



(74) 代理人: 藤島 洋一郎, 外(FUJISHIMA, Youichiro et al.); 〒1600022 東京都新宿区新宿 1 丁目 9 番 5 号大台ビル 2 F 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, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, 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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

れを爆薬 (41) と共に水 (W) 中に設置し、爆薬 (41) の爆発により衝撃波 (SW) を与える。ダイヤモンド粉末 (21A) は高速に加速されて基板 (10A) に衝突・貫通し、基板 (10A) の表面から厚み方向の少なくとも一部に埋め込まれ、機能領域が形成される。得られた機能性基板は放熱部材などとして好適である。機能領域におけるダイヤモンド粒子の含有量の分布は調整可能であり、例えば、基板 (10A) の表面から厚み方向に向かって次第に減少させれば、従来の鑄造や粉末どうしの混合などの高温を利用した製造方法では極めて困難であった非平衡な機能領域が実現される。

明 細 書

機能性基板の製造方法および機能性基板、並びに半導体装置
技術分野

- [0001] 本発明は、例えば放熱機能などの機能領域を有する機能性基板の製造方法、および機能性基板、並びにこの機能性基板を放熱部材として用いた半導体装置に関する。
- [0002] 半導体装置の放熱部材(ヒートシンク)には、熱伝導率が高いことに加えて、それに接合される半導体素子の構成材料であるSiやGaAsとの熱膨張係数差をできるだけ小さくすることが求められる。このような要請に応じて、従来より、銅(Cu)とタングステン(W)あるいはモリブデン(Mo)との合金、または銅とダイヤモンドとの複合材料などが開発され、それらの製造方法についても研究が行われている。
- [0003] 例えば、特許文献1には、銅または銀の粒子とタングステンまたはモリブデンの粒子とを機械的に攪拌混合して、銅または銀の粒子の表面がタングステンまたはモリブデンの粒子で被覆された複合粒子を作製し、これを射出成形法により成形したのち焼結するという方法が記載されている。
- [0004] また、特許文献2は、ダイヤモンド粒子、Ag-Cu合金粉末およびチタン(Ti)粉末の混合粉末を加圧成形したものと、Ag-Cu合金を加圧成形したものとを接触させながら加熱することにより、ダイヤモンド粒子表面にTiC層を形成して密着性を高めると共にダイヤモンド粒子間隙にAg-Cu合金を無負荷で溶浸し緻密体とする方法を開示している。

特許文献1:特開2003-213360号公報

特許文献2:特開2004-197153号公報

非特許文献1:A. モリ(A. Mori)、外2名、「マテリアルズ サイエンス フォーラム(Materials Science Forum)」, トランス テック パブリケーションズ インク(Trans Tech Publications Inc.), スイス, 2004年, 第465-466巻, p. 307

非特許文献2:B. クロスランド(Crossland, B.)著,「金属の爆発圧接とその応用(Explosive Welding of Metals and Its Application)」, オクスフォードユニバーシティプレス(Oxford University Press), 英国, 1982年, p. 95

発明の開示

- [0005] しかしながら、これらの従来方法はいずれも工程が複雑であるという問題があった。また、得られた合金または複合材料は、銅または銀の母材中にタングステンあるいはモリブデンの粒子またはダイヤモンド粒子が均一に分散されていた(特許文献1の図1および特許文献2の図1参照。)。分散される粒子の体積含有率は数十vol%と極めて高く、少量の粒子では所望の熱伝導率または熱膨張係数などの特性を得ることができなかった。
- [0006] 本発明はかかる問題点に鑑みてなされたもので、その第1の目的は、基板内に放熱などの機能領域を簡単な工程で形成することができる機能性基板の製造方法を提供することにある。
- [0007] 本発明の第2の目的は、少量の機能性材料により所望の特性を得ることができ、放熱部材などとして好適な機能性基板を提供することにある。
- [0008] また、本発明の第3の目的は、放熱部材の熱伝導性を高め、熱放散効率を向上させることができる半導体装置を提供することにある。
- [0009] 本発明による機能性基板の製造方法は、所定の厚みを有する基板の表面に機能性材料の粉末を配置する工程と、衝撃波を与えることにより機能性材料を基板の表面から厚み方向の少なくとも一部に埋め込んで基板内に機能領域を形成する工程とを含むようにしたものである。
- [0010] この機能性基板の製造方法では、基板の表面に機能性材料の粉末が配置されたのち、衝撃波が与えられることにより、機能性材料の粉末が高速に加速されて基板に衝突・貫通し、機能性材料が基板の表面から厚み方向の少なくとも一部に埋め込まれて機能領域が形成される。機能領域での機能性材料の含有量の分布は調整可能であり、基板の表面から奥に向かって均一にすることもできるし、また、基板の表面から奥に向かって次第に減少するようにして、従来の鑄造や粉末どうしの混合などの高温を利用した製造方法では極めて困難であった非平衡な機能領域を実現することもできる。なお、基板は板状に限らずどのような形状でもよく、また、その平面形状も任意である。
- [0011] 本発明による機能性基板は、基板内の、基板の表面から厚み方向の少なくとも一

部に機能性材料を含む機能領域を有し、機能領域は、基板の表面に機能性材料の粉末を配置したのち粉末に衝撃波を与えることにより形成されたものである。

[0012] この機能性基板では、基板内に、衝撃波を用いて形成された機能領域を有しているので、機能領域での機能性材料の含有量の分布が調整可能となっている。よって、機能性材料としてダイヤモンド粉末を選択することにより、少量の機能性材料で機能領域の熱伝導性を飛躍的に高め、半導体装置の放熱部材等として利用することができる。

[0013] 本発明による半導体装置は、放熱部材上に半導体素子を備えたものであって、放熱部材は金属板であり、金属板はその表面から厚み方向の少なくとも一部にダイヤモンド粒子を含む機能領域を有し、かつ機能領域は、金属板の表面にダイヤモンドの粉末を配置したのち粉末に衝撃波を与えることにより形成されたものである。

[0014] この半導体装置では、半導体素子から発生した熱は、ダイヤモンド粉末を含む熱伝導率の高い機能領域を介して効率良く放散される。

[0015] 本発明の機能性基板の製造方法によれば、衝撃波を用いるようにしたので、簡単な工程で機能性材料の粉末を基板に埋め込み、機能領域を形成することができる。

[0016] また、本発明の機能性基板によれば、基板内に、衝撃波を用いて形成された機能領域を有するので、機能領域での機能性材料の含有量の分布が調整可能となっている。よって、機能性材料としてダイヤモンド粉末を選択することにより少量の機能性材料で機能領域の熱伝導性を飛躍的に高め、半導体装置の放熱部材等として利用することができる。

[0017] 更に、本発明の半導体装置によれば、本発明の機能性基板を放熱部材として備えるようにしたので、放熱部材の熱伝導性が高く、熱放散効率を向上させることができる。

図面の簡単な説明

[0018] [図1]本発明の一実施の形態に係る機能性基板の構成を表す斜視図である。

[図2]図1に示した機能領域の断面構造の一例を表す断面図である。

[図3]機能領域の断面構造の他の例を表す断面図である。

[図4]図1に示した機能性基板の製造方法を説明するための図である。

[図5]図1に示した機能性基板を放熱部材として用いた半導体装置の一例を表す断面図である。

[図6]実施例1で使用した粉末のSEMである。

[図7]実施例1の結果を表す写真である。

[図8]実施例1の結果を表す写真である。

[図9]ダイヤモンド粉末の衝突および貫通の過程を説明するための図である。

[図10]実施例1の結果を表す図である。

[図11]実施例2-3の結果を表す図である。

[図12]実施例3-1~3-6で使用した粉末のSEM写真である。

[図13]実施例3-1~3-6で得られた機能性基板の表面写真である。

[図14]実施例3-1~3-6で得られた機能領域の表面のSEM写真である。

[図15]実施例3-1~3-6で得られた機能領域の表面のX線解析の写真である。

[図16]実施例3-4で得られた機能領域の断面顕微鏡写真である。

発明を実施するための最良の形態

[0019] 以下、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。なお、図において各構成要素は本発明が理解できる程度の形状、大きさおよび配置関係を概略的に示したものであり、実寸とは異なっている。

[0020] 図1は本発明の一実施の形態に係る機能性基板の全体構成を表し、図2および図3はその断面構造を表すものである。この機能性基板10は、基板10A内に機能性材料として例えばダイヤモンド粒子21を含む機能領域20を形成したものであり、例えば半導体装置やコンピュータ部品等の放熱部材として用いられる。

[0021] 基板10Aは、例えば、全体の厚みが1.5mmの金属板であり、アルミニウム(Al)、マグネシウム(Mg)および亜鉛(Zn)からなる群のうちの少なくとも一種により構成されている。この基板10A内の、基板10Aの表面から厚み方向に数百 μ mないし1mm程度の領域が、機能領域20となっている。

[0022] 機能領域20は、母材である基板10Aの強度、熱伝導性または熱膨張係数などの特性を機能性材料により変化させ、機能性材料に応じた機能を持たせたものである。例えば機能性材料としてダイヤモンド粒子21を含む場合、機能領域20は、物質の

中でも最高の $2500\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ という熱伝導率を有するダイヤモンドにより、熱伝導性が著しく高くなり、優れた放熱機能を有するものとなる。ダイヤモンド粒子21の直径は、例えば約 $10\mu\text{m}$ ないし $20\mu\text{m}$ である。また、機能性材料はSiC粒子でもよい。その場合、機能領域20は、ダイヤモンドにつぐモース硬さ9.5を有する極めて硬いSiCにより、強度や安定性が高まり、優れた耐熱性、耐摩耗性能を有するものとなる。

[0023] このような機能領域20は、後述するように、基板10Aの表面にダイヤモンド粉末を配置したのち、衝撃波を与えてダイヤモンド粉末を基板10Aの表面から厚み方向の一部に埋め込むことにより形成されたものである。これにより、この機能性基板10では、機能領域でのダイヤモンド粒子21の含有量の分布が調整可能となっており、少量のダイヤモンド粒子21により機能領域20の熱伝導性を飛躍的に高めることができるようになっている。

[0024] 機能領域20でのダイヤモンド粒子21の含有量は、例えば図2に示したように、基板10Aの表面から厚み方向に向かって均一であることが好ましい。このようにすれば、熱伝導率をより高めることができる。なお、ここで「均一」とは完全に均一である場合のみでなく、ある程度ばらつきがある場合も含む。

[0025] また、図3に示したように、機能領域20でのダイヤモンド粒子21の含有量は、基板10Aの表面から厚み方向に向かって次第に減少していることも好ましい。このようにダイヤモンド粒子21が基板10Aの表面に集中していれば、基板10Aの表面からの放熱効率を極めて高くすることができる。また、ダイヤモンドの硬度が極めて高いので、表面の耐摩耗性能を向上させることができる。

[0026] この機能性基板は、例えば、次のようにして製造することができる。

[0027] まず、図4に示したように、例えば、厚みが 1.5mm のアルミニウム(Al)よりなる基板10Aの上に、直径が例えば約 $10\mu\text{m}$ ないし $20\mu\text{m}$ のダイヤモンド粉末21Aを配置し、保護材30で覆うと共に周囲を封止層31により封止する。

[0028] 保護材30はダイヤモンド粉末21Aの散逸(飛散、流出など)を防止するためのものであり、例えば、基板10Aと同様に、厚みが 1.5mm のアルミニウム(Al)などの金属板を用いることができる。なお、衝撃波SWは保護材30を介してダイヤモンド粉末21Aに与えられるので、保護材30の厚みや質量は、衝撃波SWによるダイヤモンド粉末

21Aの加圧条件を考慮して設定する必要がある。封止層31としては、例えば厚みが0.5mmの市販の粘着テープを用いることができる。

[0029] 次いで、衝撃波発生源40として爆薬41を準備する。この爆薬41は、例えば、電気雷管42により起爆される板状の爆薬であり、PMMA(ポリメタクリル酸メチル)よりなる支持板42に配設されている。

[0030] なお、衝撃波発生源40としては、例えば、化学的エネルギーを利用するものとして爆薬、電氣的エネルギーを利用するものとして電気パルス発生装置が挙げられる。また、機械的エネルギーを利用するものとして、液体中への金属球の打ち込みを利用して衝撃波SWを発生させる手法などが挙げられる。もちろん、衝撃波発生源40は、上記以外の他のエネルギーを利用して衝撃波SWを発生させるものであってもよい。

[0031] 続いて、伝達媒体Mとして水Wが満たされた水槽50を用意し、基板10Aと保護材30との間にダイヤモンド粉末21Aを封入したものを、衝撃波発生源40と共に水槽50の水W中に設置する。

[0032] 伝達媒体Mは、衝撃波SWに伴う圧力を伝達させるためのもの(圧力伝達媒体)である。この伝達媒体Mは、例えば、気体または液体などの圧縮性流体や、ゴムなどの弾性体である。

[0033] なお、衝撃波SWは、伝達媒体M中において高速(音速を超える速度)で伝播する強い圧力変化の波であり、圧力、温度および密度などの物理的因子を瞬間的に急激に変化させる性質を有するものである。特に、水Wを伝達媒体Mとする水中衝撃波SWを用いることが好ましい。試料にかかる熱の影響を減少することができ、試料が焼けるおそれがないからである。また、水中衝撃波SWは作用時間が長くなるといわれており、圧力を比較的長い時間試料に負荷することができるからである。ダイヤモンド粉末21Aに係るダイヤモンド粉末21A上にある保護材30上に作用する水中衝撃波SWの圧力は、保護材30と爆薬41との間の距離 t_w を変化させることにより比較的容易に制御することが可能であり、例えば約1GPa～3GPaとすることが好ましい。また、距離 t_w は例えば5mm以上40mm以下とすることが好ましい。

[0034] そののち、爆薬41を爆発させることにより衝撃波SWを発生させる。発生した衝撃波SWは水Wを媒体として伝播し、保護材30を介してダイヤモンド粉末21Aに与えられ

る。これにより、ダイヤモンド粉末21Aは高速に加速されて基板10Aに衝突・貫通し、基板10Aの表面から厚み方向の一部に埋め込まれ、機能領域20が形成される。以上により、図1ないし図3に示した機能性基板10が完成する。

[0035] このように本実施の形態では、衝撃波SWを用いるようにしたので、簡単な工程でダイヤモンド粉末21Aを基板10Aに埋め込み、機能領域20を形成することができる。また、機能領域20におけるダイヤモンド粒子21の含有量の分布は調整可能であり、機能性材料としてダイヤモンド粒子21を選択することにより、少量のダイヤモンド粒子21で機能領域20の熱伝導性を飛躍的に高め、半導体装置の放熱部材等として好適に利用することができる。

[0036] 以下、本発明の機能性基板の具体的な適用例について説明する。

[0037] 図5は、本発明の機能性基板を用いた半導体装置の一例を表すものである。この半導体装置は、放熱部材110上に半導体素子120を配設したものであり、放熱部材110は上記実施の形態で説明した機能性基板10により構成されている。すなわち、放熱部材110は、アルミニウム(Al)などの金属板である基板10A内に、基板10Aの表面から厚み方向の一部に、機能性材料としてダイヤモンド粒子21を含む機能領域20を有している。機能領域20は、基板10Aの表面にダイヤモンド粉末を配置したのち、衝撃波SWを与えてダイヤモンド粉末を基板10Aの表面から厚み方向の一部に埋め込むことにより形成されたものである。これにより、この半導体装置では、放熱部材110の熱伝導性が高く、熱放散効率を向上させることができるようになっている。

[0038] 半導体素子120は、はんだなどの接着層(図示せず)を間にして放熱部材110に接合されている。なお、半導体素子120の種類は特に限定されず、レーザあるいは発光ダイオードなどの半導体発光素子、コンピュータのCPU(Central Processing Unit ; 中央処理装置)などが挙げられる。

[0039] この半導体装置では、半導体素子120から発生した熱は、ダイヤモンド粒子21を含む熱伝導率の高い機能領域20を介して効率良く放散される。

[0040] このように本実施の形態では、本発明の機能性基板10を放熱部材110として備えるようにしたので、熱放散効率を向上させることができる。

実施例

[0041] 更に、本発明の具体的な実施例について説明する。

[0042] (実施例1)

上記実施の形態と同様にして機能性基板10を作製した。まず、ダイヤモンド粉末21Aとして、直径 $10\mu\text{m}$ ～ $20\mu\text{m}$ の人工合成ダイヤモンド粉末0.8gを用意した。そのSEM(走査型電子顕微鏡写真; Scanning Electron Micrograph)を図6に示す。

[0043] また、基板10Aおよび保護材30として2枚の工業用純粋アルミニウム板(厚み1.5mm, JIS A1050-O, ($>99.5\text{ mass\% Al}$))を用意し、これらを0.1mmの空気の間隙をおいて対向配置すると共にその間にダイヤモンド粉末21Aを配置し、周囲を封止層31により封止した。

[0044] 次いで、基板10Aと保護材30との間にダイヤモンド粉末21Aを封入したものと、衝撃波発生源40とを、伝達媒体Mとして水Wが満たされた水槽50中に、互いに平行に設置した。衝撃波発生源40の爆薬41としては、旭化成社製SEP(商品名)(爆速約 7km/s 、密度約 1300kg/m^3)を用いた。爆薬41の厚みは5mmに固定し、保護材30と爆薬41との間の距離 $t_w=40\text{mm}$ とした。

[0045] 続いて、爆薬41を爆発させることにより衝撃波SWを発生させ、ダイヤモンド粉末21Aに対して衝撃波SWを与えてダイヤモンド粉末21Aを基板10Aの表面から厚み方向の一部に埋め込み、機能領域20を形成した。この衝撃波SWの最大圧力を別途評価したところ、その値は数的シミュレーション(非特許文献1参照。)により約1GPaであった。

[0046] そののち、得られた機能性基板10を回収し、その断面を調べた。図7はその写真を表すものであるが、基板10Aにダイヤモンド粒子21が埋め込まれていた。すなわち、ダイヤモンド粉末21Aに対して衝撃波SWを与えることにより、ダイヤモンド粉末21Aを基板10Aの表面から厚み方向の一部に埋め込んで機能領域20を形成することができることが分かった。

[0047] 機能領域20の厚みは約数百 μm であり、表面から深さ1mmよりも深く貫通したダイヤモンド粒子21はほとんどなかった。深さ $200\mu\text{m}$ ないし1mmの間に存在するダイヤモンド粒子21を点算法により測定したところ、2vol%～4vol%であり、機能領域20でのダイヤモンド粒子21の含有量は基板10Aの表面から厚み方向に向かって次

第に減少していた。表面から $200\ \mu\text{m}$ (0.02mm)に30vol%以上のダイヤモンド粒子21が認められた。

[0048] 図8は、機能性基板10の表面から 0.5mm におけるダイヤモンド粒子21の拡大光学顕微鏡写真である。ダイヤモンド粒子21の直径は約 $10\ \mu\text{m}$ であり、元の寸法を維持していた。このことは、ダイヤモンド粉末21Aが基板10Aに高速衝突する際にダイヤモンド粉末21Aの細片化が生じなかったことを示唆している。また、図8から分かるように、ダイヤモンド粒子21の中には、基板10Aを貫通する際の擦過によりシャープエッジが消滅してしまったものが見られた。

[0049] また、機能性基板10の断面には、ダイヤモンド粉末21Aの貫通により形成された穴の跡は観察されなかった。このことは、高圧下の極めて高いひずみ速度での材料の液状作用により、変形後に穴が閉じられたことを示唆している。図9は、このようなダイヤモンド粉末21Aの衝突および貫通の過程を概略的に表したものである。高速に加速されたダイヤモンド粉末21Aの粒子はアルミニウムよりなる基板10Aに衝突し(図9;右)、基板10Aを貫通するが(図9;中央)、穴10Bは柔らかいアルミニウムの流動化により短期間に閉じられたものと推定される(図9;左)。回収後の機能性基板10の重量変化を測定したところ、重量増加はダイヤモンド粒子21の平均体積含有率から見込まれる重量増加よりも小さいことが確認された。このことは、流動アルミニウムの一部が水滴のように飛沫10Cとして外部に飛散したことを示唆している(図9;左)。また、この結果は、極めて高いひずみ速度での液状作用も示唆している。ダイヤモンド粉末21Aの速度の評価または測定は現在では極めて難しいが、このような流動を考えると、ダイヤモンド粉末21Aは数百 m/s に加速されていたはずである。なぜなら、このような激しい流動により接着された爆発圧接がその速度で達成されているからである(例えば、非特許文献2参照。)。なお、同様な貫通が保護材30にも生じていた。

[0050] また、得られた機能性基板10を熱源としてシリコンラバーヒータに載せて、機能領域20、その周囲のダイヤモンド粒子21を含まない領域および熱源側の3箇所に熱電対を貼り、温度を測定した。その結果を図10に示す。

[0051] 図10から分かるように、機能領域20は、その周囲の領域よりも温度が高かった。すなわち、基板10Aの内部に、衝撃波SWを用いて形成された機能領域20を有するよ

うにすれば、機能領域20の熱伝導率を高めることができることが分かった。

[0052] (実施例2-1~2-7)

twを変えたことを除いては実施例1と同様にして機能性基板10を形成した。その際、実施例2-1ではtw=10mm、実施例2-2ではtw=15mm、実施例2-3ではtw=20mm、実施例2-4ではtw=25mm、実施例2-5ではtw=30mm、実施例2-6ではtw=35mm、実施例2-7ではtw=40mmとした。なお実施例2-7は実施例1と同一のものである。得られた機能性基板10を回収し、実施例2-3(tw=20mm)のものについて機能領域20でのダイヤモンド粒子21の含有量の分布を調べた。図11にその結果を示す。図11から分かるように、機能領域20でのダイヤモンド粒子21の含有量は基板10Aの表面から厚み方向に向かって次第に減少しており、実施例1と同様の結果が得られた。他の実施例2-1, 2-2, 2-4, 2-5の機能性基板10については目視により確認したところ、twによりダイヤモンド粒子21の含有量の分布に多少の違いが認められたことを除いては実施例2-3と同様の結果が得られた。

[0053] (実施例3-1)

上記実施の形態と同様にして機能性基板10を作製した。まず、ダイヤモンド粉末21Aとして、直径10 μ m~20 μ mの人工合成ダイヤモンド粉末0.2gを用意した。そのSEMを図12に示す。

[0054] また、基板10Aおよび保護材30として2枚のマグネシウム-アルミニウム-亜鉛合金AZ31(Mg-3Al-1Zn)よりなる板を用意し、これらを0.5mmの空気の間隙をおいて対向配置すると共にその間にダイヤモンド粉末21Aを配置し、周囲を封止層31により封止した。ダイヤモンド粉末21Aを配置する際には、溶媒としてエタノールに混合させたダイヤモンド粉末21Aを基板10Aに流した後に、溶媒を乾燥させた。ダイヤモンド粉末21Aを配置した面積は900mm²となるようにし、その周囲に厚み0.5mmの防水テープを貼ることにより、基板10Aと保護材30との間隙を保持すると共に防水を行った。

[0055] 次いで、基板10Aと保護材30との間にダイヤモンド粉末21Aを封入したものと、衝撃波発生源40とを、伝達媒体Mとして水Wが満たされた水槽50中に、互いに平行

に設置した。衝撃波発生源40の爆薬41としては、旭化成ケミカルズ社製SEP(商品名)(爆速7000km/s、密度約1310kg/m³)を用いた。爆薬41の厚みは5mmに固定し、保護材30と爆薬41との間の距離twは15mmとした。なお、基板10Aと保護材30との間にダイヤモンド粉末21Aを封入したものは、水槽50の底に設けられた軟鋼板よりなる支持体(図示せず)上に設置した。

[0056] 続いて、爆薬41を爆発させることにより衝撃波SWを発生させ、ダイヤモンド粉末21Aに対して衝撃波SWを与えてダイヤモンド粉末21Aを機能性基板10の表面から厚み方向の一部に埋め込み、機能領域20を形成した。

[0057] (実施例3-2~3-6)

twを変えたことを除いては実施例3-1と同様にして機能性基板10を形成した。その際、実施例3-2ではtw=20mm、実施例3-3ではtw=25mm、実施例3-4ではtw=30mm、実施例3-5ではtw=35mm、実施例3-6ではtw=40mmとした。

[0058] 得られた機能性基板10を回収し、機能領域20の形成状況を調べたところ、実施例3-1~3-6の全ての機能性基板10の表面において、ダイヤモンド粒子21が被膜された機能領域20が形成されていた。機能領域20が形成された機能性基板10の写真を図13、表面SEM写真を図14、表面X線回折の解析結果を図15にそれぞれ示す。また、図16には、実施例3-4で得られた機能領域20の断面顕微鏡写真を示す。

[0059] 図14から分かるように、機能領域20の表面にはダイヤモンド粒子21が隙間なく並んでいたが、このダイヤモンド粒子21の寸法や形状は図12に示した埋め込み前のダイヤモンド粉末21Aと同じであり、外形のシャープなエッジもそのまま残存していた。また、図15から分かるように、機能領域20からは、AZ31の合金とダイヤモンド以外のピークは確認されなかった。

[0060] 更に、図16から分かるように、実施例3-4で得られた機能領域20には、ダイヤモンド粉末21Aの打ち込みが開始される表面近傍約50μmの深さまで、ダイヤモンド粒子21が集中して存在していた。他の実施例についても、深さに差異はあるが、同様にAZ31表面近傍でのダイヤモンド粒子21の存在を確認することができた。

[0061] すなわち、ダイヤモンド粉末21Aに対して衝撃波SWを与えることにより、ダイヤモンド粉末21Aを基板10Aの表面から厚み方向の一部に埋め込むようにすれば、ダイヤモンド粉末21Aの外形寸法や形状を保持しつつ、ダイヤモンド粉末21Aおよび基板10Aの性質を変えずに機能領域20を形成することができることが分かった。なお、実施例3-1～3-6ではtwを最大40mmとしたが、tw=40mmを超えても機能性基板10の形成は可能であると考えられる。予想ではtw=60mm程度が機能性基板10の形成可能な範囲となる。

[0062] 実施例3-1～3-6で得られた機能性基板10について、機能領域20の磨耗実験を行い、実験前と実験後との重量変化を測定した。磨耗試験の条件としては、測定負荷30g、測定速度382rpm、測定半径2.5mm、測定時間1000s、測定温度室温、測定距離1Kmとした。得られた結果を表1に示す。

[0063] 比較例として、機能領域20を形成しない未処理のAZ31合金よりなる板についても、上記実施例と同一条件で磨耗実験を行い、実験前と実験後との重量変化を測定した。その結果も表1に合わせて示す。

[0064] [表1]

	機能領域の有無	質量減少量(g)
実施例 3-1～3-6	有り	0.0001
比較例	無し	0.0018

[0065] 表1から分かるように、衝撃波負荷により表面をダイヤモンド粒子21によって処理され、機能領域20が形成された上記実施例の機能性基板10は、機能領域20を形成していない比較例と比べて質量減少量が極めて小さく、はるかに削れ難くなっていた。すなわち、衝撃波SWにより機能領域20を形成した機能性基板10では、機能領域20を形成しないものに比べて耐磨耗性を著しく高めることができることが分かった。

[0066] (実施例4)

機能性材料としてダイヤモンド粒子21の代わりにSiC粒子を用いたことを除いては実施例1と同様にして機能性基板10を形成した。その際、250メッシュのSiC粉末を0.1g使用し、tw=20mmとした。得られた機能性基板10を回収して断面の状態を

調べたところ、実施例1と同様の結果が得られた。

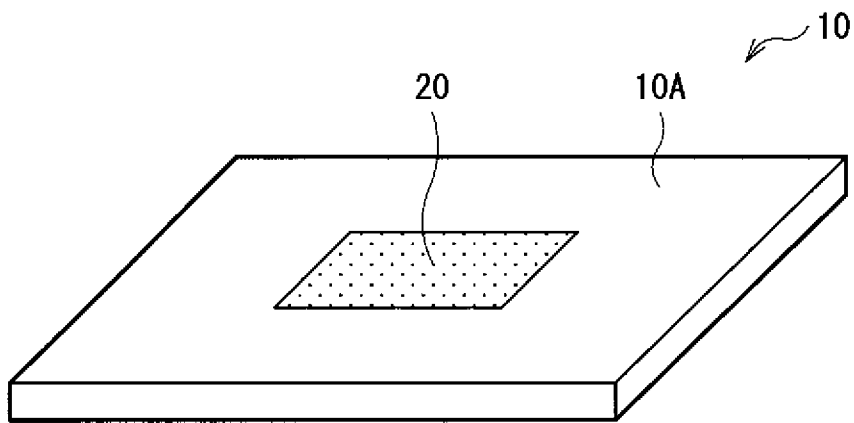
- [0067] 以上、実施の形態および実施例を挙げて本発明を説明したが、本発明は上記実施の形態および実施例に限定されるものではなく、種々変形可能である。例えば、機能領域20を、基板10Aの表面から厚み方向の一部に形成する場合について説明したが、衝撃波SWによるダイヤモンド粉末21Aの加圧条件等によっては基板10Aの表面から厚み方向の全部に形成することも可能である。
- [0068] また、上記実施の形態および実施例では、機能性基板10の構成を具体的に挙げて説明したが、機能性基板10の構成は上記実施の形態および実施例に限られない。例えば、機能領域20は必ずしも図1に示したように機能性基板10の表面の一部のみに形成されている必要はなく、機能性基板10の表面の全面にわたって形成されていてもよい。
- [0069] 更に、各構成要素の材料および厚み、または衝撃波SWによるダイヤモンド粉末21Aの加圧条件などは限定されるものではなく、他の材料および厚みとしてもよく、または他の加圧条件としてもよい。加えて、保護材30としてアルミニウム(Al)板の代わりに銅(Cu)、チタン(Ti)またはステンレス鋼などの他の材料を用いることも可能である。

請求の範囲

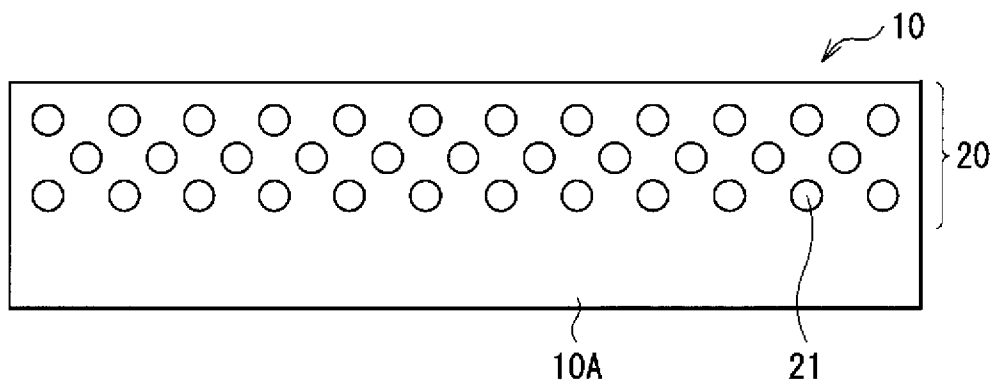
- [1] 所定の厚みを有する基板の表面に機能性材料の粉末を配置する工程と、
衝撃波を与えることにより機能性材料を前記基板の表面から厚み方向の少なくとも一部に埋め込んで前記基板内に機能領域を形成する工程と
を含むことを特徴とする機能性基板の製造方法。
- [2] 前記基板として金属板、前記機能性材料としてダイヤモンド粒子を用いる
ことを特徴とする請求項1記載の機能性基板の製造方法。
- [3] 前記金属板はアルミニウム(Al)、マグネシウム(Mg)および亜鉛(Zn)からなる群の
うちの少なくとも一種により構成されている
ことを特徴とする請求項2記載の機能性基板の製造方法。
- [4] 前記基板上の粉末を保護材により覆ったのち、衝撃波を与える
ことを特徴とする請求項1記載の機能性基板の製造方法。
- [5] 基板内の、前記基板の表面から厚み方向の少なくとも一部に機能性材料を含む機能領域を有し、
前記機能領域は、前記基板の表面に機能性材料の粉末を配置したのち前記粉末に衝撃波を与えることにより形成された
ことを特徴とする機能性基板。
- [6] 前記機能領域での機能性材料の含有量は、前記基板の表面から厚み方向に向かって均一である
ことを特徴とする請求項5記載の機能性基板。
- [7] 前記機能領域での機能性材料の含有量は、前記基板の表面から厚み方向に向かって次第に減少している
ことを特徴とする請求項5記載の機能性基板。
- [8] 金属板内にダイヤモンド粒子からなる機能領域を備えた
ことを特徴とする請求項5記載の機能性基板。
- [9] 前記金属板はアルミニウム、マグネシウムおよび亜鉛からなる群のうちの少なくとも一種により構成されている
ことを特徴とする請求項8記載の機能性基板。

- [10] 放熱部材上に半導体素子を備えた半導体装置であって、
前記放熱部材は金属板であり、前記金属板はその表面から厚み方向の少なくとも一部にダイヤモンド粒子を含む機能領域を有し、かつ前記機能領域は、前記金属板の表面にダイヤモンドの粉末を配置したのち前記粉末に衝撃波を与えることにより形成された
ことを特徴とする半導体装置。

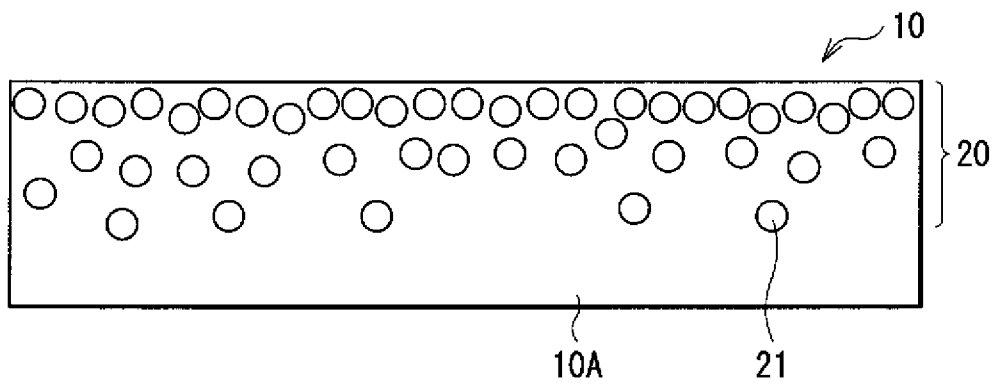
[[図1]]



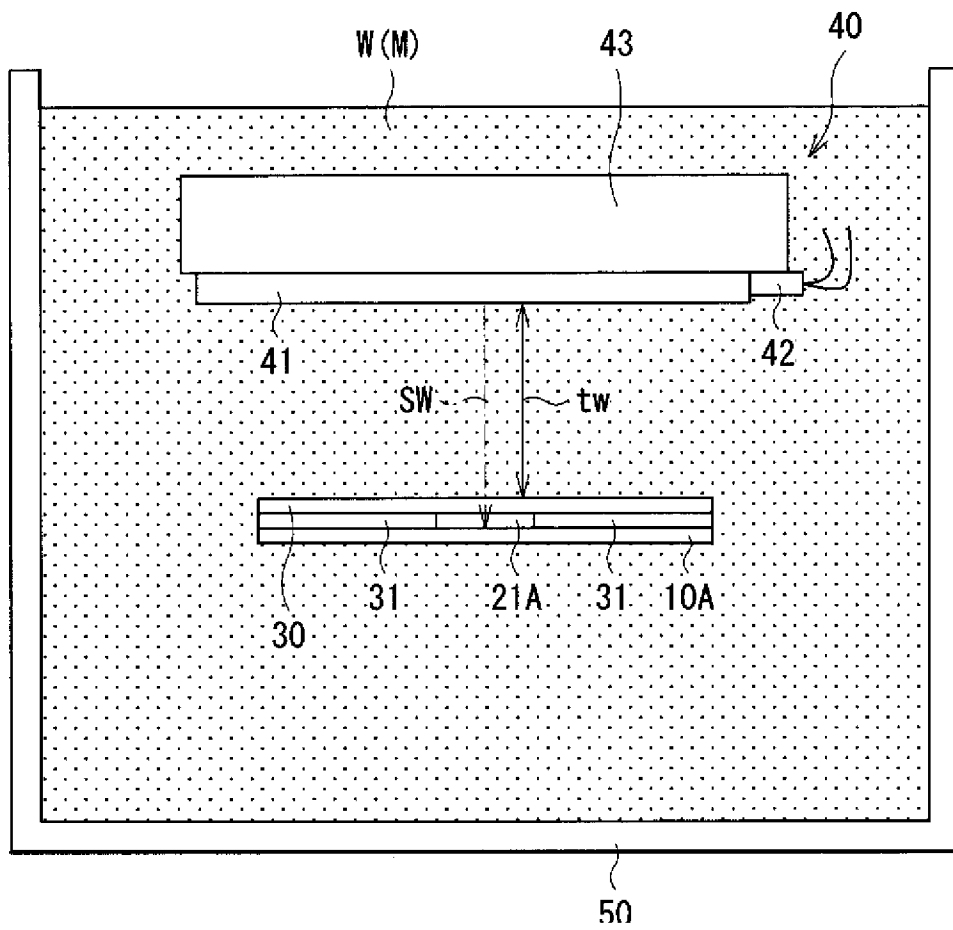
[[図2]]



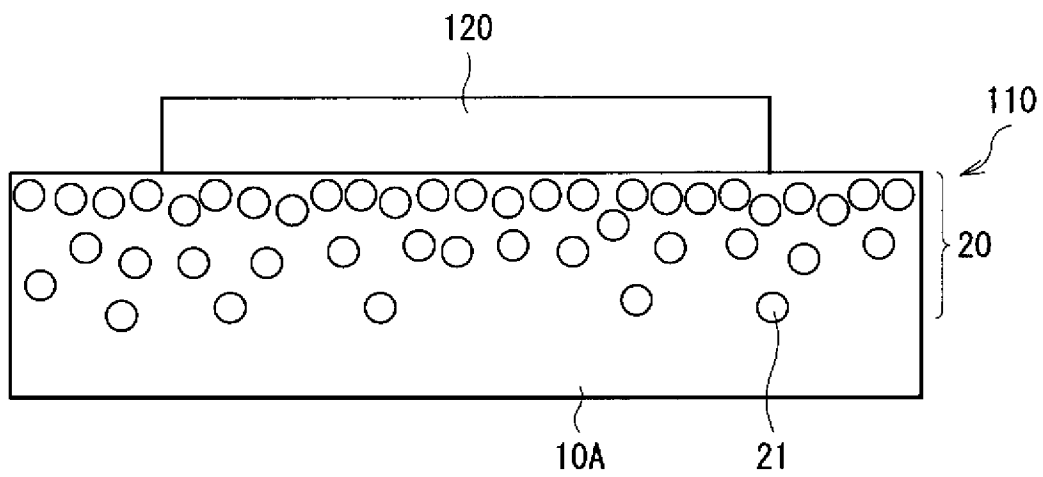
[[図3]]



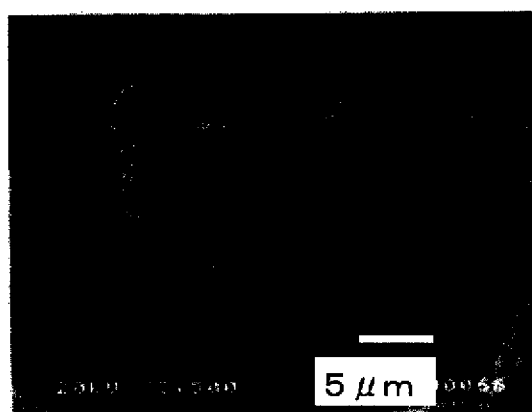
[図4]



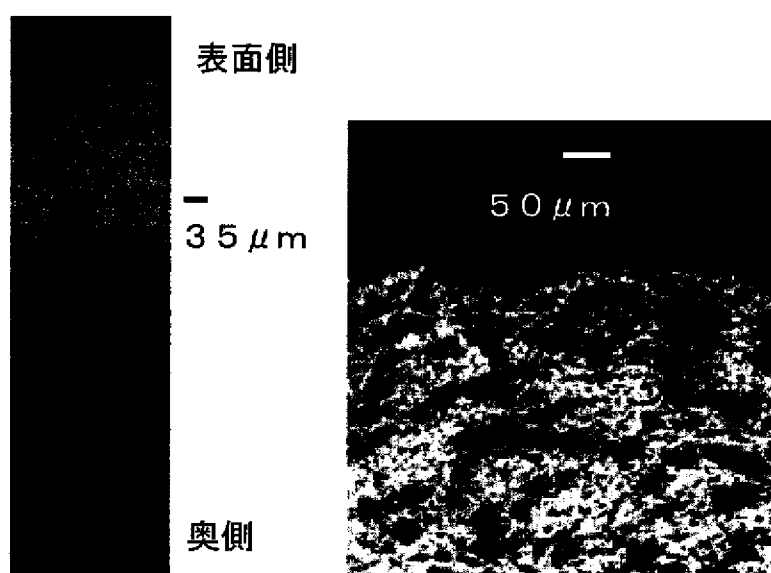
[図5]



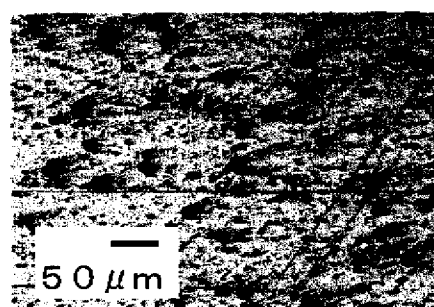
[図6]



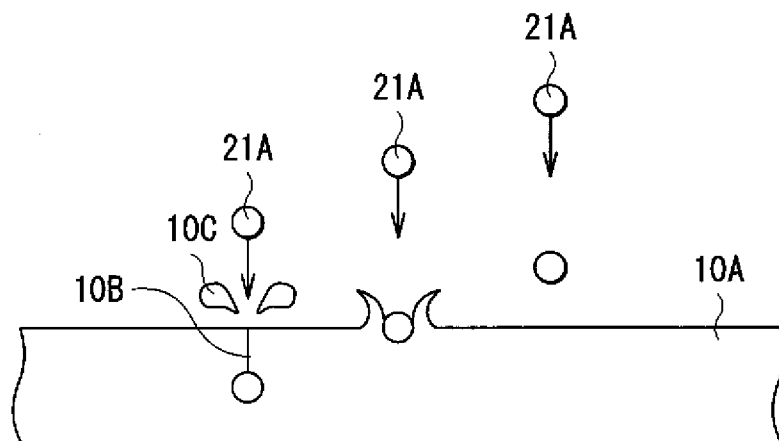
[図7]



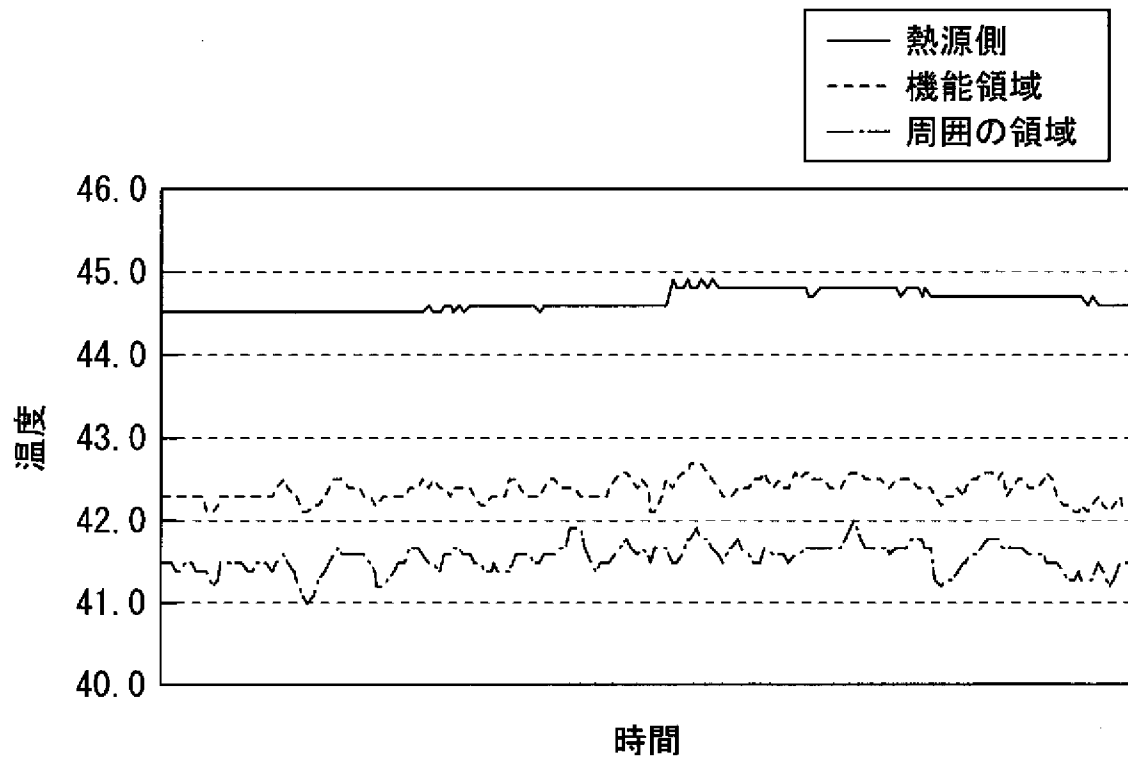
[図8]



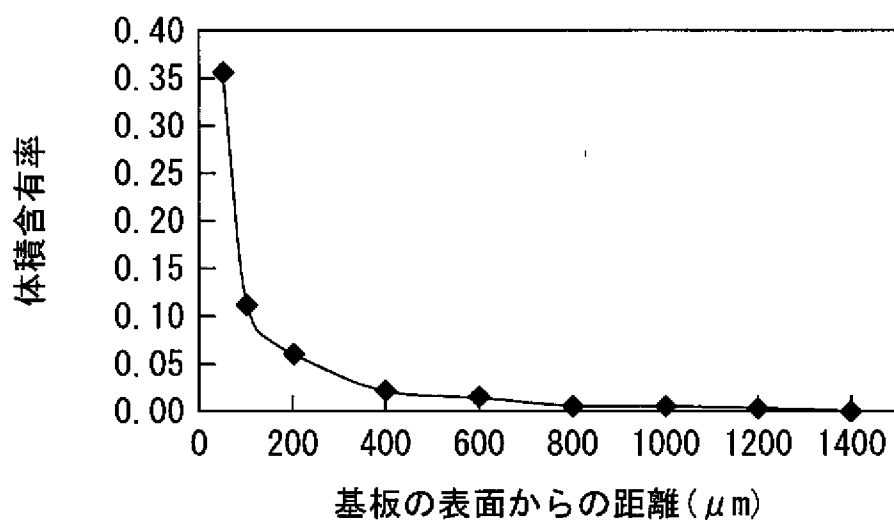
[図9]



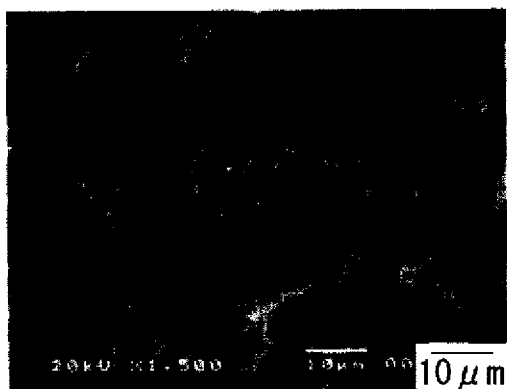
[図10]



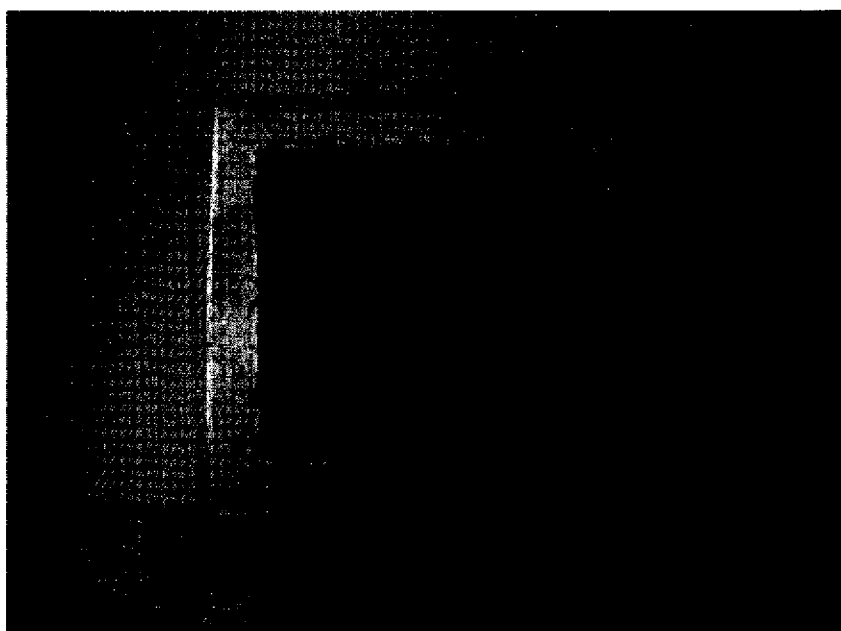
[図11]



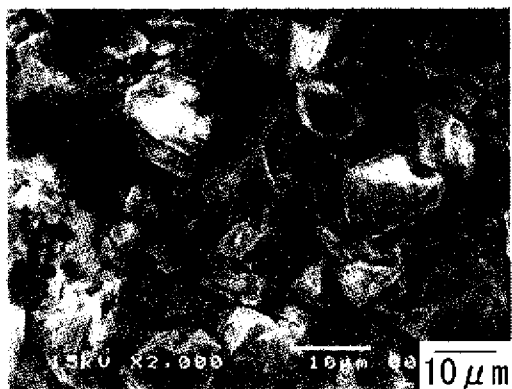
[図12]



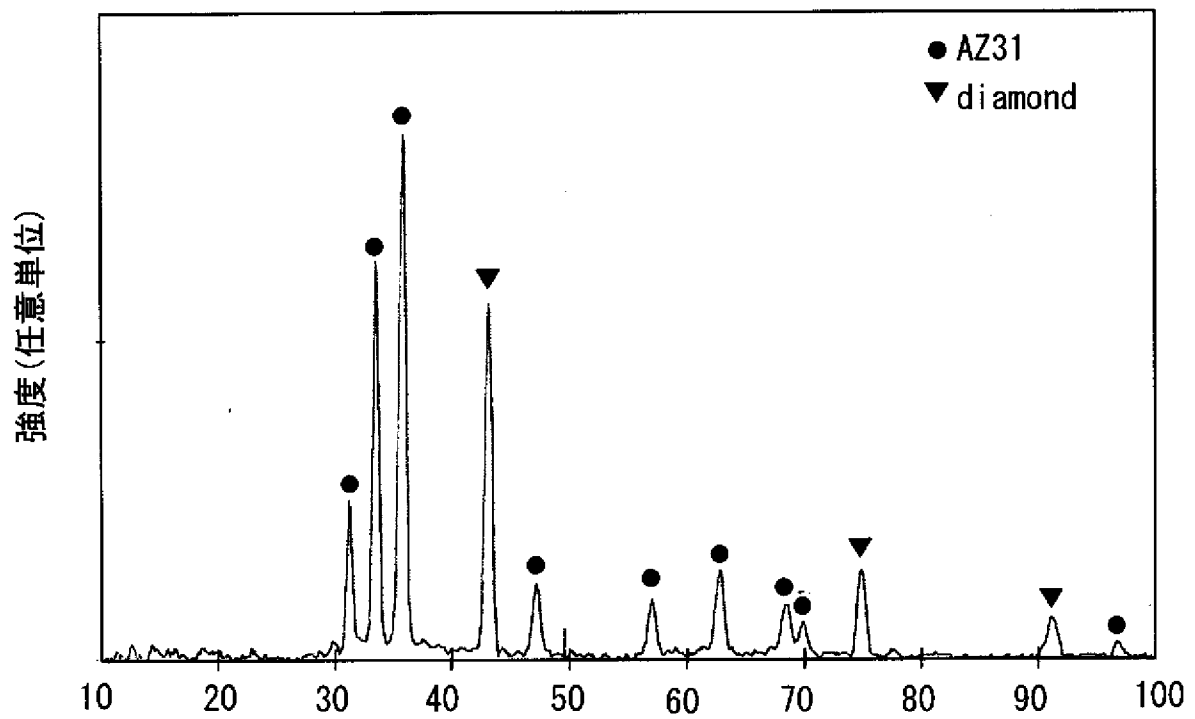
[図13]



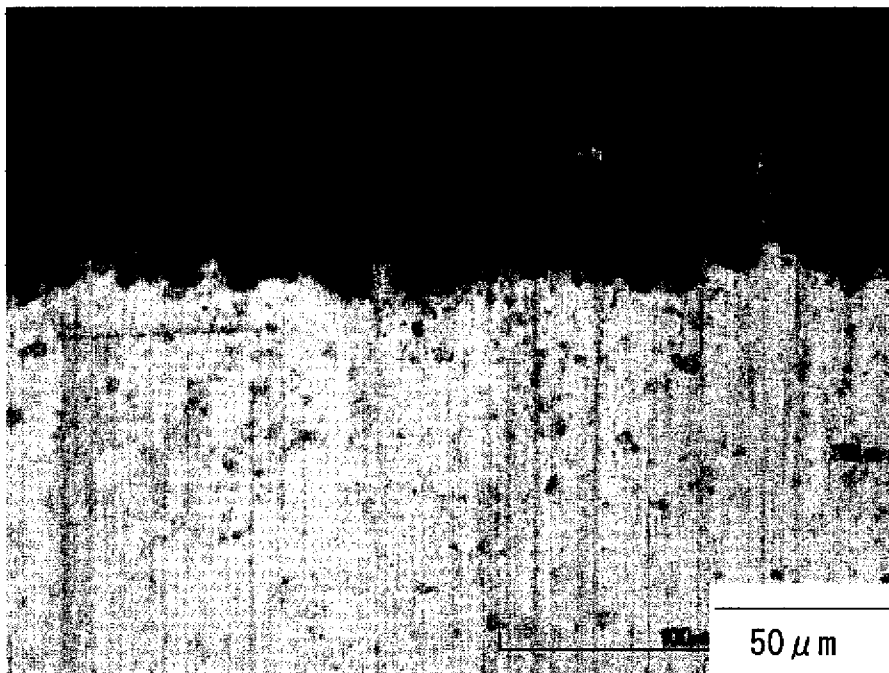
[図14]



[図15]



[図16]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2006/314269

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C22C1/10(2006.01) i, C23C24/04(2006.01) i, H01L23/373(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)

C22C1/00-49/14, C23C24/04, H01L23/373

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 1996-2006

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2006 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2006

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 A	JP 2004-221605 A (NGK Insulators, Ltd.), 05 August, 2004 (05.08.04), Claims; Par. Nos. [0002], [0019] to [0021] & EP 1160860 A1 & US 69933531 B & WO 2001-048816 A1	5, 6, 8-10 1-4, 7
X A	JP 2003-166028 A (Zaidan Hojin Ueda Sen'i Kagaku Shinkokai), 13 June, 2003 (13.06.03), Claims; Par. Nos. [0010] to [0011]; Fig. 2 (Family: none)	5, 7 1-4, 6, 9, 10

☐ 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
11 October, 2006 (11.10.06)Date of mailing of the international search report
24 October, 2006 (24.10.06)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（I P C）） Int.Cl. C22C1/10(2006.01)i, C23C24/04(2006.01)i, H01L23/373(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（I P C）） Int.Cl. C22C1/00-49/14, C23C24/04, H01L23/373			
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 日本国公開実用新案公報 日本国実用新案登録公報 日本国登録実用新案公報 1 9 2 2 - 1 9 9 6 年 1 9 7 1 - 2 0 0 6 年 1 9 9 6 - 2 0 0 6 年 1 9 9 4 - 2 0 0 6 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 請求の範囲の番号
X A	JP 2004-221605 A（日本碍子株式会社）2004.08.05, 特許請求の範囲、【0002】、【0019】－【0021】 & EP 1160860 A1 & US 69933531 B & WO 2001-048816 A1		5, 6, 8-10 1-4, 7
X A	JP 2003-166028 A（財団法人上田繊維科学振興会）2003.06.13, 特許請求の範囲、【0010】－【0011】、【図2】 （ファミリーなし）		5, 7 1-4, 6, 9, 10
☐ 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 1 1 . 1 0 . 2 0 0 6		国際調査報告の発送日 2 4 . 1 0 . 2 0 0 6	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（I S A / 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） 河野 一夫 電話番号 03-3581-1101 内線 3435	4K 9833