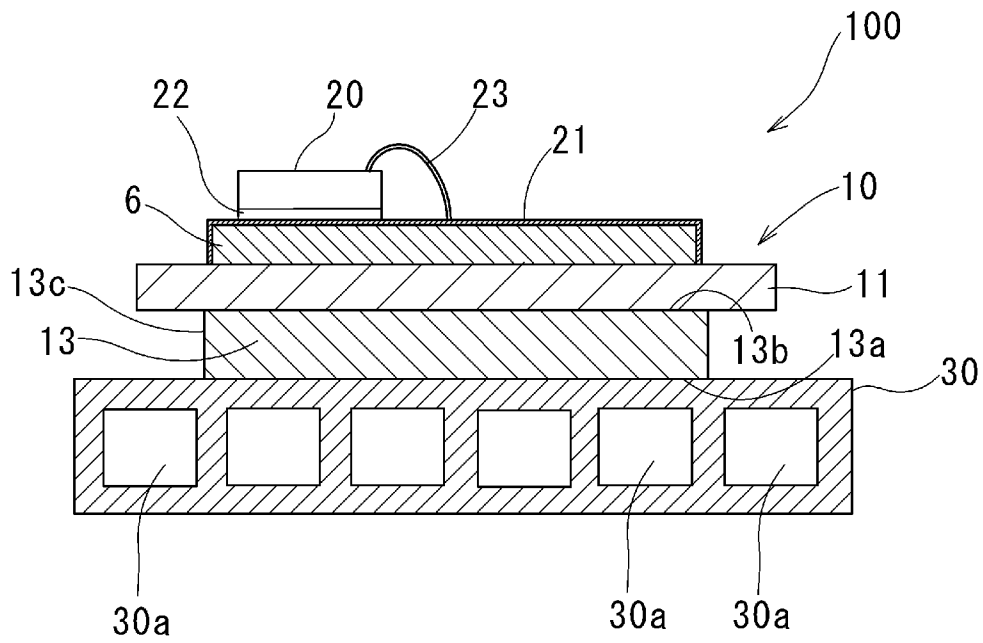
符号の説明

- [0043] 1 0 パワーモジュール用基板
 - 1 1 セラミックス基板
 - 1 2 金属板
 - 1 3 金属板
 - 1 3 a ヒートシンク接合面
 - 1 3 b 基板接合面
 - 1 3 c 側面
 - 2 0 電子部品
 - 2 1 めっき層
 - 2 2 はんだ接合層
 - 2 3 ボンディングワイヤ
 - 2 5 クッション層
 - 3 0 ヒートシンク
 - 3 0 a 流路
- 1 0 0 パワーモジュール
- T 接合界面
- Q 連続残留酸化物

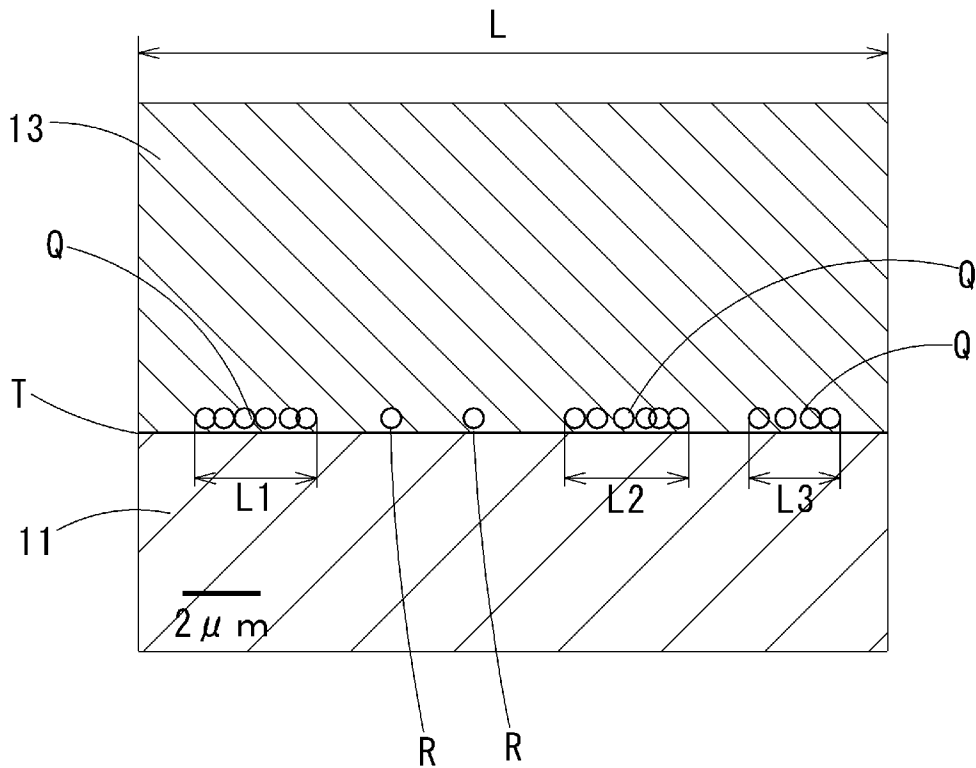
請求の範囲

- [請求項1] セラミックス基板の少なくとも一方の面にアルミニウム又はアルミニウム合金からなる金属板をろう付けにより接合してなり、前記金属板の側縁から $200\mu\text{m}$ の幅の領域内で前記金属板と前記セラミックス基板との接合界面から $5\mu\text{m}$ の深さの範囲内の前記金属板の断面を走査型電子顕微鏡により倍率 3000 倍の視野で観察した際に、前記接合界面に沿って $2\mu\text{m}$ 以上連続して存在する連続残留酸化物の合計長さが、前記視野の長さに対して 70% 以下であることを特徴とするパワーモジュール用基板。
- [請求項2] セラミックス基板の少なくとも一方の面にアルミニウム又はアルミニウム合金からなる金属板をろう付けにより接合してパワーモジュール用基板を製造する方法であって、前記セラミックス基板と接合する前の金属板として、電子線マイクロアナライザを用いて加速電圧 10kV 、電流 100mA 、ビーム径 $100\mu\text{m}$ で測定した酸素カウント量から分析した酸素濃度が 1.5 質量%以下であり、厚さ方向のX線電子分光分析により測定した酸化物厚さが 35\AA 以下であるものを用いることを特徴とするパワーモジュール用基板の製造方法。
- [請求項3] 前記金属板を前記セラミックス基板に接合する前に、前記金属板の表面層を $1.3\mu\text{m}$ 以上除去することを特徴とする請求項2記載のパワーモジュール用基板の製造方法。
- [請求項4] 前記セラミックス基板に接合する前の金属板表面の算術平均粗さ R_a が $0.05\mu\text{m}$ 以上 $0.30\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項3記載のパワーモジュール用基板の製造方法。
- [請求項5] 前記算術平均粗さ R_a は、前記金属板の圧延方向の算術平均粗さとその直角方向の算術平均粗さとの差が $0.10\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項4記載のパワーモジュール用基板の製造方法。

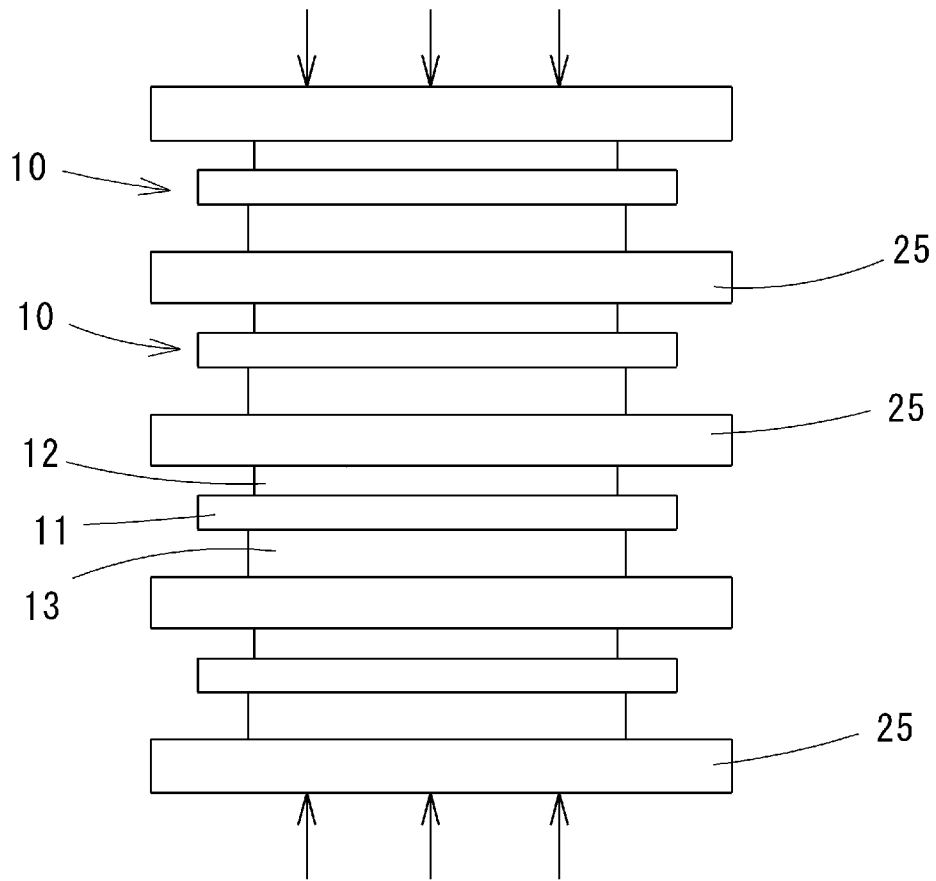
[図1]



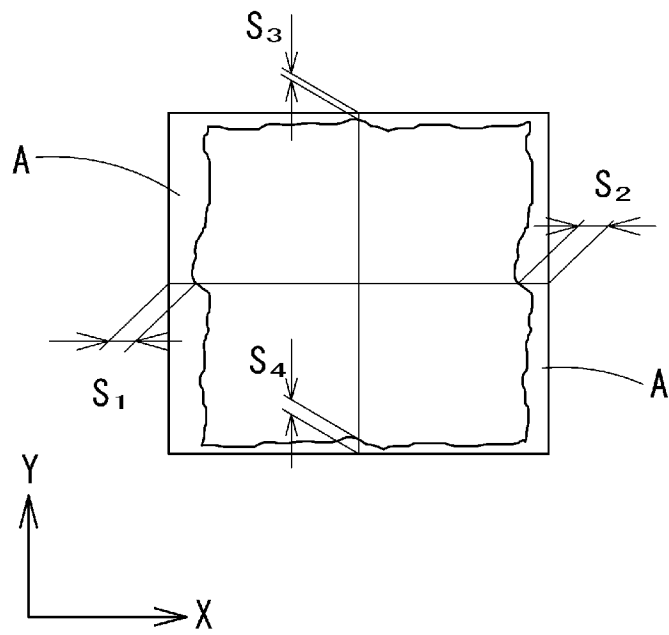
[図2]



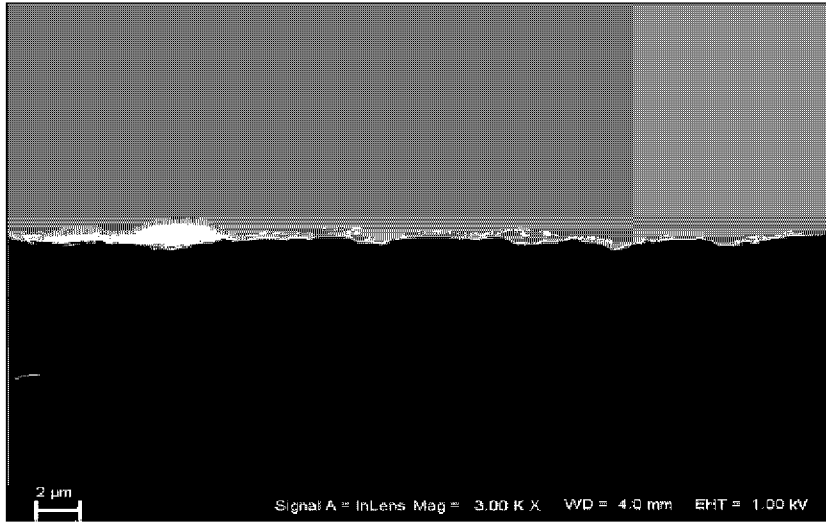
[図3]



[図4]



[5]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/059001

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L23/13(2006.01) i, H05K1/02(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)

H01L23/13, H05K1/02

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	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

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.
X	JP 2008-117833 A (Mitsubishi Materials Corp.), 22 May 2008 (22.05.2008), paragraphs [0014] to [0031] (Family: none)	1-5
A	JP 2001-121287 A (Denki Kagaku Kogyo Kabushiki Kaisha), 08 May 2001 (08.05.2001), entire text; all drawings (Family: none)	1-5

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

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"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)

"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

"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

"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

"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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
04 June, 2013 (04.06.13)Date of mailing of the international search report
25 June, 2013 (25.06.13)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））
Int.Cl. H01L23/13(2006.01)i, H05K1/02(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. H01L23/13, H05K1/02

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	1971-2013年
日本国実用新案登録公報	1996-2013年
日本国登録実用新案公報	1994-2013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
X	JP 2008-117833 A（三菱マテリアル株式会社）2008.05.22, 段落 0014-0031（ファミリーなし）	1-5
A	JP 2001-121287 A（電気化学工業株式会社）2001.05.08, 全文, 全図（ファミリーなし）	1-5

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

04.06.2013

国際調査報告の発送日

25.06.2013

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）

石野 忠志

4R

3547

電話番号 03-3581-1101 内線 3471