

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2007 年 9 月 20 日 (20.09.2007)

PCT

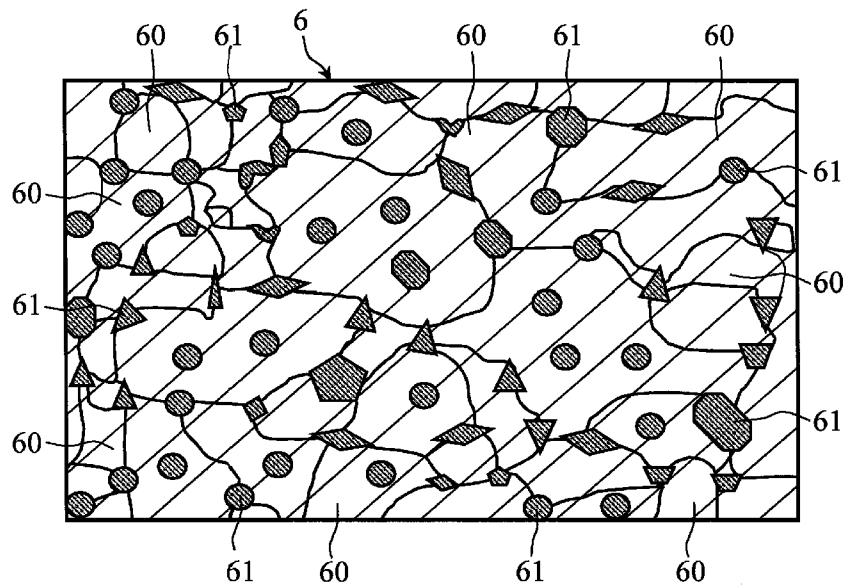
(10) 国際公開番号
WO 2007/105477 A1

- (51) 国際特許分類:
G11B 5/60 (2006.01) *G11B 5/39* (2006.01)
C04B 35/10 (2006.01) *G11B 21/21* (2006.01)
G11B 5/31 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2007/053556
- (22) 国際出願日: 2007 年 2 月 26 日 (26.02.2007)
- (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2006-050968 2006 年 2 月 27 日 (27.02.2006) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 京セラ株式会社 (KYOCERA CORPORATION) [JP/JP]; 〒
- 6128501 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町 6 番地
 Kyoto (JP).
- (72) 発明者; および
 (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 須恵 敏幸 (SUE, Toshiyuki) [JP/JP]; 〒8994312 鹿児島県霧島市国分山下町 1 番 1 号 京セラ株式会社鹿児島国分工場内 Kagoshima (JP). 中原 正博 (NAKAHARA, Masahiro) [JP/JP]; 〒8994312 鹿児島県霧島市国分山下町 1 番 1 号 京セラ株式会社鹿児島国分工場内 Kagoshima (JP). 源通 拓哉 (GENTSUU, Takuya) [JP/JP]; 〒8994312 鹿児島県霧島市国分山下町 1 番 1 号 京セラ株式会社鹿児島国分工場内 Kagoshima (JP).
- (74) 代理人: 塩谷 隆嗣 (SHIOTANI, Takashi); 〒5500013 大阪府大阪市西区新町 1-10-7-401 Osaka (JP).

[続葉有]

(54) Title: MAGNETIC HEAD SUBSTRATE, MAGNETIC HEAD AND RECORDING MEDIUM DRIVING DEVICE

(54) 発明の名称: 磁気ヘッド用基板、磁気ヘッドおよび記録媒体駆動装置



(57) Abstract: Provided is a magnetic head substrate composed of a sintered body containing an alumina of 35 mass % or more but not more than 60 mass %, and a conductive compound of 40 mass % or more but not more than 65 mass %. The conductive compound includes at least one material selected from carbonate, nitride and carbonitride of tungsten. The maximum crystal grain diameter of the sintered body is 4 μ m or less (excluding 0 μ m). Furthermore, a magnetic head provided with a slider formed of the magnetic head substrate, and a recording medium driving device having such magnetic head are also provided.

(57) 要約: 本発明は、アルミナを 35 質量%以上 60 質量%以下、導電性化合物を 40 質量%以上 65 質量%以下含有する焼結体からなる磁気ヘッド用基板に関する。導電性化合物は、タングステンの炭化物、窒化物および炭窒化物のうちから選択される少なくとも 1 種を含んでいる。前記焼結体の最大結晶粒径が 4 μ m 以下（但し、0 μ m を除く）で

[続葉有]



WO 2007/105477 A1



- (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, GT, 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, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, 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
- 補正書・説明書

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。

明 細 書

磁気ヘッド用基板、磁気ヘッドおよび記録媒体駆動装置

技術分野

- [0001] 本発明は、ハードディスクドライブやテープドライブ等の記録媒体駆動装置、これに用いられる磁気ヘッド、および磁気ヘッドの基材であるスライダを形成するための磁気ヘッド用基板に関するものである。

背景技術

- [0002] 高密度磁気ディスクの記録再生用の磁気ヘッドとしては、磁性薄膜を利用したものが使用されている。かかる磁気ヘッドには、耐摩耗性、浮上面における表面平滑性、機械加工性等に優れることが要求されている。
- [0003] このような磁気ヘッドを作製するためには、先ず、 Al_2O_3 -TiC系セラミックスから成るセラミック基板上に、非晶質状のアルミナから成る下地膜をスパッタ法により成膜して、前記下地膜上に電磁変換素子を搭載する。電磁変換素子は、磁気抵抗効果を発揮するものである。このような電磁変換素子としては、たとえばMR (Magnetoresistive) 素子「以下、「MR素子」と称す）、GMR (Giant Magnetoresistive) 素子「以下、「GMR素子」と称す）、あるいはTMR (Tunnel Magnetoresistive) 素子（以下、「TMR素子」と称す）が用いられる。
- [0004] 次に、電磁変換素子が搭載されたセラミック基板を短冊状に切断し、切断面を研磨して鏡面とした後、鏡面の一部を除去して凹部を形成する。凹部は、イオンミリング加工や反応性イオンエッチングによって形成される。そして、短冊状に切断されたセラミック基板をチップ状に分割することで、磁気ヘッドが得られる。このようにして得られる磁気ヘッドでは、除去されずに鏡面のままの部分は磁気記録媒体に対向させられる浮上面となり、凹部は磁気ヘッドを浮上させるための空気を通す流路として機能する。
- [0005] 近年、記録媒体駆動装置では、記録媒体における記録密度を高くすることが求められている。この要求に応じるためには、記録媒体に対する磁気ヘッドの浮上量（隙間）を10nm以下と極めて低くしなければならない。ところが、磁気ヘッドの浮上量を

小さくすると、磁気ヘッドにおける電磁変換素子のコイルから発生した熱の影響が相対的に強くなり、記録媒体に保存された記録が破壊されるという問題を生じている。

[0006] 一方、磁気ヘッドにおけるスライダ(磁気ヘッド用基板)を形成する材料としては、アルミナ系複合セラミックスが採用されている。また、アルミナ系複合セラミックスとしては、種々のものが提案されている(たとえば特許文献1～4参照)。

[0007] 特許文献1には、 $0.5\mu\text{m}\sim 100\mu\text{m}$ の結晶粒子を有するアルミナの結晶粒内に粒径 $2.0\mu\text{m}$ 以下の窒化チタン微粒子を分散させたアルミナ系複合セラミックスが開示されている。このアルミナ系複合セラミックスは、強度および耐熱性の向上を図ったものである。

[0008] 特許文献2には、窒化チタンを10～25重量%を含み、アルミナの結晶粒内に窒化チタン超微粒子が均一分散した、相対密度が96%以上、かつ体積固有抵抗が $1\times 10^4\sim 5\times 10^6\Omega\cdot\text{cm}$ の範囲に制御された焼結体からなるアルミナ系複合セラミックスが開示されている。このアルミナ系複合セラミックスは、高強度化、高密度化および比抵抗の最適化を図ったものである。

[0009] 特許文献3には、アルミナ粒子77～96体積%と、炭化チタン、窒化チタン、炭化ジルコニウム、窒化ジルコニウム、炭化ハフニウム、窒化ハフニウム、炭化ニオブ、窒化ニオブ、炭化タンタルおよび窒化タンタルからなる群から選ばれる1種以上の導電性化合物粒子4～23体積%とを含み、アルミナ粒子と前記導電性化合物粒子の平均粒径がいずれも $5\mu\text{m}$ 以下であって、面抵抗率が $10^6\sim 10^{10}\Omega/\text{cm}^2$ であるアルミナ系複合セラミックスが開示されている。このアルミナ系複合セラミックスは、電子部品において、帯電除去を有用に行なえるようにするためのものである。

[0010] 特許文献4には、磁気ヘッド用のセラミックスとして、種々のものが例示されており、アルミナ系複合材料として、アルミナ・炭化タングステン焼結体が例示されている。

[0011] 特許文献1:特開平2-229756号公報

特許文献2:特開平8-119722号公報

特許文献3:特許3313380号公報

特許文献4:特開2000-348321号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

- [0012] しかしながら、特許文献1～3に開示されたアルミナ系複合セラミックスは、磁気ヘッドのスライダ材料として採用することを目的としたものではなく、磁気ヘッドに採用するのは困難である。
- [0013] すなわち、特許文献1に開示されたアルミナ系複合セラミックスは、高強度、高耐熱衝撃性の複合セラミックスであるものの、破壊靱性も高くしたものである。そのため、機械加工性が低く、磁気ヘッド用基板から磁気ヘッドへの加工が困難である。
- [0014] 特許文献2および特許文献3に開示されたアルミナ系複合セラミックスは、高密度の複合セラミックスであるものの、磁気ヘッドに用いるには導電性が低いものである。
- [0015] 以上、説明した通り、特許文献1～3で提案されたアルミナ系複合セラミックスは、磁気ヘッドに採用するには、機械加工性または導電性が低いという問題が生じるものであった。
- [0016] 一方、特許文献4に開示されたアルミナ・炭化タングステン焼結体は、磁気ヘッド用のものであるが機械加工性が悪いといった問題がある。すなわち、タングステンはアルミナに対して比重が大きいので、製造工程において原料粉末を調合する際に均一に混合しにくく沈殿凝集などが発生しやすい。そのため、得られた磁気ヘッド用基板には凝集欠陥が発生しやすく、磁気ヘッド用基板を用いて磁気ヘッドを作製する際のイオンミリング加工により、この凝集欠陥に起因して高精度な加工ができない。その結果、磁気ヘッドの浮上面を目的とする表面粗さに制御するのが困難となり、磁気ヘッドの浮上量を一定に保持することが困難となる。特に、低背化の磁気ヘッドとして採用することができない。
- [0017] 本発明は、機械加工性および導電性を兼ね備えた磁気ヘッドのための材料を提供することを課題としている。

課題を解決するための手段

- [0018] 本発明の第1の側面では、アルミナを35質量%以上60質量%以下、導電性化合物を40質量%以上65質量%以下含有する焼結体からなり、前記導電性化合物は、タングステンの炭化物、窒化物および炭窒化物のうちから選択される少なくとも1種を含んでおり、前記焼結体の最大結晶粒径が4 μ m以下(但し、0 μ mを除く)である、

磁気ヘッド用基板が提供される。

- [0019] 本発明の第2の側面では、スライダと、電磁変換素子と、を備えた磁気ヘッドであって、前記スライダは、アルミナを35質量%以上60質量%以下、導電性化合物を40質量%以上65質量%以下含有する焼結体からなり、前記導電性化合物は、タングステンの炭化物、窒化物および炭窒化物のうちから選択される少なくとも1種を含んでおり、前記焼結体の最大結晶粒径が $4\mu\text{m}$ 以下(但し、 $0\mu\text{m}$ を除く)である、磁気ヘッドが提供される。
- [0020] 前記スライダは、浮上面と、空気を導入するための凹部と、を有している。前記凹部は、表面における算術平均高さRaが20nm以下であるのが好ましい。
- [0021] 本発明の第3の側面では、本発明の第2の側面に係る磁気ヘッドと、前記磁気ヘッドによって情報の記録および再生を行う磁気記録層を有する記録媒体と、前記記録媒体を駆動させるモータと、を備えている、記録媒体駆動装置が提供される。
- [0022] 好ましくは、前記焼結体は、平均結晶粒径が $1\mu\text{m}$ 以下(但し、 $0\mu\text{m}$ を除く)である。
- [0023] 好ましくは、前記アルミナは、平均結晶粒径が $1\mu\text{m}$ 以下(但し、 $0\mu\text{m}$ を除く)である。
- [0024] 好ましくは、前記導電性化合物は、タングステンの炭化物である。前記導電性化合物は、たとえば平均結晶粒径が10nm($0.01\mu\text{m}$)以上 $1\mu\text{m}$ 以下であり、楔形形状の粒子を含んでいるのが好ましい。
- [0025] 本発明の磁気ヘッド用基板および磁気ヘッドは、電磁変換素子が形成される主面やスライダの端面からの深さ1mmまでの領域における前記主面や端面と平行な面において、導電性化合物の結晶粒子の分布密度が 5×10^5 個/ mm^2 以上である。
- [0026] 前記焼結体は、熱伝導率が、たとえば $30\text{W}/(\text{m}\cdot\text{k})$ 以上であり、抗折強度が、たとえば700MPa以上である。

発明の効果

- [0027] 本発明の磁気ヘッド用基板によれば、アルミナを35質量%以上60質量%以上、導電性化合物を40質量%以上65質量%以下含み、タングステンの炭化物、窒化物および炭窒化物のうちから選択される少なくとも1種を含んでおり、導電性を適切に維

持することができる。また、前記焼結体の最大結晶粒径が $4\mu\text{m}$ 以下(但し、 $0\mu\text{m}$ を除く)とされているため、アルミナおよび導電性化合物の凝集が抑制されており、組織の均一化が図られており、機械加工性を良好なものとするすることができる。そのため、機械加工面の表面粗さを目的のものとして浮上特性に優れた磁気ヘッドを提供できるようになる。

[0028] 本発明の磁気ヘッドによれば、スライダが前記磁気ヘッド用基板と同様な組成および組織状態となっていることから、導電性を適切に維持しつつ、機械加工性を良好なものとするため、浮上特性に優れたものとなる。

[0029] 本発明の磁気ヘッド用基板および磁気ヘッドのスライダにおいて、導電性化合物としてタングステンの炭化物からなるものを用いれば、タングステンの炭化物がタングステンの窒化物や炭窒化物より安価であるため、製造コスト的に有利となる。また、導電性化合物としてタングステンの炭化物を用いれば、磁気ヘッド用基板あるいはその分割片を研磨するときに、砥粒とタングステン化合物との間の抵抗を大きく確保できるため、磁気ヘッド用基板あるいはその分割片のラッピングレートを向上させることができる。

[0030] 本発明の磁気ヘッド用基板および磁気ヘッドのスライダにおいて、導電性化合物の結晶粒子が楔形形状の粒子を含んでいれば、磁気ヘッドを作製する際、アルミナの結晶相に対する導電性化合物の結晶粒子のアンカー効果により、アルミナの結晶粒子および導電性化合物の結晶粒子の脱粒を抑制することができる。そのため、本発明の磁気ヘッド用基板が機械加工性に優れたものとなり、機械加工面の表面粗さを目的とするものにできるため、磁気ヘッドの浮上量を安定化させることができる。

[0031] 本発明の磁気ヘッド用基板および磁気ヘッドのスライダにおいて、導電性化合物の平均結晶粒径を 10nm ($0.01\mu\text{m}$) 以上 $1\mu\text{m}$ 以下とすれば、磁気ヘッド用基板およびスライダの全体にわたって抵抗値を均一にすることができるとともに、体積固有抵抗を $1\Omega\cdot\text{cm}$ 以下にすることができる。

[0032] 本発明の磁気ヘッド用基板および磁気ヘッドのスライダにおいて、電磁変換素子が形成される主面や端面からの深さが 1mm までの領域の主面や端面と平行な面における導電性化合物の結晶粒子が分布密度を $5\times 10^5\text{個}/\text{mm}^2$ 以上とすれば、組織

が均一化されているために機械加工性をさらに良好なものとすることができる。また、適切に導電性を維持しつつも、スライダにおいて、端面における帯電エリアが減少(分散)されるため、静電気の発生を抑制することができる。さらに、分布密度を 5×10^5 個/mm²以上にすれば、導電性化合物の結晶粒子の放熱性が良好であるため、焼結体全体として放熱性を高めることもできる。

[0033] 本発明の磁気ヘッド用基板および磁気ヘッドのスライダにおいて、熱伝導率を30 W/(m・k)以上とすれば、磁気ヘッドにおける電磁変換素子のコイルから発生した熱を速やかに逃がすことができるため、記録媒体に保存された記録が熱により破壊されることを抑制することができる。

[0034] 本発明の磁気ヘッド用基板および磁気ヘッドのスライダにおいて、抗折強度を700 MPa以上とすれば、マイクロクラックを適切に防止することができ、その結果、アルミナおよび導電性化合物の脱粒を抑制できるため、良好なCSS(コンタクト・スタート・ストップ)特性を有する磁気ヘッドを得ることができる。

[0035] 本発明の磁気ヘッドにおいて、スライダにおける凹部の表面の算術平均高さRaを20nm以下(0nmを除く)とすれば、凹部の平滑性が向上するため、浮上特性を安定化させることができる。

[0036] 本発明の記録媒体駆動装置では、磁気ヘッドの浮上特性が安定化しているため、スライダが小型化された場合であっても、その浮上量を一定に保持することができ、長期間にわたって正確に情報の記録・再生を行なうことができる。

図面の簡単な説明

[0037] [図1]本発明に係る記録媒体駆動装置の一例を示す平面図である。

[図2]図1のII-II線に沿う断面図である。

[図3]図1のIII-III線に沿う断面図である。

[図4]本発明に係る磁気ヘッドの一例を示す全体斜視図である。

[図5]本発明に係る磁気ヘッドのスライダおよび磁気ヘッド用基板の組織構造を示す模式図である。

[図6]楔形形状の導電性化合物の結晶粒子の模式図である。

[図7]図7Aは磁気ヘッド用基板の製造工程を説明するための斜視図であり、図7Bは

磁気ヘッド用に基板に電磁変換素子を形成する工程を説明するための集合基板の斜視図である。

[図8]図8Aおよび図8Bは、磁気ヘッド用基板を切断して短冊片を得るため工程を説明するための斜視図である。

[図9]短冊片の研磨に用いるラップ装置の概略構成を示す斜視図である。

[図10]図9に示したラップ装置の一部を断面で示した正面図である。

[図11]短冊片に凹部を形成する工程を説明するための斜視図である。

[図12]短冊片を切断して磁気ヘッドの得る工程を説明するための斜視図である。

[図13]図10に示したラップ装置におけるラップ治具に磁気ヘッド用基板の分割片を配置した状態を示す斜視図である。

符号の説明

- [0038]
- 1 ハードディスクドライブ(記録媒体駆動装置)
 - 2 磁気ヘッド
 - 20 (磁気ヘッドの)電磁変換素子
 - 21 (磁気ヘッドの)スライダ
 - 22 (スライダの)浮上面
 - 23 (スライダの)凹部
 - 24 (スライダの)端面
 - 3A, 3B 磁気ディスク(記録媒体)
 - 40 モータ
 - 6 焼結体
 - 61 導電性化合物の結晶粒子
 - 7 磁気ヘッド用基板
 - 70 (磁気ヘッド用基板の)主面

発明を実施するための最良の形態

[0039] 以下においては、本発明について、図面を参照しつつ具体的に説明する。

[0040] 図1ないし図3に示したハードディスクドライブ1は、記録媒体駆動装置の一例に相当するものであり、ケース10の内部に、磁気ヘッド2、磁気ディスク3A、3B、および

回転駆動機構4を収容したものである。

- [0041] 磁気ヘッド2は、任意のトラックにアクセスし、情報の記録および再生を行うためのものである。磁気ヘッド2は、アクチュエータ5に対して、サスペンションアーム50を介して支持されており、磁気ディスク3A, 3B上を非接触状態で移動するようになっている。より具体的には、磁気ヘッド2は、アクチュエータ5を中心として、磁気ディスク3A, 3Bの半径方向に回転可能であるとともに、上下方向に往復移動可能とされている。磁気ヘッド2は、電磁変換素子20およびスライダ21を備えている。
- [0042] 図4に示したように、電磁変換素子20は、磁気抵抗効果を発揮するものであり、たとえばMR (Magnetoresistive) 素子「以下、「MR素子」と称す)、GMR (Giant Magnetoresistive) 素子「以下、「GMR素子」と称す)、あるいはTMR (Tunnel Magnetoresistive) 素子(以下、「TMR素子」と称す)として構成されている。
- [0043] スライダ21は、磁気ヘッド2の基材となるものであり、浮上面22および凹部23を備えている。浮上面22は、磁気ディスク3に対向する面であり、鏡面として形成されている。凹部23は、磁気ヘッドを浮上させるための空気を通す流路として機能するである。凹部23は、イオンミリング加工や反応性イオンエッチングによって目的とする深さおよび形状に形成されており、表面における算術平均高さRaは、たとえば20nm以下(0nmを除く)とされている。このような表面粗さに凹部23を形成すれば、凹部23の平滑性が向上し、空気の流れを適切に制御できるため、磁気ヘッド2の浮上特性を安定化させることができる。
- [0044] スライダ21は、図5に示したように、アルミナを35質量%以上60質量%以下、導電性化合物を40質量%以上65質量%以下含有する焼結体6からなっている。焼結体6(スライダ21)におけるアルミナおよび導電性化合物の比率は、ICP (Inductively Coupled Plasma) 発光分析法によりアルミニウムおよびタングステンの比率を求め、アルミニウムについては酸化物に重量換算するとともに、タングステンについては導電性化合物の種類に応じて炭化物、窒化物または炭窒化物に重量換算した上で求めることができる。
- [0045] 焼結体6は、アルミナの結晶粒子60および導電性化合物の結晶粒子61を含んでおり、最大結晶粒径が4 μ m以下(0 μ mを除く)、好ましくは1 μ m以下とされている。

このようなスライダ21は、アルミナの結晶粒子60および導電性化合物の結晶粒子61の凝集を防止することができ組織の均一化を図ることができるため、表面粗さを小さなものとして、組織の均一性を向上させるとともに、適切な導電性が維持されている。

[0046] アルミナの結晶粒子60は、たとえば平均結晶粒径が $1\mu\text{m}$ 以下($0\mu\text{m}$ を除く)とされている。一方、導電性化合物の結晶粒子61は、タングステンの炭化物、窒化物および炭窒化物から選択される少なくとも1つの化合物からなるものであり、好ましくはタングステン炭化物である。導電性化合物としてタングステンの炭化物を用いれば、タングステンの炭化物がタングステンの窒化物や炭窒化物より安価であるため、製造コスト的に有利となる。導電性化合物の結晶粒子61は、たとえば平均結晶粒径が 10nm ($0.01\mu\text{m}$)以上 $1\mu\text{m}$ 以下とされる。

[0047] アルミナの結晶粒子60および導電性化合物の結晶粒子61の最大結晶粒径、平均結晶粒径は、たとえばスライダ21の端面24あるいは目的とする断面を走査型電子顕微鏡(SEM)を用いて最大結晶粒径や平均結晶粒径の大きさに応じて倍率3250～13000倍より適宜倍率を選定して撮影した $5\mu\text{m}\times 8\mu\text{m}\sim 20\mu\text{m}\times 32\mu\text{m}$ の範囲の画像を、画像解析ソフト(Image-Pro Plus)を用いて解析することによって算出することができる。

[0048] 導電性化合物の結晶粒子61は、楔形形状の粒子を含んでいるのが好ましい。導電性化合物の結晶粒子61が楔形形状の粒子を含んでいれば、アルミナの結晶粒子60に対する導電性化合物の結晶粒子61のアンカー効果により、アルミナおよび導電性化合物の結晶粒子60、61ともに脱粒しにくくなる。

[0049] ここで、楔形形状とは、スライダ21の電磁変換素子20側の端面24またはこの端面24から 1mm 以下の領域を研磨して得られる鏡面を、走査型電子顕微鏡(SEM)等で観察した場合に、図6に示したように導電性化合物の結晶粒子61の輪郭線によって形成される交差角 θ が 90° 未満の角を1つ以上有する粒子をいう。最小となる交差角 θ は、磁気ヘッド2の浮上面22(図4参照)に対し、垂直方向に位置することが最も高いアンカー効果が得られるため好ましい。

[0050] 図4に示したように、スライダ21は、電磁変換素子20側の端面24からの深さDが 1mm までの領域における端面24と平行な面25において、導電性化合物の結晶粒子

61 (図5および図6参照)の分布密度が 5×10^5 個/mm²以上であるのが好ましい。導電性化合物の結晶粒子61の分布密度は、 1×10^6 個/mm²以上であるのがさらに好ましい。

[0051] スライド21において、端面24からの深さDが1mmまでの面25における導電性化合物の結晶粒子61の分布密度を 5×10^5 個/mm²以上とすれば、さらに適切に導電性を維持することができるとともに、端面24における耐電エリアが減少(分散)するため静電気の発生を抑制することができる。分布密度を 5×10^5 個/mm²以上すれば、導電性化合物の結晶粒子61の放熱性が良好であることに起因して、焼結体6として放熱性を高めることもできる。

[0052] 分布密度を測定する領域を端面24からの深さDが1mmまでの領域における端面24に平行な面25としたのは、端面24における放熱性が、磁気ヘッド2の浮上量、磁気ディスク3A、3Bの記録の破壊に対して影響を与えるためである。分布密度の測定面は、端面24からの深さDが1mmまでの領域であれば、この端面24であっても、断面であってもよい。分布密度の測定範囲は、測定面における $20 \mu\text{m} \times 20 \mu\text{m}$ とするのが好ましい。この範囲であれば、十分に導電性化合物の結晶粒子61の分散を確認することができる。

[0053] ここで、分布密度が 5×10^5 個/mm²以上とは、たとえば端面24あるいは目的とする断面における $20 \mu\text{m} \times 20 \mu\text{m}$ の範囲で、導電性化合物粒子2が200個以上存在する状態をいい、走査型電子顕微鏡で撮影した倍率7000倍～13000倍の画像から求めることができる。

[0054] スライド21はさらに、熱伝導率が、たとえば $30\text{W}/(\text{m} \cdot \text{k})$ 以上とされ、抗折強度が、たとえば700MPa以上とされている。スライド21において、熱伝導率を $30\text{W}/(\text{m} \cdot \text{k})$ 以上とすれば、磁気ヘッド2に形成されたコイルから発生した熱を速やかに逃がすことができるため、磁気ディスク3A、3Bに保存された記録が熱により破壊されることを抑制することができる。一方、抗折強度を700MPa以上とすれば、マイクロクラックを防止することができるため、アルミナおよび導電性化合物の脱粒を抑制でき、良好なCSS(コンタクト・スタート・ストップ)特性を有する磁気ヘッドを得ることができる。

[0055] ここで、スライド21を成す焼結体6の熱伝導率は、JIS R 1611-1997に準拠し

て測定することができ、抗折強度は、JIS R 1601-1995に準拠して3点曲げ強度で評価することができる。

[0056] 図1ないし図3に示した磁気ディスク3A, 3Bは、記録媒体の一例に相当するものであり、磁気記録層(図示略)を備えている。これらの磁気ディスク3A, 3Bは、貫通孔30A, 30Bを有する円板状に形成されている。

[0057] 回転駆動機構4は、磁気ディスク3を回転させるためのものであり、モータ40および回転軸41を備えている。モータ40は、回転軸41に対して回転力を付与するためのものであり、ケース10の底壁11に固定されている。回転軸41は、モータ40により回転させられるものであるとともに、磁気ディスク3A, 3Bを支持するためのものである。この回転軸41に対しては、ハブ42が固定されている。ハブ42は、回転軸41とともに回転するものであり、挿入部43およびフランジ部44を有するものである。磁気ディスク3A, 3Bは、貫通孔30A, 30Bに挿入部43が挿入された状態で、スペーサ45, 46, 47を介して、フランジ部44に積層されている。磁気ディスク3A, 3Bはさらに、クランプ49をネジ48によりスペーサ47に固定することにより、ハブ41については回転軸40に固定されている。このような回転機構4では、モータ40により回転軸41を回転させることにより、ハブ42については磁気ディスク3A, 3Bが回転させられる。

[0058] 次に、磁気ヘッド2の製造方法について、図7ないし図12を参照しつつ説明する。

[0059] まず、図7Aに示したように、円板状の磁気ヘッド用基板7を形成する。この磁気ヘッド用基板7は、材料粉末を混合・造粒して得られる顆粒を用いた加圧焼結により作製される。

[0060] 材料粉末としては、アルミナ粉末35質量%以上60質量%以下、および導電性化合物40質量%以上65質量%以下含有するものが用いられる。材料粉末としては、焼結を促進させて焼結体をより緻密にするために、 Yb_2O_3 、 Y_2O_3 、および MgO の少なくとも1種を0.1質量%以上0.6質量%以下加えてもよい。材料粉末の混合は、たとえばボールミル、振動ミル、コロイドミル、アトライター、あるいは高速ミキサーを用いて行なわれる。

[0061] アルミナ粉末としては、たとえば平均粒径が $0.3\mu\text{m}$ 以上 $0.7\mu\text{m}$ 以下のものを使用される。アルミナ粉末として平均粒径が $0.3\mu\text{m}$ 以上 $0.7\mu\text{m}$ 以下のものを用いる

のは、アルミナ粉末の平均粒径が $0.7\mu\text{m}$ を超えると、焼結体の緻密化が不十分となり、強度不足となるからであり、 $0.3\mu\text{m}$ 未満では成形性が低下しやすく、焼結における制御も難しくなるからである。したがって、アルミナ粉末として、平均粒径が $0.3\mu\text{m}$ 以上 $0.7\mu\text{m}$ 以下のものを用いることで、焼結体の緻密化は促進され、磁気ヘッド用基板7として必要な強度を容易に得ることができる。とくに、アルミナ粉末としては、平均粒径が $0.05\mu\text{m}$ 以上 $0.5\mu\text{m}$ 以下のものを用いることにより、アルミナの結晶粒子の平均粒径を $1.0\mu\text{m}$ 以下とすることができる。

[0062] 導電性化合物としては、平均粒径 10nm 以上 800nm 以下のタングステン(W)の炭化物、窒化物および炭窒化物のうちの少なくとも一種が用いられ、その中でもとくに、窒化物タングステンや炭窒化物タングステンよりも安価な炭化物のタングステンを用いるのが好ましい。そうすれば、製造コスト的に有利となる。導電性化合物として平均粒径が 10nm 以上 800nm 以下のものを用いるのは、平均粒径が 10nm 未満では、導電性化合物粒子の粉末の凝集力が強過ぎるため、凝集体が形成されやすくなるからであり、 800nm を超えると、低温での焼結性が悪化する傾向にあるからである。したがって、導電性化合物粒子の粉末として、平均粒径を 10nm 以上 800nm 以下のものを用いることで、凝集体が形成されず導電性化合物の平均結晶粒径を 10nm 以上 $1\mu\text{m}$ 以下とすることができ、低温での焼結性も良好な磁気ヘッド用基板7を得ることができる。

[0063] なお、アルミナ粉末および導電性化合物の粉末の平均粒径は、液相沈降法、遠心沈降光透過法、レーザー回折散乱法、レーザードップラー法等により測定することができる。

[0064] 顆粒への造粒は、材料粉末の混合物に、結合剤や分散剤等の成形助剤を添加して均一に混合した後、転動造粒機、スプレードライヤー、圧縮造粒機等の各種造粒機を用いて行なうことができる。

[0065] 加圧焼結は、得られた顆粒を成形手段で所望の形状に成形して成形体とした後、還元性雰囲気中に行なわれる。成形は、乾式加圧成形、冷間等方静水圧成形等の公知の手段により行なわれる。還元性雰囲気は、たとえばアルゴン、ヘリウム、ネオン、窒素、真空により達成される。加圧力は、 30MPa 以上に設定するのが好ましい。そ

うすれば、焼結体の緻密化が促進され、磁気ヘッド用基板7として求められる強度、たとえば抗折強度を700MPa以上とすることができる。磁気ヘッド用基板7において抗折強度を700MPa以上とできれば、マイクロクラックの発生を適切に防止することができる。その結果、磁気ヘッド用基板7では、アルミナの粒子や導電性化合物粒子の脱粒を抑制できるため、良好なCSS(コンタクト・スタート・ストップ)特性を有する磁気ヘッドを提供することが可能となる。なお、抗折強度は、JIS R 1601-1995に準拠して3点曲げ強度で評価することができる。

[0066] 焼結温度は、たとえば1400℃以上1700℃以下とされる。焼結温度が1400℃未満では、材料粉末を十分に焼結させることができないからであり、1700℃を超えると、導電性化合物の粒子が凝集しやすく、導電性化合物が本来備えている機能を十分に発揮することができないからである。

[0067] また、炭素質材料を含む遮蔽材を上記成形体の周囲に配置して加圧焼結することが好適である。このようにすることで、導電性化合物粒子が酸化物粒子に変質することを防止でき、機械的特性の優れた磁気ヘッド用基板7とすることができる。

[0068] このようにして形成される磁気ヘッド用基板7は、図4に示したようにアルミナ(結晶粒子60)を35質量%以上60質量%以下、導電性化合物(結晶粒子61)を40質量%以上65質量%以下含有するとともに、最大結晶粒径が4 μ m以下(0 μ mを除く)の焼結体6となる。このような焼結体(磁気ヘッド用基板7)は、導電性化合物(結晶粒子61)が40質量%以上であるために、スライシング加工等の機械加工における耐チップング性や電荷の除去速度を低下させることもなく、導電性化合物(結晶粒子61)が65質量%以下であるために表面品位を損なうことなく、摺動特性を適切に維持することができる。ここでは、焼結体6(磁気ヘッド用基板7)におけるアルミナおよび導電性化合物粒子の合計を100質量%となるように示しているが、不純物を0.5質量%以下の割合で含有してもよい。

[0069] なお、焼結体6(磁気ヘッド用基板7)におけるアルミナおよび導電性化合物粒子の比率は、スライダ21の場合と同様に、ICP(Inductivity Coupled Plasma)発光分析法によりアルミナおよびタングステンの比率に基づいて求めることができる。

[0070] 焼結体6(磁気ヘッド用基板7)はまた、材料粉末の粒径、焼結条件(焼結温度や焼

結圧力)を適宜調整することにより、導電性化合物の結晶粒子61の平均結晶粒径が、たとえば10nm(0.01 μ m)以上1 μ m以下、電磁変換素子が形成される主面70からの深さ1mmまでの領域における主面70と平行な面71(図7参照)における分布密度が 5×10^5 個/ mm^2 以上とされる。

- [0071] 磁気ヘッド基板7において導電性化合物の平均結晶粒径を10nm(0.01 μ m)以上1 μ m以下とすれば、磁気ヘッド用基板7の全体にわたって抵抗値を均一にすることができるとともに、体積固有抵抗を $1 \Omega \cdot \text{cm}$ 以下にすることができる。
- [0072] また、導電性化合物の結晶粒子61の分布密度を 5×10^5 個/ mm^2 以上とすれば、導電性を維持しつつ機械加工性を良好なものとすることができるとともに、放熱性を高めることができる。なお、導電性化合物の結晶粒子61の分布密度の定義および測定方法は、スライド21の場合と同様である。
- [0073] さらに、焼結温度を1500℃以上に設定することにより、導電性化合物の結晶粒子61をある程度凝集させ、導電性化合物の結晶粒子61の一部を楔形形状に形成することもできる。ここで、楔形形状の定義については、図4を参照してスライド21について説明した場合と同様である。磁気ヘッド用基板7において、導電性化合物の結晶粒子61として楔形形状の粒子を含んでいれば、アルミナの結晶粒子60に対する導電性化合物の結晶粒子61のアンカー効果により、アルミナの結晶粒子60および導電性化合物粒子61が脱粒しにくくなる。そのため、磁気ヘッド用基板7は機械加工性に優れたものとなり、機械加工面の表面粗さを目的とするものにできるため、浮上特性の安定した磁気ヘッド2を提供することが可能となる。
- [0074] また、材料粉末の組成を適宜選択することにより、焼結体(磁気ヘッド用基板7)の熱伝導率を、たとえば30W/(m·K)以上とすることができる。その場合には、磁気ヘッド用基板7から得られるスライド21(磁気ヘッド2)が熱伝導性に優れたものとなる。そのため、磁気ヘッド2における電磁変換素子20のコイル(図示略)から発生した熱を速やかに逃がすことができるため、磁気ヘッド用基板7では、記録媒体に保存された記録が熱により破壊されることを抑制することができる磁気ヘッド2を提供することが可能となる。なお、熱伝導率は、JIS R 1611-1997に準拠して測定することができる。

- [0075] 次に、図7Bに示したように、磁気ヘッド用基板7に対して、予め磁気ヘッド用基板7に対して非晶質のアルミナからなる下地膜をバイアスパッタ法により成膜した後、複数の電磁変換素子80を一括して造り込んで集合基板8を形成する。
- [0076] 複数の電磁変換素子80は、半導体集積技術を用いて、たとえばギャップ膜、保護膜、上下磁極膜、コイル膜および絶縁膜を形成することにより磁気ヘッド基板7に対して造り込まれる。ギャップ膜および保護膜は、たとえばバイアスパッタ法によりアルミナスパッタ膜として形成される。上下磁極膜およびコイル膜は、たとえばめっき法により形成される。上下磁極膜は、たとえばNi-Fe合金により、コイル膜は、たとえば銅により形成される。絶縁膜は、磁極膜とコイルとの間、およびコイル間の絶縁性を保つためのものであり、たとえば絶縁性を有する熱硬化性樹脂を用いたホトリソグラフィ法により形成される。
- [0077] 次に、図8Aおよび図8Bに示したように、集合基板8を切断して短冊片81を得る。この工程は、図8Aに示した集合基板8を四角に切断する第1切断加工と、図8Bに示した電磁変換素子80が並ぶ列を1つの単位として、短冊片81に切断する第2切断加工と、を含んでいる。第1および第2切断加工は、たとえばダイヤモンドカッタを用いて行なわれる。
- [0078] 次に、短冊片81におけるスライダ21の浮上面22(図4参照)となるべき面を研磨する。この研磨は、たとえば図9および図10に示したラップ装置9を用いて行なわれる。ラップ装置9は、ラップ盤90、ラップ治具91および容器92を備えたものである。
- [0079] ラップ盤90は、駆動部(図示略)により回転させられるものであり、たとえば錫により、平坦度が $10\mu\text{m}$ 以下、ビッカース硬度(H_v)が78MPaに形成されている。このラップ盤90は、渦巻き状の溝93を有している。溝93は、断面が矩形状とされており、ピッチPtが、たとえば0.1~0.5mmに設定されている。
- [0080] ラップ治具91は、短冊片81を保持するためのものであり、円板状に形成されている。このラップ治具91は、アクチュエータ(図示略)によって上下方向に往復移動可能とされているとともに、保持した短冊片81をラップ盤90に対して所定の圧力で押し付けるように構成されている。
- [0081] 容器92は、ラップ盤90に供給する研磨液94を保持したものである。研磨液94とし

ては、たとえば濃度0.1～1.0g/Lが研磨粒を含むpH7.5～8.5がスラリー状のものを使用することができる。研磨粒としては、たとえば平均粒径が0.05～0.15 μ mのダイヤモンド砥粒を用いることができる。

[0082] このようなラップ装置9を用いて短冊片81を研磨する場合には、ラップ盤90を所定の周速度で回転させつつ、ラップ盤90に向けて容器92からの研磨液94の吐出させた状態で、短冊片81を保持させたラップ治具91をラップ盤90に押し付けることにより行なわれる。容器92からの研磨液94の吐出速度は、たとえば0.3mL/60secに、ラップ盤90の回転速度は、たとえば0.5～1.0m/secに、ラップ盤90に対する短冊片81(ラップ治具91)を押し付ける圧力は、たとえば50～100MPaに設定される。このようにして短冊片81におけるスライダ21の浮上面22(図4参照)となるべき面を研磨することにより、研磨面82は算術平均粗さRaが0.2～0.4nmの鏡面とされる。

[0083] 次に、図11に示したように、短冊片81の研磨面82に凹部83を形成する。凹部83は、磁気ヘッド2を浮上させるための空気を通す流路(凹部23)(図4参照)として機能するものであり、研磨面82における除去されずに鏡面のままの部分は、磁気ヘッド2において磁気記録媒体に対向させられる浮上面22(図4参照)となるものである。先の凹部83は、たとえばイオンミリング加工や反応性イオンエッチングにより、目的とする形状、深さおよび表面粗さに形成される。凹部83の表面における算術平均粗さRaは、たとえば20nm以下(0nmを除く)とされる。このような表面粗さに凹部83を形成すれば、磁気ヘッド2における凹部23(図4参照)の平滑性が向上し、空気の流れを適切に制御できるため、磁気ヘッド2の浮上特性を安定化させることができる。

[0084] 最後に、図12に示したように、凹部83を形成した短冊片81を切断することにより、図4に示したようにチップ状の磁気ヘッド2を得ることができる。

実施例

[0085] 以下、本発明の実施例を説明する。ただし、本発明はこれらの実施例により限定されるものではない。

[0086] [実施例1]

本実施例では、組成および組織状態の異なる複数の試験片を用いて、組成および組織状態が機械的特性に与える影響を検討した。

[0087] (試験片の作製)

試験片は、目的とする組成に調合した材料粉末を含むスラリーを用いて成形体を形成した後に、この成形体を加圧焼結して磁気ヘッド基板を形成するとともに、この磁気ヘッド基板を切断することにより作製した。

[0088] 材料粉末としては、アルミナ、導電性化合物および Yb_2O_3 を用い、これら材料粉末に分散剤を添加した。

[0089] なお、材料粉末におけるアルミナおよび導電性化合物の平均粒径や含有量を選択することにより、下記表1に示した通り、焼結体(試験片)におけるアルミナおよび導電性化合物の平均結晶粒径および含有量を調整した。また、材料粉末における Yb_2O_3 の含有量は0.2質量%とした。

[0090] 成形体は、スラリーを噴霧乾燥機に投入して顆粒とした後、イオン交換水10%を顆粒に噴霧しバインダーとした後、乾式加圧成形によって形成した。

[0091] 加圧焼結は、成形体を金型(直径127mm、深さ2mm)に配置し、アルゴン雰囲気中で行なった。焼結温度については、下記表1に示した通りである。

[0092] 試験片は、磁気ヘッド用基板を切断することにより、10mm×10mm×2mmの板状、および20mm×50mm×1.2mmの板状に形成した。

[0093] (組織状態の観察)

試験片の組織状態は、アルミナおよび導電性化合物のそれぞれの平均結晶粒径、試験片の最大結晶粒径および平均結晶粒径として観察した。最大結晶粒径および平均結晶粒径は、走査型電子顕微鏡(SEM)を用いて、最大結晶粒径や平均結晶粒径の大きさに応じて倍率3250～13000倍より適宜倍率を選定して撮影した $5\mu\text{m} \times 8\mu\text{m} \sim 20\mu\text{m} \times 32\mu\text{m}$ の範囲の画像を、画像解析ソフト(Image-Pro Plus)を用いて解析することによって算出した。アルミナおよび導電性化合物のそれぞれの平均結晶粒径、試験片の最大結晶粒径および平均結晶粒径の算出結果については、表1に示した。

[0094] (試験片の組成)

試験片の組成は、アルミナと導電性化合物との重量比率として算出した。まず、ICP(Inductivity Coupled Plasma)発光分析装置(セイコー電子工業製、SPS12

00VR)を用いてアルミニウムおよびタングステンの比率を求めた。次いで、アルミニウムについては酸化物の重量に換算するとともに、タングステンについては導電性化合物の種類に応じて炭化物、窒化物または炭窒化物の重量に換算し、それらの比率(重量%)を算出した。重量比率の算出結果については、表1に示した。

[0095] (機械的特性の評価)

[0096] 機械的特性は、ラッピングレート、凹部の表面粗さ、およびビッカース硬度として評価した。

[0097] ラッピングレートは、図9および図10に示したラップ装置9(ラップマスターSFT社製9“型)を用いて、単位時間当たりの研磨量として評価した。研磨液94としては、平均粒径 $0.1\mu\text{m}$ のダイヤモンド砥粒を濃度 0.5g/L で分散させたpH8.1のスラリー状のものを使用した。ラップ盤90としては、平坦度 $10\mu\text{m}$ 以下、ビッカース硬度(H_v)78MPa、溝95のピッチPtが 0.3mm の錫製のものを使用した。ラップ盤90の回転速度は、周速として、 0.65m/秒 に設定した。図13に示したように、ラップ治具91に対しては、 $10\text{mm}\times 10\text{mm}\times 2\text{mm}$ の試験片95を30枚等間隔で円周状に配置した。ラップ盤90に対する研磨液94の供給速度は、 $0.3\text{mL}/60\text{sec}$ とし、ラップ盤90に対する試験片95の押し付け圧力は 0.07MPa に設定した。

[0098] ラッピングレートは、ラップ加工する前の試験片95の厚み(t_a)およびラップ加工した後の試験片95の厚み(t_b)を、それぞれダイヤルゲージを用いて測定し、その差($t_a - t_b$)をラップ加工に要した時間で除すことにより求めた。

[0099] 凹部の表面粗さは、算術平均高さ(Ra)として、原子間力顕微鏡を用いて、JIS B 0601-2001に準拠して測定した。ただし、評価長さを $10\mu\text{m}$ とした。凹部は、イオンミリング装置(「AP-MIED型」日本電子株式会社製)を用いて形成した。イオンミリングは、 $20\text{mm}\times 50\text{mm}\times 1.2\text{mm}$ の試験片に対して、 Ar^+ イオンを用いて加速電圧 $3\text{kV}/30\text{mA}$ 、衝突角度 35° 、イオンミリング深さ $0.2\mu\text{m}$ にて行なった。

[0100] ビッカース硬度は、試験力を 196N とした以外は、JIS R 1610-2003に準拠して測定した。

[0101] ラッピングレート、凹部の表面粗さ、およびビッカース硬度の測定結果は表1に示した。

[0102] [表1]

試料 No.	アルミナ		導電性化合物		焼結体		焼結方法	焼成温度 (°C)	ラッピング レート ($\mu\text{m}/\text{min}$)	イオンミリング 加工後の 算術平均高さ Ra(nm)	ビッカース硬 度Hv (GPa)
	含有量 (質量%)	平均 結晶粒径 (μm)	種類	含有量 (質量%)	平均 結晶粒径 (μm)	最大 結晶粒径 (μm)					
* 1	55	0.1	WC	45	0.02	—	—	—	—	—	—
2	55	0.3	WC	45	0.02	2.5	0.42	加圧焼結	1500	0.11	15
* 3	55	0.5	WC	45	0.005	10	0.7	加圧焼結	1500	0.121	24
4	55	0.5	WC	45	0.01	2	0.35	加圧焼結	1500	0.113	14
5	55	0.5	WC	45	0.4	2.2	0.6	加圧焼結	1500	0.095	16
6	55	0.5	WC	45	1.2	3.6	0.85	加圧焼結	1500	0.107	20
* 7	55	0.5	WC	45	0.4	—	—	加圧焼結	1350	—	—
8	55	0.5	WC	45	0.4	3	0.8	加圧焼結	1400	0.112	17
* 9	65	0.5	WC	35	0.4	3	0.9	加圧焼結	1500	0.132	25
10	60	0.5	WC	40	0.4	3.5	0.8	加圧焼結	1500	0.11	18
11	55	0.5	WC	45	0.4	2.3	0.8	加圧焼結	1500	0.098	18
12	35	0.5	WC	65	0.4	3	0.5	加圧焼結	1500	0.13	18
* 13	30	0.5	WC	70	0.4	3.5	0.4	加圧焼結	1500	0.062	26
14	55	0.5	WC	45	0.4	1.4	0.5	加圧焼結	1700	0.095	17
15	55	0.5	WC	45	0.4	3.6	0.6	加圧焼結	1750	0.102	16
16	55	1	WC	45	0.4	3.6	0.95	加圧焼結	1800	0.132	19
17	55	1.2	WC	45	0.4	3.6	0.98	加圧焼結	1830	0.124	21
18	55	0.5	WC	45	0.4	3.6	0.85	加圧焼結	1770	0.113	18
19	55	0.5	WC	45	0.4	3.8	1	加圧焼結	1850	0.127	20
* 20	55	0.5	WC	45	0.4	13	1.2	加圧焼結	1800	0.09	36
* 21	55	0.5	WC	45	0.4	15	1.5	常圧焼結	1500	0.08	—
22	55	0.5	WC	45	0.8	3.8	0.9	加圧焼結	1500	0.102	20
* 23	55	0.5	WC	45	1	5.7	1.4	加圧焼結	1500	0.11	24
24	55	0.7	WC	45	0.2	3.8	1.1	加圧焼結	1500	0.093	22
* 25	55	1	WC	45	2	18	2.3	加圧焼結	1500	0.067	28
* 26	65	0.5	WN	35	0.4	3.7	0.9	加圧焼結	1500	0.075	21
27	60	0.5	WN	40	0.4	3.6	0.8	加圧焼結	1500	0.082	17
28	55	0.5	WN	45	0.4	3.7	0.7	加圧焼結	1500	0.098	18
29	35	0.5	WN	65	0.4	3.6	0.8	加圧焼結	1500	0.11	20
* 30	30	0.5	WN	70	0.4	3.8	0.5	加圧焼結	1500	0.045	25
* 31	65	0.5	WGN	35	0.4	3.4	0.9	加圧焼結	1500	0.078	24
32	60	0.5	WGN	40	0.4	3.5	0.8	加圧焼結	1500	0.089	18
33	55	0.5	WGN	45	0.4	3.6	0.7	加圧焼結	1500	0.092	19
34	35	0.5	WGN	65	0.4	4	0.7	加圧焼結	1500	0.084	20
* 35	30	0.5	WGN	70	0.4	3.8	0.6	加圧焼結	1500	0.052	25
36	55	0.5	WC	45	0.01	3.5	0.8	加圧焼結	1500	0.113	18
* 37	55	0.5	WC	45	0.005	6	0.6	加圧焼結	1500	0.121	23

*を付した試料は本発明の請求範囲外である。

[0103] 表1に示す通り、アルミナを35質量%以上60質量%以下、導電性化合物を40質量%以上65質量%以下で含有し、且つ、焼結体(試験片)の最大結晶粒径が $4\mu\text{m}$ 以下である本発明の試料(No. 2, 4~6, 8, 10~12, 14~19, 22, 24, 27~29, 32~34, 36)は、ラッピングレートが $0.064\mu\text{m}/\text{min}$ 以上、イオンミリング加工後の凹部の算術平均高さRaは22nm以下、ビッカース硬度が19.2GPa以上であり、イオンミリング加工後のアルミナ、導電性化合物の組織の分散性が高く、非常に高精度な表面を得ることができた。

[0104] 本発明の試料のうち、No. 24を除く焼結体(試験片)の平均結晶粒径を $1\mu\text{m}$ 以下とした試料は、イオンミリング加工後の凹部の算術平均高さRaは21nm以下とさらに高精度な表面を得ることができた。また、No. 17を除く焼結体(試験片)のアルミナの平均結晶粒径を $1\mu\text{m}$ 以下とした試料、No. 6を除く導電性化合物粒子の平均結晶粒径が10nm($0.01\mu\text{m}$)以上 $1\mu\text{m}$ 以下とした試料は、何れもイオンミリング加工後の算術平均高さRaは20nm以下とさらに高精度な表面を得ることができた。

[0105] 本発明の試料のうち、導電性化合物としてタングステンの炭化物(WC)を用いた試

料(No. 2, 4~6, 8, 10~12, 14~19, 22, 24, 36)は、他の導電性化合物(WN, WCN)に比べてダイヤモンド砥粒との抵抗が増加し、ラッピングレートが $0.093 \mu\text{m}/\text{min}$ 以上とより高い値となることがわかった。

[0106] これに対し、試料No. 1は、アルミナ粉末の平均粒径が $0.3 \mu\text{m}$ 以下であったため、アルミナ粉末自体の分散性が悪くなり、また成形体の弾性回復も大きく、その結果良好に焼結させることができなかった。試料No. 7は加圧焼結温度が 1400°C 未満であったため、試料No. 21は常圧焼結を用いたためにいずれも十分に焼結させることができず、全ての評価を行なうことができなかった。

[0107] また、焼結体の最大粒径が $4 \mu\text{m}$ を超える試料(No. 3, 20, 21, 23, 25, 37)は、イオンミリング加工後の算術平均高さRaは 24nm 以上 36nm 以下と非常に大きいものであった。

[0108] 同様に、アルミナを35質量%以上60質量%以下、導電性化合物を40質量%以上65質量%以下で含有しない試料(No. 9, 13, 26, 30, 31, 35)は、ラッピングレートは $0.045 \mu\text{m}/\text{min}$ と低いものや、イオンミリング加工後の算術平均高さRaは 25nm 程度の試料が多く、加工性が低下していることがわかった。

[0109] [実施例2]

本実施例では、試験片における導電性化合物の分布密度が、導電性や機械的特性に与える影響を検討した。

[0110] (試験片の作製)

試験片は、実施例1と同様にして作製した。ただし、焼結体(試験片)におけるアルミナおよび導電性化合物粒子のそれぞれについて、平均結晶粒径および含有量を表2のように調整し、焼成温度を調整することによって試験片の導電性化合物粒子の分布密度を調整した。また、試験片としては、焼結体を切断することにより、 $10\text{mm} \times 10\text{mm} \times 2\text{mm}$ の板状、 $20\text{mm} \times 50\text{mm} \times 3.5\text{mm}$ の長尺状を作製した。

[0111] (分布密度の測定)

分布密度は、実施例1と同様な条件で試験片にラップ加工を施し、走査型電子顕微鏡を用いてラップ加工面をのうち $20 \mu\text{m} \times 20 \mu\text{m}$ の範囲の導電性化合物粒子の数をカウントすることにより確認した。走査型電子顕微鏡での倍率は、 $7000 \sim 1300$

0倍の範囲から最適な倍率を選択した。走査型電子顕微鏡の観察においては、導電性化合物粒子の形状を同時に確認した。

[0112] (機械的特性)

機械的特性は、体積固有抵抗、ラッピングレートおよび最大チップング量として評価した。

[0113] 体積固有抵抗は、JIS C 2141-1992に準拠して測定した。

[0114] ラッピングレートは、実施例1と同様にして測定した。

[0115] 最大チップング量は、試験片をスライサー(「SPG25N-13K型」(株)不二越社製)を用いて溝を形成したときの溝表面から測定した。試験片としては、各試料につき20mm×50mm×3.5mmの長尺状のものを10個ずつ準備した。スライサーにおけるダイヤモンドブレードとしては、SD1200EL-1H/Size(ダイヤモンドブレードサイズ幅99mm×高さ40mm×厚み0.07mm)を用いた。溝は、ダイヤモンドブレードの送り速度220mm/min、回転数10000rpmとして、加工深さ3.5mm、加工ピッチ2mm、加工長さ50mmに形成した。溝表面に関しては金属顕微鏡を用いて倍率1000倍にして撮影し、60μm×80μmの範囲の画像を解析することによって最大チップング量を算出した。

[0116] 体積固有抵抗、ラッピングレートおよび最大チップング量の測定結果については、表2に示した。

[0117] [表2]

試料 No.	アルミナ		導電性化合物				焼結体		焼結方法	焼成温度 (°C)	分布密度 (個/mm ²)	体積固有 抵抗 (Ω・cm)	ラッピング レート (μm/min)	最大 チップング量 (μm)
	含有量 (質量%)	平均 結晶粒径 (μm)	種類	含有量 (質量%)	平均 結晶粒径 (μm)	楔形結晶の 有無	最大 結晶粒径 (μm)	平均 結晶粒径 (μm)						
38	35	0.5	WC	65	1.4	有	4	1.8	加圧焼結	1800	30	5.5×10^{-3}	0.038	16
39	40	0.5	WC	60	0.8	有	3.9	1.4	加圧焼結	1750	2.1×10^5	9.0×10^{-3}	0.062	10
40	55	0.5	WC	45	1	有	3.8	1.5	加圧焼結	1850	4.2×10^5	5.0×10^{-3}	0.07	11
41	40	0.5	WC	60	0.4	有	3.6	0.7	加圧焼結	1700	5.0×10^5	1.9×10^{-3}	0.086	6
42	45	0.5	WC	55	0.4	有	3.8	0.6	加圧焼結	1700	5.3×10^5	2.2×10^{-3}	0.089	5
43	55	0.5	WC	45	0.4	有	3.2	0.6	加圧焼結	1650	5.6×10^5	2.7×10^{-3}	0.08	5
44	40	0.5	WC	60	0.4	有	2.6	0.5	加圧焼結	1600	6.8×10^5	3.0×10^{-3}	0.078	4
45	50	0.3	WC	50	0.4	有	3.5	0.54	加圧焼結	1500	1.7×10^6	2.5×10^{-3}	0.09	4
46	55	0.3	WC	45	0.3	無	2.6	0.48	加圧焼結	1400	2.0×10^6	1.1×10^{-2}	0.083	11
47	50	0.5	WC	50	0.4	無	2.2	0.4	加圧焼結	1400	3.7×10^6	1.8×10^{-2}	0.086	10

[0118] 表2に示す通り、本発明の試料のうち、導電性化合物粒子の分布密度が 5×10^5 個/mm²以上の試料(No. 41~47)は、体積固有抵抗は $3 \times 10^{-3} \Omega \cdot \text{cm}$ 以下と低く、最大チップング量は11μm以下と小さいものであった。

[0119] 特に、これらの試料のうち、導電性化合物粒子として楔形形状の粒子を含む試料(No. 41～45)は、最大チップング量を $6\mu\text{m}$ 以下とさらに小さくすることができた。

請求の範囲

- [1] アルミナを35質量%以上60質量%以下、導電性化合物を40質量%以上65質量%以下含有する焼結体からなり、
前記導電性化合物は、タングステンの炭化物、窒化物および炭窒化物から選択される少なくとも1種であり、
前記焼結体の最大結晶粒径が $4\mu\text{m}$ 以下(但し、 $0\mu\text{m}$ を除く)である、磁気ヘッド用基板。
- [2] 前記焼結体は、平均結晶粒径が $1\mu\text{m}$ 以下(但し、 $0\mu\text{m}$ を除く)である、請求項1に記載の磁気ヘッド用基板。
- [3] 前記アルミナは、平均結晶粒径が $1\mu\text{m}$ 以下(但し、 $0\mu\text{m}$ を除く)である、請求項1に記載の磁気ヘッド用基板。
- [4] 前記導電性化合物は、タングステンの炭化物である、請求項1に記載の磁気ヘッド用基板。
- [5] 前記導電性化合物は、平均結晶粒径が 10nm ($0.01\mu\text{m}$)以上 $1\mu\text{m}$ 以下である、請求項1に記載の磁気ヘッド用基板。
- [6] 電磁変換素子が形成される主面からの深さ 1mm までの領域における前記主面と平行な面において、上記導電性化合物の結晶粒子の分布密度が 5×10^5 個/ mm^2 以上である、請求項1に記載の磁気ヘッド用基板。
- [7] 前記導電性化合物の結晶粒子は、楔形形状の粒子を含む、請求項1に記載の磁気ヘッド用基板。
- [8] 前記焼結体は、熱伝導率が $30\text{W}/(\text{m}\cdot\text{k})$ 以上である、請求項1に記載の磁気ヘッド用基板。
- [9] 上記焼結体は、抗折強度が 700MPa 以上である、請求項1に記載の磁気ヘッド用基板。
- [10] スライダと、電磁変換素子と、を備えた磁気ヘッドであって、
前記スライダは、アルミナを35質量%以上60質量%以下、導電性化合物を40質量%以上65質量%以下含有する焼結体からなり、
前記導電性化合物は、タングステンの炭化物、窒化物および炭窒化物のうちから

選択される少なくとも1種であり、

- 前記焼結体の最大結晶粒径が $4\mu\text{m}$ 以下(但し、 $0\mu\text{m}$ を除く)である、磁気ヘッド。
- [11] 前記焼結体は、平均結晶粒径が $1\mu\text{m}$ 以下(但し、 $0\mu\text{m}$ を除く)である、請求項10に記載の磁気ヘッド。
- [12] 前記アルミナは、平均結晶粒径が $1\mu\text{m}$ 以下(但し、 $0\mu\text{m}$ を除く)である、請求項10に記載の磁気ヘッド。
- [13] 前記導電性化合物は、タングステンの炭化物である、請求項10に記載の磁気ヘッド。
- [14] 前記導電性化合物は、平均結晶粒径が 10nm ($0.01\mu\text{m}$)以上 $1\mu\text{m}$ 以下である、請求項10に記載の磁気ヘッド。
- [15] 前記スライダにおける電磁変換素子が形成される端面からの深さ 1mm までの領域における前記端面と平行な面において、上記導電性化合物の結晶粒子の分布密度が 5×10^5 個/ mm^2 以上である、請求項10に記載の磁気ヘッド。
- [16] 前記導電性化合物の結晶粒子は、楔形形状の粒子を含む、請求項10に記載の磁気ヘッド。
- [17] 前記焼結体は、熱伝導率が $30\text{W}/(\text{m}\cdot\text{k})$ 以上である、請求項10に記載の磁気ヘッド。
- [18] 上記焼結体は、抗折強度が 700MPa 以上である、請求項10に記載の磁気ヘッド。
- [19] 前記スライダは、浮上面と、空気を導入するための凹部と、を有しており、
前記凹部は、表面における算術平均高さ R_a が 20nm 以下である、請求項10に記載の磁気ヘッド。
- [20] 請求項10ないし19のいずれかに記載の磁気ヘッドと、
前記磁気ヘッドによって情報の記録および再生を行う磁気記録層を有する記録媒体と、
前記記録媒体を駆動させるモータと、
を備えている、記録媒体駆動装置。

補正書の請求の範囲

[2007年7月27日 (27. 07. 2007) 国際事務局受理]

請求の範囲

- [1] (補正後)アルミナを35質量%以上60質量%以下、導電性化合物を40質量%以上65質量%以下含有し、実質的に前記アルミナおよび前記導電性化合物からなる焼結体からなり、
前記導電性化合物は、タングステンの炭化物、窒化物および炭窒化物から選択される少なくとも1種であり、
前記焼結体の最大結晶粒径が $4\mu\text{m}$ 以下(但し、 $0\mu\text{m}$ を除く)である、磁気ヘッド用基板。
- [2] 前記焼結体は、平均結晶粒径が $1\mu\text{m}$ 以下(但し、 $0\mu\text{m}$ を除く)である、請求項1に記載の磁気ヘッド用基板。
- [3] 前記アルミナは、平均結晶粒径が $1\mu\text{m}$ 以下(但し、 $0\mu\text{m}$ を除く)である、請求項1に記載の磁気ヘッド用基板。
- [4] 前記導電性化合物は、タングステンの炭化物である、請求項1に記載の磁気ヘッド用基板。
- [5] 前記導電性化合物は、平均結晶粒径が 10nm ($0.01\mu\text{m}$)以上 $1\mu\text{m}$ 以下である、請求項1に記載の磁気ヘッド用基板。
- [6] 電磁変換素子が形成される主面からの深さ 1mm までの領域における前記主面と平行な面において、上記導電性化合物の結晶粒子の分布密度が 5×10^5 個/ mm^2 以上である、請求項1に記載の磁気ヘッド用基板。
- [7] 前記導電性化合物の結晶粒子は、楔形形状の粒子を含む、請求項1に記載の磁気ヘッド用基板。
- [8] 前記焼結体は、熱伝導率が $30\text{W}/(\text{m}\cdot\text{k})$ 以上である、請求項1に記載の磁気ヘッド用基板。
- [9] 上記焼結体は、抗折強度が 700MPa 以上である、請求項1に記載の磁気ヘッド用基板。
- [10] (補正後)スライダと、電磁変換素子と、を備えた磁気ヘッドであって、
前記スライダは、アルミナを35質量%以上60質量%以下、導電性化合物を40質量%以上65質量%以下含有し、実質的に前記アルミナおよび前記導電性化合物か

らなる焼結体からなり、

前記導電性化合物は、タングステンの炭化物、窒化物および炭窒化物のうちから

条約第19条(1)に基づく説明書

請求の範囲第1項および第10項は、本発明に係る磁気ヘッド用基板および磁気ヘッドのスライダが実質的にアルミナおよびタングステンの炭化物、窒化物および炭窒化物の少なくとも1種（以下「タングステン系化合物」という）からなる焼結体からなることを明確にした。

引用例1には、タングステン系化合物を含有させた磁気ヘッド用焼結体については開示されていない。

引用例2-4には、窒化タングステンや炭窒化タングステンを含有させた焼結体については開示されていない。

引用例2ではさらに、炭化タングステンを含有した焼結体については実施例において評価されておらず、また最大粒子径に着目したものではない。

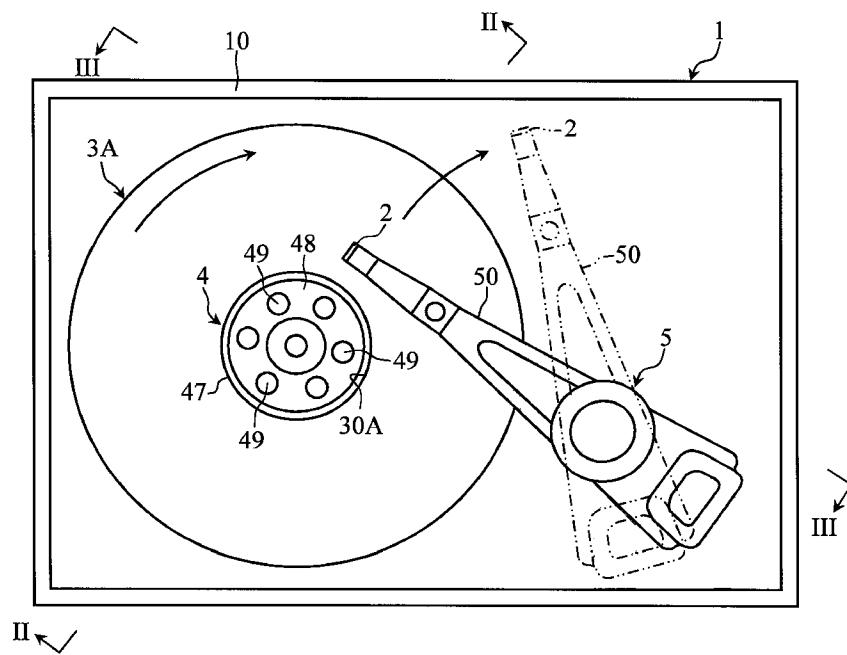
引用例2、3は、磁気ヘッド用の焼結体に関するものではない。

引用例4には、アルミナ・炭化タングステン焼結体が例示されているものの、炭化タングステンの含有量や最大粒子径については何らの検証もされていない。

本発明は、アルミナおよびタングステン系化合物からなるとともに最大粒子径が4 μm 以下の焼結体とすることにより、磁気ヘッドのスライダに要求される機械加工性および導電性を兼ね備えたものである。

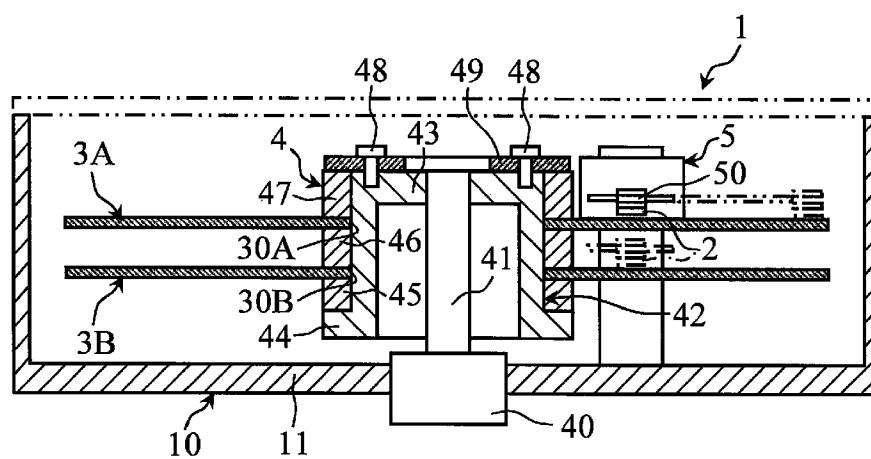
[図1]

FIG.1



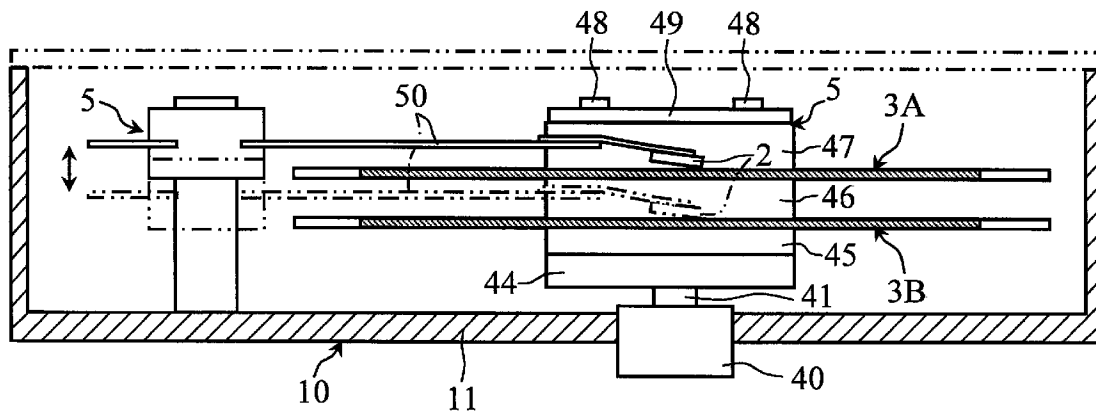
[図2]

FIG.2



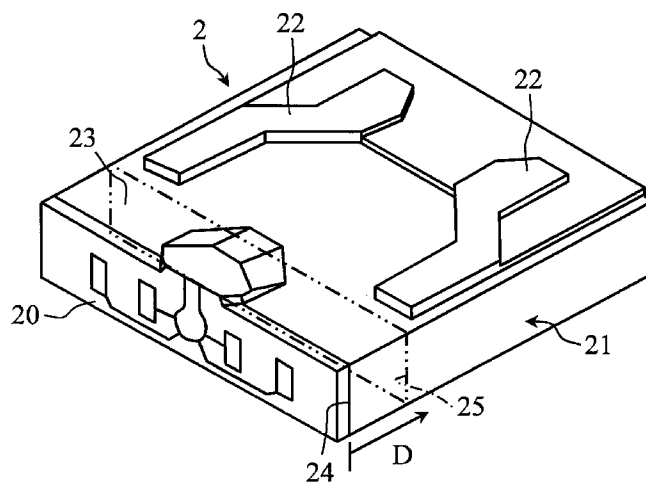
[図3]

FIG.3



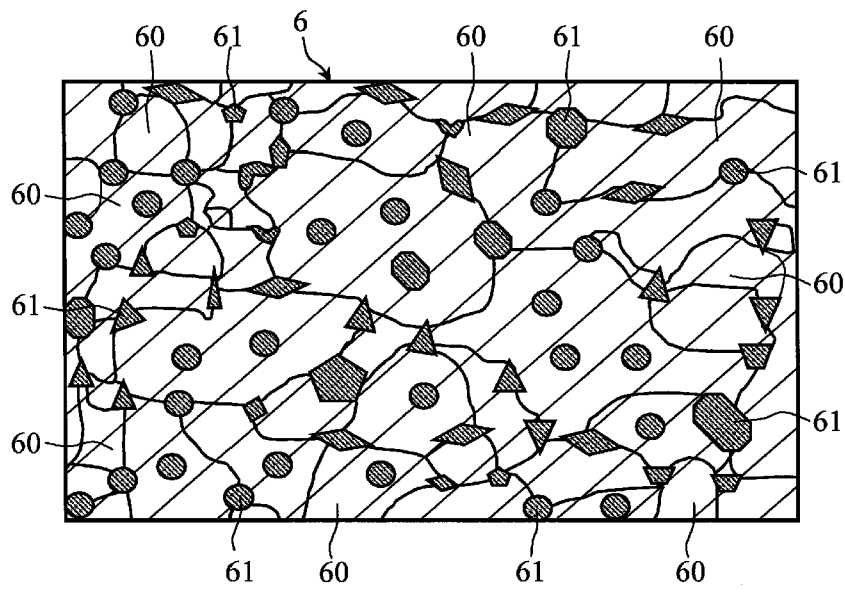
[図4]

FIG.4



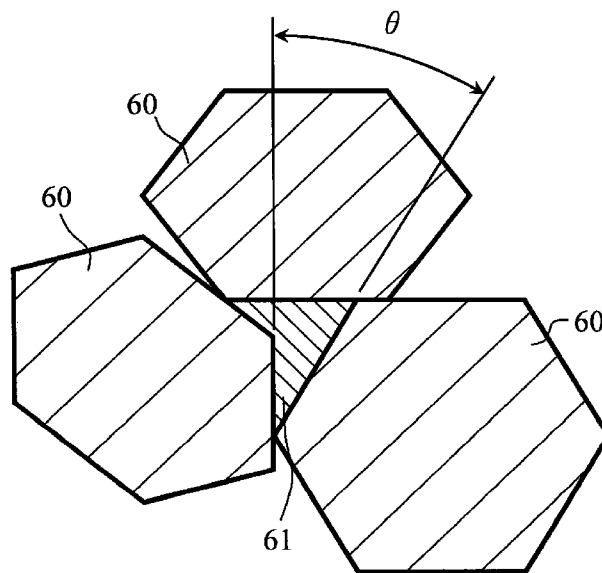
[図5]

FIG.5



[図6]

FIG.6



[図7]

FIG.7A

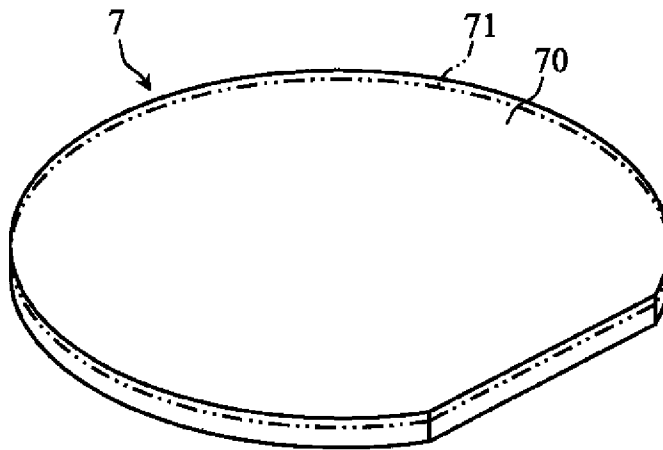
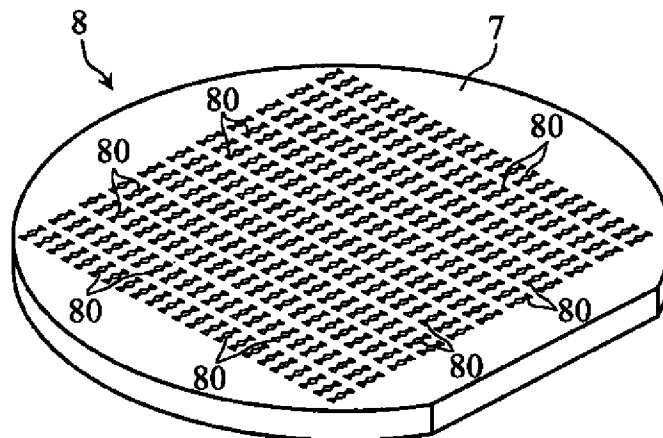


FIG.7B



[図8]

FIG.8A

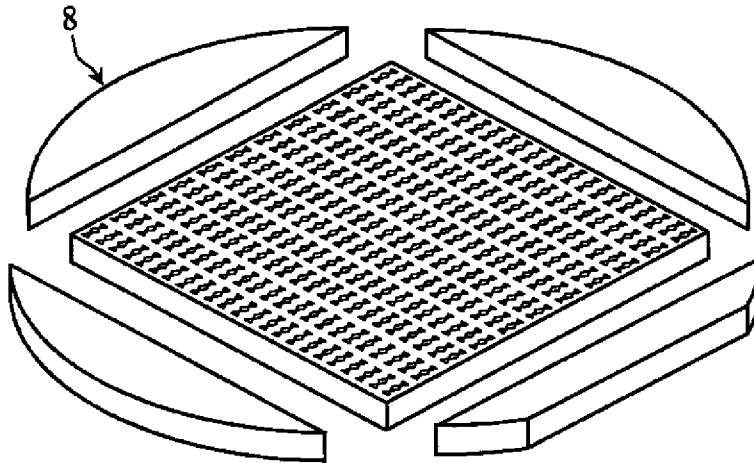
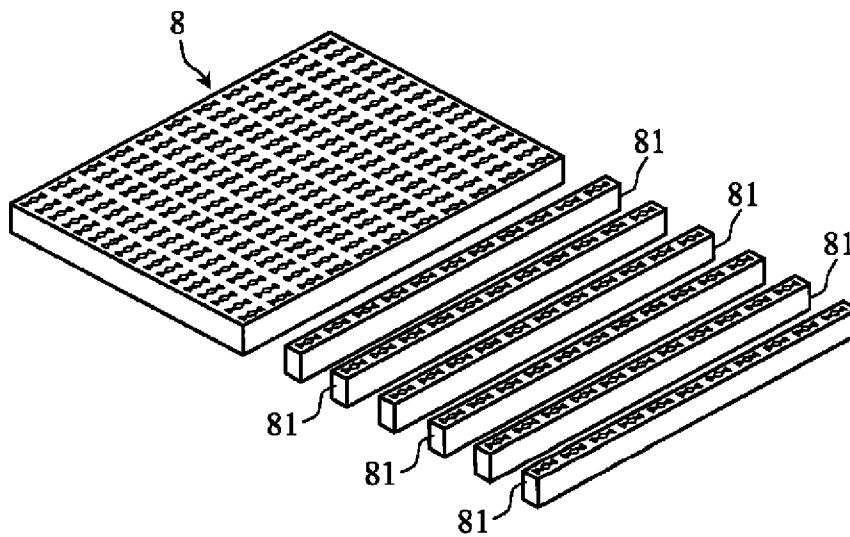
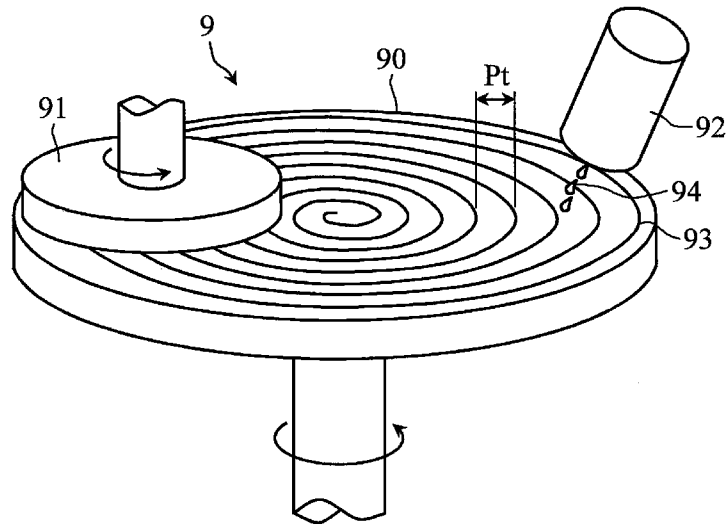


FIG.8B



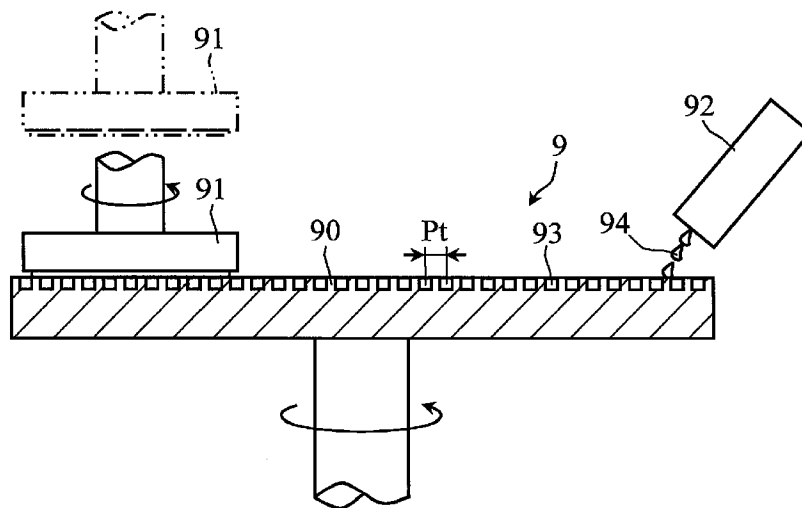
[図9]

FIG.9



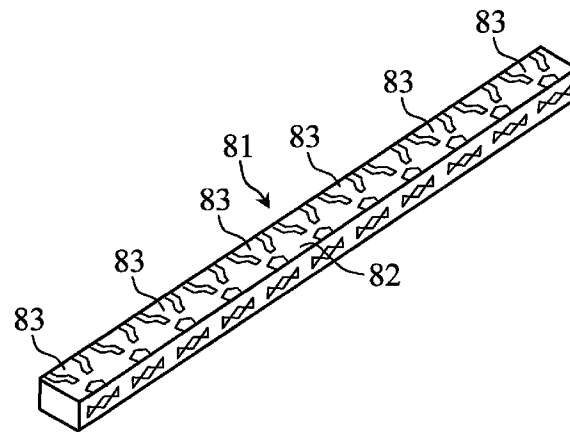
[図10]

FIG.10



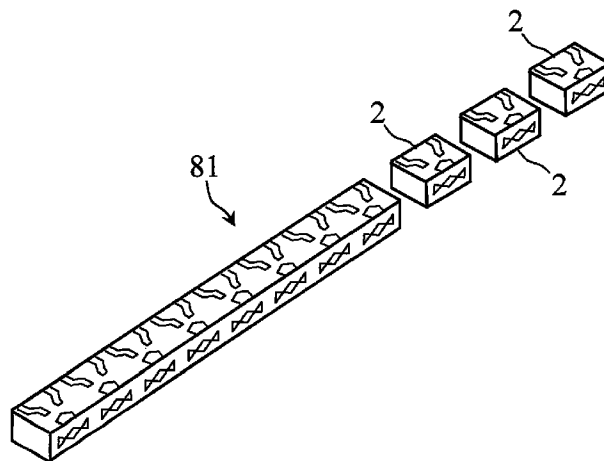
[図11]

FIG.11



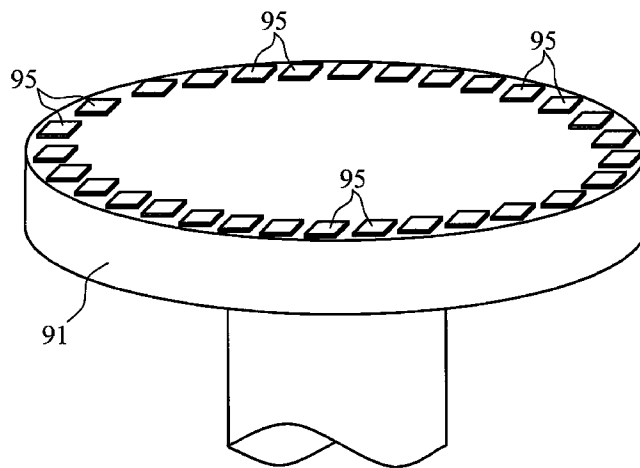
[図12]

FIG.12



[図13]

FIG.13



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2007/053556

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G11B5/60(2006.01)i, C04B35/10(2006.01)i, G11B5/31(2006.01)i, G11B5/39(2006.01)i, G11B21/21(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)

G11B5/60, C04B35/10, G11B5/31, G11B5/39, G11B21/21

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	1996-2007
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2007	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2007

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	JP 2005-272291 A (Kyocera Corp.), 06 October, 2005 (06.10.05), Claim 1; Par. Nos. [0002] to [0003] (Family: none)	1-20
Y	JP 9-221352 A (NGK Spark Plug Co., Ltd.), 26 August, 1997 (26.08.97), Table 16 (Family: none)	1-20
Y	JP 2002-356367 A (Taiheiyo Cement Corp.), 13 December, 2002 (13.12.02), Par. No. [0010] (Family: none)	1-20

☒ 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
23 May, 2007 (23.05.07)

Date of mailing of the international search report
05 June, 2007 (05.06.07)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2007/053556

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2000-348321 A (NEC Corp.), 15 December, 2000 (15.12.00), Par. No. [0090] & US 6787045 B1	1-20

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G11B5/60(2006.01)i, C04B35/10(2006.01)i, G11B5/31(2006.01)i, G11B5/39(2006.01)i,
G11B21/21(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. G11B5/60, C04B35/10, G11B5/31, G11B5/39, G11B21/21

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 0 7 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 0 7 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 0 7 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
Y	J P 2 0 0 5 - 2 7 2 2 9 1 A (京セラ株式会社) 2 0 0 5. 1 0. 0 6, 請求項 1、段落 0 0 0 2 - 0 0 0 3, (ファミリーなし)	1 - 2 0
Y	J P 9 - 2 2 1 3 5 2 A (日本特殊陶業株式会社) 1 9 9 7. 0 8. 2 6, 表 1 6 (ファミリーなし)	1 - 2 0
Y	J P 2 0 0 2 - 3 5 6 3 6 7 A (太平洋セメント株式会社) 2 0 0 2. 1 2. 1 3, 段落 0 0 1 0 (ファミリーなし)	1 - 2 0

☒ 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

2 3. 0 5. 2 0 0 7

国際調査報告の発送日

0 5. 0 6. 2 0 0 7

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 1 0 0 - 8 9 1 5
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）

鈴木 重幸

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 5 9 1

5 Q

9 6 5 3

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 請求の範囲の番号
Y	J P 2 0 0 0 - 3 4 8 3 2 1 A (日本電気株式会社) 2 0 0 0 . 1 2 . 1 5 , 段落 0 0 9 0 & U S 6 7 8 7 0 4 5 B 1	1 - 2 0