

(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
2016年10月6日(06.10.2016)



(10) 国際公開番号

WO 2016/159228 A1

- (51) 国際特許分類:
G11B 5/73 (2006.01) *G11B 5/84* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/060647
- (22) 国際出願日: 2016年3月31日(31.03.2016)
- (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:
62/141,121 2015年3月31日(31.03.2015) US
- (71) 出願人: H O Y A 株式会社(HOYA CORPORATION) [JP/JP]; 〒1608347 東京都新宿区西新宿六丁目10番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 板谷 旬展(ITAYA, Masanobu); 〒1618525 東京都新宿区中落合2丁目7番5号 H O Y A 株式会社内 Tokyo (JP). 越阪部 基延(OSAKABE, Kinobu); 〒1618525 東京都新宿区中落合2丁目7番5号 H O Y A 株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: グローバル・アイピー東京特許業務法人(GLOBAL IP TOKYO); 〒1600023 東京都新宿区西新宿8丁目3番30号 カーメル I I Tokyo (JP).

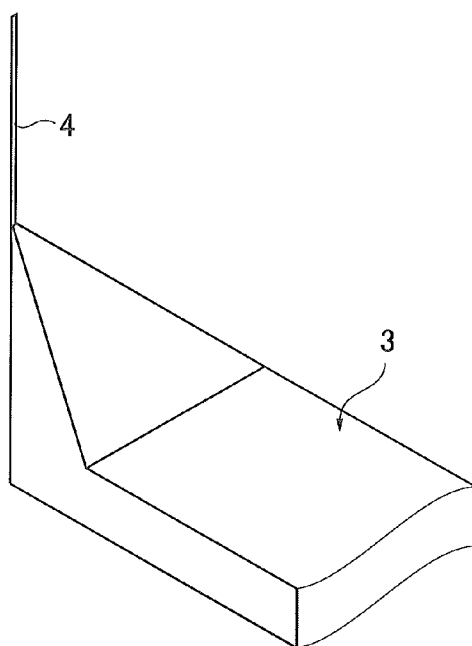
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, 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))

(54) Title: MAGNETIC DISK SUBSTRATE, MAGNETIC DISK, AND METHOD FOR MANUFACTURING MAGNETIC DISK SUBSTRATE

(54) 発明の名称: 磁気ディスク用基板、磁気ディスク、及び、磁気ディスク用基板の製造方法



(57) Abstract: This magnetic disk substrate has a pair of main surfaces, said main surfaces having an arithmetic average roughness Ra of 0.11 nm or less. The regions respectively occupied by a plurality of protrusions among surface irregularities on the main surfaces have an average area of 25 nm² per protrusion or less, said protrusions having a height of at least 0.1 [nm] from the average surface of the surface irregularities. The arithmetic average roughness Ra and the surface irregularities are measured using an atomic force microscope having a probe in which a carbon nanofiber rod-shaped member is provided to the probe tip.

(57) 要約: 磁気ディスク用基板は、一対の主表面を有し、前記主表面の算術平均粗さRaは、0.11nm以下である。また、主表面の表面凹凸のうち、該表面凹凸の平均面から0.1[nm]以上の高さを有する複数の凸部のそれぞれが占める領域の面積の平均は25[nm²/個]以下である。前記算術平均粗さRa及び前記表面凹凸は、カーボンナノファイバの棒状部材をプローブ先端

に設けたプローブを有する原子間力顕微鏡を用いて測定される。

WO 2016/159228 A1

明 細 書

発明の名称：

磁気ディスク用基板、磁気ディスク、及び、磁気ディスク用基板の製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、一对の主表面を有する磁気ディスク用基板、磁気ディスク、及び、磁気ディスク用基板の製造方法に関する。

背景技術

[0002] 情報記録媒体の1つとして用いられる磁気ディスクには、従来より、アルミニウム合金製基板又はガラス基板が好適に用いられている。今日、ハードディスクドライブ装置における記憶容量の増大の要請を受けて、磁気記録の高密度化が図られている。これに伴って、磁気ヘッドの磁気記録面からの浮上距離を極めて短くして磁気記録情報エリアを微細化することが行われている。例えば、磁気ディスクの磁性層に垂直磁化を形成させて磁気記録を行なわせる。このような磁気ディスク用基板においては、高記録密度ハードディスクドライブ装置に必須の磁気ヘッドの低浮上量化を達成するために、磁気ディスク用基板の表面凹凸に対する低減要求は強まっている。

[0003] 例えば、磁気記録媒体用の基板であって、非磁性材料からなり、表面断面曲線の傾斜角度が2.0度以下、若しくは、83nm以下の周期の表面粗さRa～30nm以下の周期の表面粗さRaの範囲内で表面粗さRaが0.15nm以下の表面形状を有する垂直磁気記録媒体用の基板が知られている（特許文献1）。当該基板によれば、この基板上に形成される磁性粒子の結晶配向性を改善して磁気記録媒体の記録層（又は、磁性層）の低ノイズ化を図ることができる、とされている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2008-293552号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 上述の垂直磁気記録媒体用の基板では、表面粗さ R_a は、原子間力顕微鏡で測定した結果から求められる。原子間力顕微鏡は、例えば、単結晶 Si からなる部材をプローブ先端に用いて表面粗さを測定する。しかし、表面粗さ R_a を 0.15 nm 以下としても、必ずしも磁気ディスク特性を改善できない場合があった。例えば、磁気ディスクに信号を記録した後信号を読み出すことにより、BER（符号誤り率：Bit Error Rate）を磁気ディスク特性として求めることができる。この BER は、上記表面粗さ R_a と十分な相関が得られず、表面粗さ R_a が小さくても BER が大きいものもあった。

[0006] そこで、本発明は、上述の磁気ディスク特性によく相関する磁気ディスク用基板の表面粗さの指標を提供し、磁気ディスク特性の優れた磁気ディスク用基板、磁気ディスク、及び、磁気ディスク用基板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] 本発明の一態様は、磁気ディスク用基板である。

当該磁気ディスク用基板は、一对の主表面を有し、

前記主表面の算術平均粗さ R_a は、 0.11 nm 以下である。

前記表面粗さ R_a は、カーボンナノファイバの棒状部材をプローブ先端に設けたプローブを備える原子間力顕微鏡を用いて測定した値である。

[0008] 本発明の他の一態様も、磁気ディスク用基板である。

当該磁気ディスク用基板は、

一对の主表面を有し、

前記主表面の表面凹凸のうち、該表面凹凸の平均面から 0.1 [nm] 以上の高さを有する複数の凸部のそれぞれが占める領域の面積の平均は $25\text{ [nm}^2\text{ /個]}$ 以下である。

前記主表面の表面凹凸は、カーボンナノファイバの棒状部材をプローブ先端に設けたプローブを備える原子間力顕微鏡を用いて測定した値である。

[0009] 前記表面凹凸の平均面から 0.1 [nm] 以上の高さを有する複数の凸部のそれぞれが占める領域の面積の平均は $20\text{ [nm}^2\text{/個]}$ 以下である、ことが好ましい。

[0010] 前記表面凹凸の平均面から 0.1 [nm] 以上の高さを有する複数の凸部のそれぞれが占める領域の面積の平均と、前記表面凹凸の平均面から 0.2 [nm] 以上の高さを有する複数の凸部のそれぞれが占める領域の面積の平均との間の差は、 $13\text{ [nm}^2\text{/個]}$ 以下である、ことが好ましい。

[0011] 前記プローブ先端に設けられるカーボンナノファイバの棒状部材は、ヤング率が 100 GPa 以下である、ことが好ましい。

前記棒状部材は導電性を有し、前記棒状部材の一方の端がアースに接続されている、ことが好ましい。

前記表面粗さ R_a あるいは前記表面凹凸は、前記プローブが一定の振幅で振動するように、前記プローブの前記主表面の表面凹凸に応じて前記プローブの位置を変化させることにより得られる、前記プローブの位置の情報から求める、ことが好ましい。

前記原子力顕微鏡の測定では、前記プローブを、 $0.1\sim 80\text{ [N/m]}$ のばね定数で、振動数 $30\sim 400\text{ [KHz]}$ で振動させる、ことが好ましい。

[0012] 前記基板は、エネルギーアシスト磁気記録用磁気ディスク用の基板である、ことが好ましい。

[0013] 本発明の他の一態様は、前記磁気ディスク基板の表面に、少なくとも磁性膜を形成した磁気ディスクである。

[0014] 本発明の更に他の一態様は、磁気ディスク用基板の製造方法である。当該製造方法では、

研削処理後、研磨処理工程において、カーボンナノファイバの棒状部材をプローブ先端に設けたプローブを備える原子間力顕微鏡を用いて測定した前記主表面の表面凹凸について、前記表面凹凸の平均面から 0.1 [nm] 以上の高さを有する複数の凸部のそれぞれが占める領域の面積の平均が $25\text{ [nm}^2\text{/個]}$

／個] 以下となるように前記基板の一对の主表面を $30\text{ }\mu\text{m}$ 以下の取り代で研磨する。

[0015] 前記研磨処理工程は、

磁気ディスク用基板の一对の主表面を酸性の研磨液を用いて第1の研磨をし、

前記第1の研磨後、ガラス基板の主表面をアルカリ性の研磨液を用いて第2の研磨をし、

前記第2の研磨では、前記第1の研磨に比べて研磨時間を短くする、ことを含む、ことが好ましい。

[0016] 前記主表面の表面凹凸のうち、該表面凹凸の平均面から 0.1 [nm] 以上の高さを有する複数の凸部のそれぞれが占める領域の面積の平均は $20\text{ [nm}^2\text{/個]}$ 以下である、ことが好ましい。

[0017] 前記主表面の表面凹凸のうち、該表面凹凸の平均面から 0.2 [nm] 以上の高さを有する複数の凸部のそれぞれが占める領域の面積の平均は $12\text{ [nm}^2\text{/個]}$ 以下である、ことが好ましい。

[0018] さらに、本発明の更に他の一態様は、磁気ディスク用基板の主表面の表面凹凸を判定し、磁気ディスク用基板としての適否を判定する工程を有する磁気ディスク用基板の製造方法である。当該判定工程は、

カーボンナノファイバの棒状部材をプローブ先端に設けたプローブを備える原子間力顕微鏡を用いて磁気ディスク用基板の主表面の表面凹凸を測定し、

測定して得られる表面凹凸のデータから、前記主表面の表面凹凸のうち、該表面凹凸の平均面から 0.1 [nm] 以上の高さを有する複数の凸部のそれぞれが占める領域の面積の平均を求め、前記平均が $25\text{ [nm}^2\text{/個]}$ 以下である場合、測定した基板を磁気ディスク用基板として採用する判定を行なう。

[0019] 前記主表面の表面凹凸の平均面から 0.1 [nm] 以上の高さを有する複数の凸部のそれぞれが占める領域の面積の平均は $20\text{ [nm}^2\text{/個]}$ 以下である

ことを前記判定に用いる、ことが好ましい。

- [0020] 前記主表面の表面凹凸の平均面から 0.2 [nm] 以上の高さを有する複数の凸部のそれぞれが占める領域の面積の平均は $1.2\text{ [nm}^2\text{/個]}$ 以下であることを前記判定に含める、ことが好ましい。

発明の効果

- [0021] 上述の磁気ディスク用基板、磁気ディスク、及び、磁気ディスク用基板の製造方法によれば、磁気ディスク特性の優れた磁気ディスク用基板を提供することができる。

図面の簡単な説明

- [0022] [図1]本実施形態の磁気ディスク用基板の外観形状を示す図である。
[図2]本実施形態の磁気ディスク用基板の測定で使用する原子間力顕微鏡が用いるプローブ先端を含むプローブの一部を説明する図である。
[図3]磁気ディスク用ガラス基板の主表面の表面凹凸の輪郭曲線要素の一例を2次元で表した図である。
[図4]従来のプローブを用いた原子間力顕微鏡で測定される表面粗さ R_a と、 BER との相関が低いことを示す図である。
[図5]本実施形態のプローブを用いた原子間力顕微鏡で測定される表面粗さ R_a と、 BER との相関が高いことを示す図である。

発明を実施するための形態

- [0023] 以下、本発明の磁気ディスク用基板、磁気ディスク、及び、磁気ディスク用基板の製造方法について詳細に説明する。
- [0024] 本願発明者は、 BER が表面粗さ R_a と十分に相関しない理由を以下のよう考えた。すなわち、表面粗さ R_a を測定するために用いる原子間力顕微鏡のプローブ先端は、通常、 Si （シリコン）単結晶で構成された角錐形状あるいは円錐形状である。このプローブ先端が測定対象の磁気ディスク用基板の表面と接触することにより、本来測定すべき表面凹凸に新たな凹凸をつくり、この新たな凹凸が磁気ディスク用基板の主表面の表面凹凸として測定されたと、本願発明者は考えた。このため、このようなプローブ先端によっ

て形成された新たな凹凸を含んだ主表面の表面凹凸の情報は、本来測定しようとする表面凹凸ではない。

また、このプローブ先端の表面は酸化されて、非導電性の SiO_2 層が表面に形成される場合がある。この場合、プローブ先端を一定の振動数で振動させて、磁気ディスク用基板の主表面と近接あるいは接触させて、磁気ディスク用基板の主表面の表面凹凸を測定するとき、磁気ディスク用基板としてガラス基板が用いられるときは特にプローブ先端に静電気が生じ易く、ガラス基板にも静電気が生じ易い。この結果、プローブ先端の挙動は静電気の影響を受けて、ガラス基板の表面凹凸を精度良く測定することができない場合がある。このような問題は、ガラス基板の表面凹凸の程度を従来に比べていっそう小さくすることにより生じた問題であり、従来のガラス基板の表面凹凸の範囲内では生じない問題である。特に、シリコン単結晶は非常に硬く、ガラス基板と同程度であるため、上記のような現象がおきやすい。従来のガラス基板の表面粗さと記録密度のレベルでは、新たに作られる凹凸の影響が見えなかったが、ガラス基板の主表面が超平滑になったことと記録密度が2.5インチサイズで1枚あたり750ギガバイト以上、3.5インチサイズで1枚あたり1000ギガバイト以上と飛躍的に上がったことで新たに作られる凹凸の影響を受けるようになったと推察される。したがって、本件発明の磁気ディスク用基板は、公称2.5インチサイズの磁気ディスク1枚あたり750ギガバイト相当以上の記録密度の磁気ディスクに用いられることが特に好ましい。また、磁気ディスクが公称3.5インチサイズの場合は、1枚あたり1000ギガバイト相当以上の記録密度の磁気ディスクに用いることが好ましい。なお、公称2.5インチサイズ1枚あたり500ギガバイト相当以上の記録密度の磁気ディスクに対して本件発明の磁気ディスク用基板を適用することも可能である。

また、プローブ先端に過大な力が加わったとき、プローブ先端が変形することで磁気ディスク用基板の主表面における新たな凹凸の形成が緩和されるが、プローブ先端は、この変形が大きい場合にもとの形状に戻る性質を有す

ることが好ましい。大きく変形したとき、曲がったままになり、元に戻りにくいものはプローブ先端として好ましくない。

本願発明者は、プローブ先端にカーボンナノファイバからなる棒状部材あるいはヤング率が100 GPa以下の棒状部材をプローブ先端に設けたプローブを用いて磁気ディスク用基板の主表面の表面凹凸を測定することにより、測定結果と磁気ディスク特性との間の相関が高いことを見出し、下記実施形態を想到するに至った。

[0025] (定義)

・本明細書でいう表面粗さ R_a は、JIS B0601:2013に準拠した算術平均粗さ R_a である。

・磁気ディスク用基板の主表面の表面凹凸の測定は、原子間力顕微鏡を用いて、 $1\mu\text{m}\times 0.25\mu\text{m}$ の矩形の評価領域にて測定点数を512ポイント $\times$ 128ポイントとして行なわれる。

したがって、表面粗さ R_a は、 $1\mu\text{m}\times 0.25\mu\text{m}$ の領域における表面凹凸の値である。

・本明細書でいう、表面凹凸の平均面から $x[\text{nm}]$ (x は、0.1や0.2等の正数)以上の高さを有する複数の凸部のそれぞれが占める領域の面積とは、換言すれば、磁気ディスク用基板の表面凹凸の平均面から $x[\text{nm}]$ の高さで、磁気ディスク用基板を切断した時の磁気ディスク用基板の切断された凸部それぞれの断面積をいう。また、さらに換言すれば、磁気ディスク用基板の表面凹凸の測定データから算出される平均面を基準面として、そこから $x[\text{nm}]$ の高さの平面によって得られる当該表面凹凸の断面を仮定したとき、当該断面において得られる1以上の領域のそれぞれの面積、のことをいう。

[0026] (磁気ディスク)

磁気ディスクは、円板形状の中心部分が同心円形状にくり抜かれて円環板状を成し、磁気記録の際、この円環の中心の周りに回転する。磁気ディスクは、基板と、少なくとも磁性層と、を備える。なお、磁性層以外には、例え

ば、付着層、軟磁性層、非磁性下地層、垂直磁気記録層、保護層および潤滑層等が形成される。基板には、ガラス基板又はめっき層を形成したアルミニウム合金からなる基板が用いられる。付着層には、例えばCr合金等が用いられる。付着層は、ガラス基板との接着層として機能するため、アルミニウム合金基材にNiPめっき層を形成した基板の場合には不要である。軟磁性層には、例えばCoTaZr合金等が用いられる。非磁性下地層には、例えばグラニューラー非磁性層等が用いられる。垂直磁気記録層には、例えばグラニューラー磁性層等が用いられる。保護層には、水素カーボンからなる材料が用いられる。潤滑層には、例えばフッ素系樹脂等が用いられる。

[0027] 磁気ディスクでは、例えば枚葉式スパッタリング装置を用いて、ガラス基板の両主表面に、CrTi合金の付着層、CoTaZr合金の軟磁性層、NiW合金のシード層、Ruの下地層、CoCrPt-SiO₂・TiO₂合金の第一磁気記録層、CoCrPtB合金の第二磁気記録層、水素化カーボン保護層が順次形成される。さらに、形成された層の最上層にディップ法によりパーフルオロポリエーテルの潤滑層が形成される。

また、エネルギーアシスト磁気記録方式用の磁気ディスクとする場合、磁気記録層としてFePt系やCoPt系の合金を用いることもできる。

[0028] 本実施形態の一例として用いる磁気ディスク用ガラス基板の材料として、アルミノシリケートガラス、ソーダライムガラス、ボロシリケートガラスなどを用いることができる。特に、化学強化を施すことができ、また主表面の平滑度及び基板の強度において優れた磁気ディスク用ガラス基板を作製することができるという点で、アルミノシリケートガラスを好適に用いることができる。なお、上記観点において、アモルファスのアルミノシリケートガラスを用いるとより好ましい。

[0029] また、下記のガラス組成を有するガラスを用いることもできる。下記のガラス組成を有するガラスのガラス転移点は600℃以上であることが好ましく、より好ましくは650℃以上である。ガラス転移点が600℃以上であるガラスは、磁気記録をする際に、磁気と熱を併用するエネルギーアシスト

磁気記録用磁気ディスクの基板に好適に用いることができる。

[0030] (ガラス組成1)

本実施形態のガラス基板は、例えば質量%表示にて、 SiO_2 を57～75%、 Al_2O_3 を5～20%、(ただし、 SiO_2 と Al_2O_3 の合計量が74%以上)、 ZrO_2 、 HfO_2 、 Nb_2O_5 、 Ta_2O_5 、 La_2O_3 、 Y_2O_3 および TiO_2 を合計で0%超6%以下、 Li_2O を1%超9%以下、 Na_2O を5～18% (ただし、質量比 $\text{Li}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ が0.5以下)、 K_2O を0～6%、 MgO を0～4%、 CaO を0%超5%以下 (ただし、 MgO と CaO の合計量は5%以下であり、かつ CaO の含有量は MgO の含有量よりも多い)、 $\text{SrO} + \text{BaO}$ を0～3%、有する組成からなるアモルファスのアルミノシリケートガラスを用いることができる。

[0031] (ガラス組成2)

また、本実施形態のガラス基板は、酸化物基準に換算し、モル%表示で、 SiO_2 を50～75%、 Al_2O_3 を0%超15%以下、 Li_2O 、 Na_2O 及び K_2O から選択される少なくとも1種の成分を合計で5～35%、 MgO 、 CaO 、 SrO 、 BaO 及び ZnO から選択される少なくとも1種の成分を合計で0～20%、ならびに ZrO_2 、 TiO_2 、 La_2O_3 、 Y_2O_3 、 Ta_2O_5 、 Nb_2O_5 及び HfO_2 から選択される少なくとも1種の成分を合計で0～10%、有する組成からなるアモルファスのアルミノシリケートガラスであってもよい。なお、この組成のガラス基板をエネルギーアシスト磁気記録方式用の磁気ディスク向けに用いるガラス基板とする場合、例えばガラス転移点(T_g)が600℃以上となるようにガラス組成を適宜調整すればよい。

磁気ディスク用基板として、アルミニウム合金製の基材を用いる場合、この基材の表面に、表面硬度を高めるためのNiPめっき層が形成されたものが用いられる。

[0032] (磁気ディスク用基板)

図1は、本実施形態の上述した磁性層等が形成される前の磁気ディスク用

基板の外観形状を示す図である。本実施形態において、磁気ディスク用基板としては、ガラス基板又はアルミニウム合金製の基材にNiPめっき層を形成した基板が好適に用いられる。これら基板は、垂直磁気記録方式又はエネルギーアシスト磁気記録方式の磁気ディスク用基板として用いることができる。

図1に示すように、本実施形態における磁気ディスク用基板1は、内孔2が形成された、ドーナツ型の薄板の基板である。基板のサイズは問わない。磁気ディスク用基板1は、例えば公称1.8～3.5インチサイズの基板に使用することができる。板厚についても特に制限はなく、例えば0.3～3mmとすることができる。

本実施形態の磁気ディスク用基板（以降、単に基板ともいう）は、両側に設けられた一对の主表面と、一对の主表面に対して垂直に延びる基板の側壁面と、側壁面と主表面の間に設けられ、側壁面から側壁面に対して傾斜して延び、主表面に接続する面取り面とを有する。側壁面及び面取り面は図示されていない。側壁面及び面取り面は、基板の外周側及び内周側の端部に形成されている。なお、面取り面の一部又は全部は、断面視において円弧状に形成されていてもよい。

[0033] 本実施形態の磁気ディスク用基板の両側の主表面に関して、その主表面の表面粗さRaは0.11nm以下である。このとき、表面粗さRaは、カーボンナノファイバの棒状部材をプローブ先端に設けたプローブを有する原子間力顕微鏡を用いて測定した値である。図2は、原子間力顕微鏡が用いるプローブ先端を含むプローブの一部を説明する図である。

[0034] 図2に示すプローブ3の先端、すなわちプローブ先端にはカーボンナノファイバの棒状部材4が設けられている。カーボンナノファイバは、カーボンナノチューブとは異なり、内部まで炭素原子が充填された部材である。カーボンナノチューブは、炭素によって作られる六員環ネットワークを外壁とし内部が空洞の中空のもので、その長手方向垂直断面は年輪状（同心円状）である。本実施形態では、棒状のカーボンナノファイバがプローブ先端に用い

られる。プローブ3は、例えば、Si単結晶をエッチング等で形状加工して図2に示すように端部が角錐形状に尖ったカンチレバーを作製した後、カンチレバーの角錐形状の尖った部分に炭素被膜を形成し、この炭素被膜にアルゴンを用いたイオンビームを照射することで、あるいは、カーボン化合物を堆積させながら、上記イオンビームを照射することで、角錐形状の尖った部分にカーボンナノファイバの棒状部材4をプローブ先端として形成することができる。

カーボンナノファイバの棒状部材4の、径（直径）は例えば3～60[nm]であり、長さは例えば5～1000[nm]である。

カーボンナノファイバの棒状部材4は適度なヤング率を有して弾性変形し易いことが好ましく、基板両側の主表面の凹凸を精度良く検知する観点からヤング率は例えば100GPa以下であることが好ましい。この場合、ヤング率が50GPa以下であることがより好ましく、30GPa以下であるとさらに好ましい。この場合、ヤング率の下限は特に制限されないが、下限は、例えば1GPaである。

なお、棒状部材4の先端曲率半径は1～30[nm]であることが、精度の高い表面粗さRaを算出することができる点から好ましい。

[0035] このようなプローブ先端を有するプローブを用いた原子間力顕微鏡を用いて、基板の表面粗さRaを含む表面凹凸のパラメータを求めることが好ましい。具体的には、プローブを基板の主表面上を移動させながら測定を行なうとき、一定の振動数で振動するプローブが一定の振幅で振動するように、基板の主表面の表面凹凸に応じてプローブの位置を変化させることにより得られるプローブの位置の情報を測定データとして取得する。本実施形態では、この測定データから基板の主表面の表面粗さRaを含む表面凹凸のパラメータを求めることが好ましい。この測定は、Intermittent contact modeという。この測定方法では、評価対象の基板の主表面を上下に高速で振動するプローブで叩きながら走査するため、硬質表面において微細な凹凸をも検知しやすく、正確な測定が可能とされている。この測定によって表面凹凸のパラ

メータとして得られる、表面粗さ R_a 、及び表面凹凸の平均面から 0.1 [nm] 以上の高さを有する複数の凸部のそれぞれが占める領域の面積の平均は、磁気ディスク特性によく相関する磁気ディスク用ガラス基板の表面凹凸の指標とすることができる。この原子力顕微鏡の測定では、プローブを、 $0.1 \sim 80\text{ [N/m]}$ のばね定数で、振動数 $30 \sim 400\text{ [kHz]}$ で振動させることが、磁気ディスク特性によく相関する磁気ディスク用基板の表面凹凸の指標を得ることができる点で好ましい。上記ばね定数は、 $0.5 \sim 4\text{ [N/m]}$ であることがより好ましい。上記振動数は、 $50 \sim 100\text{ [kHz]}$ であることがより好ましい。

[0036] このようにして測定された磁気ディスク用基板の主表面の表面凹凸のうち、この表面凹凸の平均面から 0.1 [nm] 以上の高さを有する複数の凸部のそれぞれが占める領域の面積の平均は、優れた磁気ディスク特性を発揮する点から、 $25\text{ [nm}^2\text{/個]}$ 以下、好ましくは $20\text{ [nm}^2\text{/個]}$ 以下である。ここで平均面とは、平均面から突出する凸部の体積と平均面から凹んだ凹部の体積が等しくなるように設定された面である。

図3は、ガラス基板の主表面の表面凹凸の輪郭曲線要素の一例を2次元で表した図である。図3の横軸は、ガラス基板の主表面に沿ったある方向の主表面上の位置を表し、縦軸は、表面凹凸の高さを表している。以下の説明では、主表面上に形成される3次元の表面凹凸の代わりに、2次元の表面凹凸を用いて説明する。図3では、輪郭曲線要素10の平均線12から 0.1 [nm] 以上の高さ方向の位置の直線がレベル線14で表されている。平均線12とは、平均線12から突出した凸部と凹んだ凹部の面積が同じである高さ方向のレベルを示す直線である。このとき、レベル線14から突出する凸部は3つあり、凸部の占める領域の長さは、 S_1 、 S_2 、 S_3 である。したがって、このときの複数のそれぞれが占める1個あたりの凸部の占める領域の線分の平均は、 $(S_1 + S_2 + S_3) / 3$ となる。したがって、本実施形態では、このような2次元の表面凹凸の各凸部が占める領域の線分を、ガラス基板の主表面上に形成される3次元の表面凹凸に適用する。

より具体的には、原子間力顕微鏡を用いて測定した表面凹凸の画像データから、平均面から0.1 nm以上の高さを持つエリアを抜き出し、画像解析ソフトにより、0.1 nm以上の高さの凸部の個数と凸部の占める領域の面積を算出して、上記面積を個数で割り算することにより1つの凸部が占める領域の面積の平均を算出する。この場合、画像解析上、抜き出したエリアが1ピクセルのものと、直線のもの（サーキュラリティが0のもの）については除外して、凸部の個数と凸部の占める領域の面積を算出する。これにより、表面凹凸の平均面から0.1 nm以上の高さを有する複数の凸部のそれぞれが占める領域の面積として、平均面から0.1 nmの高さにおける凸部の水平断面の面積を求めることができる。同様に、表面凹凸の画像データから、平均面から0.2 nm以上の高さを持つエリアを抜き出し、画像解析ソフトにより、0.2 nm以上の高さの凸部の個数と凸部の占める領域の面積を算出して、上記面積を個数で割り算することにより1つの凸部が占める領域の面積の平均を算出する。これにより、表面凹凸の平均面から0.2 nm以上の高さを有する複数の凸部のそれぞれが占める領域の面積として、平均面から0.2 nmの高さにおける凸部の水平断面の面積を求めることができる。

本実施形態では、ガラス基板の主表面の表面凹凸の平均面から0.2 [nm]以上の高さを有する複数の凸部のそれぞれが占める領域の面積の平均は、優れた磁気ディスク特性を発揮する点から13 [nm²/個]以下であることが好ましく、10 [nm²/個]以下であることがより好ましい。

[0037] 上記実施形態の一態様において、上述したように、基板の主表面の表面凹凸の平均面から0.1 [nm]以上の高さを有する複数の凸部のそれぞれが占める領域の面積の平均を25 [nm²/個]以下とすること、好ましくは20 [nm²/個]以下とすることは、1つの凸部の占める領域の面積の平均を、従来の磁気ディスク用基板の主表面の凸部に比べて小さくすることに相当する。この結果、磁気ディスクとして、基板の主表面上に形成される垂直磁化を発生させる磁性層の結晶の配向のばらつきを小さくすることができる。し

たがって、従来問題となっていた磁気ディスク特性であるBERを小さくすることができる。また、基板の主表面の表面凹凸の平均面から0.2[nm]以上の高さを有する複数の凸部のそれぞれが占める領域の面積の平均を13[nm²/個]以下とすること、好ましくは10[nm²/個]以下とすることで、さらに基板の主表面上に形成される垂直磁化を発生させる磁性層の結晶の配向のばらつきを小さくすることができる。

[0038] 本実施形態の一態様の基板は、カーボンナノファイバの棒状部材をプローブ先端に設けたプローブを有する原子間力顕微鏡を用いて測定した主表面の表面粗さRaは、0.11nm以下である。従来のプローブ先端は多角錐あるいは円錐状でありカーボンナノファイバの棒状部材を用いないので、測定中プローブ先端が基板の主表面に新たな凹凸を作り、本来測定しようとする表面凹凸の情報が新たな凹凸によって埋もれ易い。このため、実際の表面凹凸を測定することは難しい。このため、従来の表面凹凸の測定によって表面粗さRaが0.11nm以下の基板であっても、BERが低いものもあれば高いものもあった。本実施形態では、プローブ先端にカーボンナノファイバの棒状部材を用いることにより、過大な力が加わった場合も棒状部材が弾性変形して撓むので、測定中プローブ先端が基板の主表面に新たな凹凸を作ることはなく、実際の表面凹凸を正確に測定することができる。

特に、基板の主表面の表面凹凸の平均面から0.1[nm]以上の高さを有する複数の凸部のそれぞれが占める領域の面積の平均は25[nm²/個]以下、好ましくは20[nm²/個]以下である基板は従来存在せず、従来の磁気ディスク用基板では、上記凸部のそれぞれが占める領域の面積の平均は25[nm²/個]より大きい。

なお、炭素によって作られる六員環ネットワークを外壁とし内部が空洞であり（中空であり）、その長手方向垂直断面は年輪状（同心円状）であるカーボンナノチューブについては、規則的で結晶性の高強度の構造を有するためヤング率が高く、そのために撓みにくく、過大な力が加わった場合に曲がったまま元に戻ることができない場合がある。このため、カーボンナノチュ

ーブのような高ヤング率の構造ではなく、ヤング率が低く弾性変形し易い中実の棒状のカーボンナノファイバを用いることが好ましい。ヤング率が100 GPa以下の棒状部材をプローブ先端に用いることで、測定中プローブ先端がガラス基板の主表面に新たな凹凸を作ることはなく、実際の表面凹凸を正確に測定することができる。

[0039] 図4は、従来のプローブ先端がSiで構成されたSiプローブを用いた原子間力顕微鏡で測定される表面粗さRa (SiプローブRa)と、ビットエラーレート (以下BERと略す)との相関が低いことを示す図である。図4の縦軸は、BERは 10^x で表されるときにxで表している。BERが例えば $10^{-5.0}$ の場合は、図4の縦軸では-5.0と表している。図4に示すように、表面粗さRaと磁気ディスク特性の1つであるBERとの間の相関は低い。

これに対して、本実施形態では、プローブ先端としてカーボンナノファイバ(CNF)の棒状部材を用いるので、図5に示すように、表面粗さRa (CNFプローブRa)と磁気ディスク特性の1つであるBERとの間の相関は高い。図5は、プローブ先端がCNFの棒状部材で構成されたプローブを用いた原子間力顕微鏡で測定される表面粗さRa (CNFプローブRa)と、BERとの相関が高いことを示す図である。図5の縦軸も、図4と同様に、BERは 10^x で表されるときにxで表している。BERが例えば $10^{-5.0}$ は、-5.0と表している。図4及び図5に示す例で用いた基板の主表面の表面凹凸のうち、表面凹凸の平均面から0.1[nm]以上の高さを有する複数の凸部のそれぞれが占める領域の面積の平均は略一定であった。

このように、本実施形態は、磁気ディスク特性であるBERと相関の高い磁気ディスク用ガラス基板の主表面の表面粗さの指標を提供し、BERの低い磁気ディスク用ガラス基板を提供することができる。

[0040] また、従来のようにプローブ先端にSiの部材を用いた場合、その先端表面に電気伝導率が低いSiO₂の酸化膜が形成され、プローブ先端に静電気が溜まり易い。表面粗さRaの測定中、溜まった静電気はプローブの動作に悪

影響を与え易い。プローブ先端に導電性の棒状部材を設けたプローブを有する原子間力顕微鏡を用いて表面粗さ R_a を測定する場合、棒状部材の一方の端がアースに接続されていることが好ましい。この場合、ガラス基板の主表面とプローブ先端との摩擦によりプローブ動作に悪影響を与えるような静電気が生じたとしても、静電気をアースを介して速やかに逃がすことができるので、測定に影響しにくい。このため、正確な表面粗さ R_a を測定することができる。

このような磁気ディスク用ガラス基板は、以下に説明する磁気ディスク用ガラス基板の製造方法により実現することができる。

[0041] さらに、本実施形態の磁気ディスク用基板において、表面凹凸の平均面から 0.1 [nm] 以上の高さを有する複数の凸部のそれぞれが占める領域の面積の平均と、表面凹凸の平均面から 0.2 [nm] 以上の高さを有する複数の凸部のそれぞれが占める領域の面積の平均との間の差は、 $13\text{ [nm}^2\text{/個]}$ 以下であることが BER を良好に維持する上で好ましい。この理由は必ずしも明確ではないが、前記差を $13\text{ [nm}^2\text{/個]}$ 以下とすることによって、基板表面の凸部の形状が揃いやすくなり、磁気ディスクとした際に磁性粒子サイズのバラツキが抑制できるためと推察している。基板の表面凸部の形状にバラツキが多いと、異常成長する磁性粒子が多くなり、その結果、記録再生時のノイズが大きくなって BER が悪化すると推察される。上記磁気ディスク用基板の主表面の表面凹凸は、カーボンナノファイバの棒状部材をプローブ先端に設けたプローブを備える原子間力顕微鏡を用いて測定した値である。このとき、磁気ディスク用基板の表面凹凸の平均面から 0.1 [nm] 以上の高さを有する複数の凸部の占有面積は、測定範囲 ($1\text{ }\mu\text{m} \times 0.25\text{ }\mu\text{m}$) の面積に対して 20% 以下であることが好ましく、より好ましくは 18% 以下である。さらに、磁気ディスク用基板の表面凹凸の平均面から 0.1 [nm] 以上の高さを有する凸部の個数は、上記測定範囲 $1\text{ }\mu\text{m} \times 0.25\text{ }\mu\text{m}$ において、 500 個以上であることが好ましく、 600 個以上 800 個以下の範囲であることがより好ましい。表面凹凸の平均面から 0.2 [nm] 以上の

高さを有する凸部の個数は、上記測定範囲 $1\ \mu\text{m} \times 0.25\ \mu\text{m}$ において、500個以下であることが好ましく、150個以上450個以下の範囲であることがより好ましい。このような表面凹凸を制限した磁気ディスク用基板では、上述した表面粗さ R_a が $0.11\ \text{nm}$ 以下であることが好ましいが、 $0.11\ \text{nm}$ より大きくてもよく、表面粗さ R_a の上限は $0.15\ \text{nm}$ であることが好ましい。

また、上述したように、表面粗さ R_a が $0.11\ \text{nm}$ 以下である磁気ディスク用基板では、表面凹凸の平均面から $0.1\ [\text{nm}]$ 以上の高さを有する複数の凸部のそれぞれが占める領域の面積の平均は $25\ [\text{nm}^2/\text{個}]$ 以下であることが好ましいが、 $25\ [\text{nm}^2/\text{個}]$ より大きくてもよく、その平均の上限は $30\ [\text{nm}^2/\text{個}]$ であることが好ましい。

[0042] (磁気ディスク用ガラス基板の製造方法)

次に、本実施形態の磁気ディスク用ガラス基板の製造方法を説明する。先ず、一对の主表面を有する板状の磁気ディスク用ガラス基板の素材となるガラスブランクを作製する。例えば、プレス成形処理によるガラスブランクを作製する。なお、本実施形態ではガラスブランクをプレス成形で作製するが、周知のフロート法、リドロー法、あるいはフュージョン法でガラス板を形成し、ガラス板から上記ガラスブランクと同じ形状のガラスブランクを切り出してもよい。次に、作製されたガラスブランクの中心部分に円形状の内孔を形成しリング形状（円環状）のガラス基板とする（円孔形成処理）。次に、内孔を形成したガラス基板に対して形状加工を行う（形状加工処理）。これによりガラス基板が得られる。次に、ガラス基板に対して端面研磨を行う（端面研磨処理）。端面研磨の行われたガラス基板の主表面に、固定砥粒による研削を行う（研削処理）。次に、ガラス基板の主表面に研磨を行う（研磨処理）。研磨処理では、複数回の研磨を行う。この複数回の研磨の間に、必要に応じてガラス基板に対して化学強化を行ってもよい（化学強化処理）。その後、研磨処理後のガラス基板に対して超音波洗浄を行う。以上の処理を経て、磁気ディスク用ガラス基板が得られる。以下、各処理について、詳

細に説明する。

[0043] (a) プレス成形処理

熔融ガラス流を切断機により切断し、切断された熔融ガラス塊を一对の金型のプレス成形面の間に挟みこみ、プレスしてガラスブランクを成形する。所定時間プレスを行った後、金型を開いてガラスブランクが取り出される。

[0044] (b) 円孔形成処理

ガラスブランクに対してドリル等を用いて円形状の内孔を形成することにより円形状の孔があいたディスク状のガラス基板を得る。

[0045] (c) 形状加工処理

形状加工処理では、円孔形成処理後のガラス基板の端面に対する面取り加工を行う。面取り加工は、研削砥石等を用いて行なわれる。面取り加工により、ガラス基板の端面に、ガラス基板の主表面に対して垂直に延びる基板の側壁面と、この側壁面と主表面の間に設けられ、側壁面に対して傾斜して延びる面取り面とを有する端面が形成される。

[0046] (d) 端面研磨処理

端面研磨処理では、ガラス基板の内周側端面及び外周側端面に対して、研磨砥粒を含んだ研磨液を用いた端面研磨処理により鏡面仕上げを行う。

[0047] (e) 研削処理

研削処理では、遊星歯車機構を備えた両面研削装置を用いて、ガラス基板の主表面に対して研削を行う。具体的には、ガラス基板の外周側端面を、両面研削装置の保持部材に設けられた保持孔内に保持しながらガラス基板の両側の主表面の研削を行う。両面研削装置は、上下一対の定盤（上定盤および下定盤）を有しており、上定盤および下定盤の間にガラス基板が挟持される。そして、上定盤または下定盤のいずれか一方、または、双方を移動させ、ガラス基板と各定盤とを相対的に移動させることにより、ガラス基板の両主表面を研削することができる。

[0048] (f) 研磨処理

次に、研削したガラス基板の主表面に研磨が施される。具体的には、ガラ

ス基板の外周側端面を、両面研磨装置の研磨用キャリアに設けられた保持孔内に保持しながらガラス基板の両側の主表面の研磨が行われる。研磨は、両面研磨装置を用いて行なわれる。両面研磨装置は、上下一対の定盤の間にガラス基板が挟持される。下定盤の上面及び上定盤の底面には、全体として円環形状の平板の研磨パッド（例えば、樹脂ポリッシャ）が取り付けられている。そして、上定盤または下定盤のいずれか一方、または、双方を移動させることで、ガラス基板と各定盤とを相対的に移動させることにより、ガラス基板の両主表面を研磨する。

[0049] 研磨は、第1～3研磨の3回行なうことが、本実施形態のガラス基板の主表面の表面粗さ R_a を 0.11 nm 以下とする点から、あるいは、表面凹凸の平均面から 0.1 [nm] 以上の高さを有する複数の凸部のそれぞれが占める領域の面積の平均を $25\text{ [nm}^2\text{/個]}$ 以下にする点から、好ましい。

第1研磨は、研削処理後の主表面に残留したキズや歪みの除去、あるいは微小な表面凹凸（マイクロウェビネス、粗さ）の調整と、鏡面化を目的とする。例えば、酸化セリウム、あるいはジルコニア等の砥粒が用いられ、両面研磨装置の研磨パッドとガラス基板の主表面との間に供給され、ガラス基板の主表面が研磨される。第1研磨に用いる研磨砥粒は、例えば、平均粒径 d_{50} が $0.1\sim 1.5\text{ }\mu\text{m}$ の酸化セリウム粒子である。

第2研磨では、ガラス基板の主表面をさらに平滑にするための鏡面研磨を目的とする。第2研磨では、平均粒径 d_{50} が $5\sim 20\text{ nm}$ のコロイダルシリカを遊離砥粒として含む研磨液が両面研磨装置の研磨パッドとガラス基板の主表面との間に供給され、ガラス基板の主表面が研磨される。研磨液の液性は、研磨レートと研磨後の表面残留異物低減の観点から酸性とすることが好ましく、より好ましくは $\text{pH } 1\sim 4$ である。取り代は板厚換算（両側の主表面の取り代の合計量）で $1\sim 5\text{ }\mu\text{m}$ とすることが好ましい。

第3研磨では、ガラス基板の主表面の平滑性の程度をより一層向上させる。第3研磨では、平均粒径 d_{50} が $30\sim 100\text{ nm}$ のコロイダルシリカを遊離砥粒として含む研磨液が両面研磨装置の研磨パッドとガラス基板の主

表面との間に供給され、ガラス基板の主表面が研磨される。研磨液の液性は、平滑性の観点からアルカリ性とするのが好ましく、より好ましくはpH 11～13である。取り代は板厚換算で0.05～1 μm とすることが好ましい。

また、第2研磨では、酸性の研磨液が用いられ、第3研磨ではアルカリ性の研磨液が用いられることが好ましい。アルカリ性の研磨液は、酸性の研磨液に比べて研磨速度が遅く、精度の高い研磨を実現することができる点から酸性液を用いた研磨の後にアルカリ性の研磨液を用いた研磨を行うことが好ましい。

また、コロイダルシリカのd50の平均粒径については、上記のとおり、第2研磨よりも第3研磨の方を大きくすることが好ましい。第3研磨のコロイダルシリカのd50の平均粒径は、第2研磨のその2倍以上であることがより好ましく、3倍以上であることがより一層好ましい。このようにすることによって、小粒径のシリカ砥粒により基板表面に形成された微細かつ鋭い筋目を、比較的大きな粒径のシリカ砥粒によって良好に除去することが可能となり、本実施形態の磁気ディスク用基板の表面を形成することができる。このような微細かつ鋭い所謂バリのような形状が基板表面に残留すると、単結晶Siプローブ等の高硬度のプローブで測定する際に破壊されやすいと考えられる。

また、第3研磨では、第2研磨に比べて取り代が少ないことが好ましい。第3研磨の研磨時間は、例えば、第2研磨の研磨時間の1/3以下、さらには、1/4以下であることが、上記表面粗さRaを0.11nm以下にすることができる点で、あるいは、表面凹凸の平均面から0.1[nm]以上の高さを有する複数の凸部のそれぞれが占める領域の面積の平均を25[nm²/個]以下にする点から、好ましい。

なお、第1～3研磨におけるガラス基板の取り代は、30 μm 以下であり、好ましくは25 μm 以下であり、より好ましく20 μm 以下である。

[0050] このように、研磨工程の最終段階においてコロイダルシリカの2段研磨を

行う際に、研磨液の液性、コロイダルシリカの粒径、取り代を、それぞれ上記範囲となるように組み合わせることで、本件発明に好適な磁気ディスク用ガラス基板が得られる。

これにより、カーボンナノファイバの棒状部材をプローブ先端に設けたプローブを有する原子間力顕微鏡を用いて測定したときの主表面の表面粗さ R_a を 0.11 nm 以下とすることができる。また、上記のように研磨砥粒の種類、粒径および研磨液の液性を調整するとともに研磨におけるガラス基板の取り代を $30\text{ }\mu\text{m}$ 以下にすることにより、磁気ディスク用基板の表面凹凸の平均面から 0.1 [nm] 以上の高さを有する複数の凸部のそれぞれが占める領域の面積の平均を $25\text{ [nm}^2\text{/個]}$ 以下にすることができる。すなわち、上記平均が $25\text{ [nm}^2\text{/個]}$ 以下となるように、基板の一对の主表面を $30\text{ }\mu\text{m}$ 以下の取り代で研磨する。

[0051] (g) 化学強化処理

ガラス基板を化学強化する場合、化学強化液として、例えば硝酸カリウムと硫酸ナトリウムの混合熔融液等を用い、ガラス基板を化学強化液中に浸漬する。化学強化処理は、例えば、第1研磨と第2研磨の間に行われる。なお、化学強化処理は必須ではなく、行われなくてもよい。

このようにして、磁気ディスク用ガラス基板は作製される。

[0052] (磁気ディスク用アルミニウム合金製基板の製造方法)

次に、本実施形態の磁気ディスク用アルミニウム合金製基板の製造方法を簡単に説明する。

[0053] (a) グラインド基板の作製

アルミニウム合金を溶解、鋳造、圧延し、円盤状に切り出したアルミマグネシウム合金（アルミニウム合金）素材に、内外径端面の切削加工と表面の研削を実施して、円環形状のグラインド基板（基材）が作製される。

[0054] (b) めっき層形成

次に、グラインド基板（基材）の表面に Ni-P めっきを施すことでアルミニウム合金製の基板とする。アルミニウム合金は軽量で加工性に優れる反面

、表面硬度が磁気ディスクの要求を十分に満足することができないため、基板の損傷を防ぐために、グランド基板の表面にNiPめっき層が形成される。NiPめっき層の厚さは、例えば10数 μm である。さらに、NiPめっき層の内部応力の緩和のために、アニールが施される。

[0055] (c) 研磨

めっき層形成後のグランド基板に、うねりや微小うねりを除去し平滑化するために研磨が行われる。研磨では、研磨パッド（例えば、樹脂ポリッシャ）と、アルミナ砥粒等を含む遊離砥粒を分散させた研磨スラリーを用いて、NiPめっき層を複数の段階で研磨する。

こうして研磨された基板は洗浄されて磁気ディスク用基板が得られる。

この研磨においても、上述したガラス基板の製造方法の研磨と同様に、複数の段階の研磨を行って、主表面の表面粗さRaを0.11nm以下とすることができる。また、表面凹凸の平均面から0.1[nm]以上の高さを有する複数の凸部のそれぞれが占める領域の面積の平均が25[nm²/個]以下となるように、基板の一对の主表面を30 μm 以下の取り代で研磨することができる。

[0056] なお、本実施形態の、上述した面凹凸の平均面から0.1[nm]以上の高さを有する複数の凸部のそれぞれが占める領域の面積の平均が25[nm²/個]以下であることは、磁気ディスク用基板の製造方法において、基板が、磁気ディスク用基板として磁気ディスク特性が許容される範囲にあるか否かを判定する工程に適用することができる。

例えば、基板の主表面の表面粗さを、カーボンナノファイバの棒状部材、例えばヤング率が100GPa以下の棒状部材をプローブ先端に設けたプローブを有する原子間力顕微鏡を用いて測定し、測定して得られる表面凹凸のデータから、基板の主表面の表面凹凸のうち、該表面凹凸の平均面から0.1[nm]以上の高さを有する複数の凸部のそれぞれが占める領域の面積の平均を求める。求めた平均が25[nm²/個]以下であるか否かを判定し、上記平均が25[nm²/個]以下である場合、測定した基板を磁気ディスク用

基板として採用する。この場合、上記判定に用いる平均の値は $20 \text{ [nm}^2/\text{個}]$ 以下であることが好ましい。さらに、主表面の表面凹凸の平均面から 0.2 [nm] 以上の高さを有する複数の凸部のそれぞれが占める領域の面積の平均は $12 \text{ [nm}^2/\text{個}]$ 以下であることを、上記判定に含めることも好ましい。

このような方法は、原子間力顕微鏡と、原子間力顕微鏡で得られた表面凹凸のデータから上記平均を求める演算装置によって実施される。

この場合においても、上述の測定により得られる表面凹凸のデータから求めることができる表面粗さ R_a が 0.11 [nm] 以下であることを上記判定の条件に含めてもよい。

勿論、磁気ディスク用ガラス基板及び磁気ディスク用アルミニウム合金製基板に、上記スクリーニング法を適用することができる。

このような磁気ディスク用基板を用いて作製される磁気ディスクの磁気ディスク特性は向上し、例えば BER を $10^{-5.8}$ 以下にすることができる。

[0057] (実験例1)

本実施形態の効果を確認するために、複数の種類のガラス基板を上述したガラス基板の製造方法を用いて、第2研磨及び第3研磨の条件を変化させて6種類18枚のガラス基板を作製した。種類毎に3枚作製した。ガラス基板のガラスは、上述したガラス組成とした。

6種類のガラス基板それぞれの1つを、直径 20 nm 、長さ 200 nm のカーボンナノファイバの棒状部材をプローブ先端に用いたプローブを使って原子間力顕微鏡でガラス基板の表面凹凸を測定した。測定は、以下の条件で行なった。

- ・測定エリア： $1 \mu\text{m} \times 0.25 \mu\text{m}$ の矩形領域
- ・測定点数： $512 \text{ ポイント} \times 128 \text{ ポイント}$ ($1 \mu\text{m}$ に対して 512 ポイント 、 $0.25 \mu\text{m}$ に対して 128 ポイント)
- ・測定モード： Intermittent contact mode
- ・振動数： 70 KHz

・プローブのばね定数：4 N／m

[0058] さらに、6種類のガラス基板それぞれの1つを、プローブ先端がSiで構成された角錐形状のプローブを使って原子間力顕微鏡でガラス基板の表面凹凸を測定した。測定は、上述の条件で行なった。

[0059] さらに、作製した各種類のガラス基板の残りの1枚に、上述したように磁性層ほかを設けて磁気ディスク基板を作製し、DFH（ディスクフライングハイト）機構を搭載した磁気ヘッドとともにHDD（ハードディスクドライブ装置）に組み込み、DFH素子部を徐々に突き出していき、先端が基板表面に接触したときの突出量を基準にして、突出量を1 nm少なくした条件、すなわちバックオフ量が1 nmとなる条件で、作製した磁気ディスクのBERの値を求めた。なお、信号記録時の線記録密度は、93 kビット／mmとした。

下記表1は、6種類のガラス基板の評価結果を示している。表1中6種類のガラス基板は、サンプル1～6と表した。“表面粗さRa（CNFプローブRa）”の欄は、プローブ先端にカーボンナノファイバを用いて測定した結果を示し、“表面粗さRa（SiプローブRa）”の欄は、プローブ先端に角錐形状のSiを用いて測定した結果を示している。表1中の“BER”の欄の数値xは、10^xを表す。

[0060] [表1]

	表面粗さRa (SiプローブRa)	表面粗さRa (CNFプローブRa)	BER
サンプル1	0.107	0.065	-6.5
サンプル2	0.168	0.102	-6.1
サンプル3	0.131	0.110	-6.0
サンプル4	0.085	0.115	-5.8
サンプル5	0.143	0.137	-5.2
サンプル6	0.148	0.201	-4.0

[0061] 上記表 1 に示す結果は、図 4, 5 に示す結果でもある。

このように、表 1 及び図 4, 5 からわかるように、表面粗さ R_a (CNF プロブ R_a) は、表面粗さ R_a (Si プロブ R_a) に比べて、BER との間で相関が高いことがわかる。さらに、表 1 から、表面粗さ R_a (CNF プロブ R_a) を 0.11 nm 以下にすることにより、BER を、磁気ディスク特性の許容範囲である BER が $10^{-5.8}$ 以下、好ましくは $10^{-6.0}$ 以下にすることができることがわかる。このとき、サンプル 1～6 のガラス基板の表面凹凸の平均面から 0.1 [nm] 以上の高さを有する複数の凸部のそれぞれが占める領域の面積の平均は、いずれも $30\text{ [nm}^2\text{/個]}$ 以下であった。

[0062] (実験例 2)

さらに、本実施形態の効果を確認するために、複数の種類のガラス基板を上記したガラス基板の製造方法を用いて、第 2 研磨及び第 3 研磨の条件を変化させて 4 種類 8 枚のガラス基板を作製した。ガラス基板のガラスは、上記したガラス組成とした。

4 種類のガラス基板それぞれの 1 つを、直径 20 nm 、長さ 200 nm のカーボンナノファイバの棒状部材をプローブ先端に用いたプローブを使って原子間力顕微鏡でガラス基板の表面凹凸を測定した。測定条件は実験例 1 と同じ条件とした。

さらに、作製した各種類のガラス基板の 1 枚に磁性層を設けて磁気ディスク基板を作製し、DFH (ディスクフライングハイト) 機構を搭載した磁気ヘッドとともに HDD (ハードディスクドライブ装置) に組み込み、実験例 1 と同じ条件で磁気ディスクの BER の値を求めた。

下記表 2 は、4 種類のガラス基板の評価結果を示している。表 2 中、“ 0.1 nm 以上” の欄は、表面凹凸の平均面から 0.1 [nm] 以上の高さを有する複数の凸部のそれぞれが占める領域の面積の平均を示し、“ 0.2 nm 以上” の欄は、表面凹凸の平均面から 0.2 [nm] 以上の高さを有する複数の凸部のそれぞれが占める領域の面積の平均を示す。表 2 中の“BER” の欄の数値 $\times$ は、 $10^{\times}$ を表す。

[0063] [表2]

	0.1nm 以上	0.2nm 以上	BER
サンプル7	20 [nm ² /個]	10 [nm ² /個]	-6.0
サンプル8	24 [nm ² /個]	12 [nm ² /個]	-5.8
サンプル9	28 [nm ² /個]	14 [nm ² /個]	-5.5
サンプル 10	33 [nm ² /個]	17 [nm ² /個]	-5.0

[0064] サンプル7～10のガラス基板の表面粗さRaは、いずれも0.15nm以下であった。

表2より、表面凹凸の平均面から0.1[nm]以上の高さを有する複数の凸部のそれぞれが占める領域の面積の平均が25[nm²/個]以下のサンプル7, 8は、BERが $10^{-5.8}$ 以下になり、磁気ディスク特性が向上することがわかる。

[0065] 以上、本発明の磁気ディスク用ガラス基板、磁気ディスク用基板の製造方法、及び磁気ディスク用基板の判定方法について詳細に説明したが、本発明は上記実施形態等に限定されず、本発明の主旨を逸脱しない範囲において、種々の改良や変更をしてもよいのはもちろんである。

符号の説明

- [0066]
- 1 磁気ディスク用ガラス基板
 - 2 内孔
 - 3 プローブ
 - 4 棒状部材
 - 10 輪郭曲線要素
 - 12 平均線
 - 14 レベル線

請求の範囲

- [請求項1] 磁気ディスク用基板であって、
前記磁気ディスク用基板は一对の主表面を有し、
前記主表面の算術平均粗さ R_a は、 0.11 nm 以下であり、
前記表面粗さ R_a は、カーボンナノファイバの棒状部材をプローブ先端に設けたプローブを備える原子間力顕微鏡を用いて測定した値である、ことを特徴とする磁気ディスク用基板。
- [請求項2] 磁気ディスク用基板であって、
前記磁気ディスク用基板は一对の主表面を有し、
前記主表面の表面凹凸のうち、該表面凹凸の平均面から 0.1 [nm] 以上の高さを有する複数の凸部のそれぞれが占める領域の面積の平均は $25\text{ [nm}^2\text{/個]}$ 以下であり、
前記主表面の表面凹凸は、カーボンナノファイバの棒状部材をプローブ先端に設けたプローブを備える原子間力顕微鏡を用いて測定した値である、ことを特徴とする磁気ディスク用基板。
- [請求項3] 前記表面凹凸の平均面から 0.1 [nm] 以上の高さを有する複数の凸部のそれぞれが占める領域の面積の平均は $20\text{ [nm}^2\text{/個]}$ 以下である、請求項1または2に記載の磁気ディスク用基板。
- [請求項4] 前記表面凹凸の平均面から 0.1 [nm] 以上の高さを有する複数の凸部のそれぞれが占める領域の面積の平均と、前記表面凹凸の平均面から 0.2 [nm] 以上の高さを有する複数の凸部のそれぞれが占める領域の面積の平均との間の差は、 $13\text{ [nm}^2\text{/個]}$ 以下である、請求項1～3のいずれか1項に記載の磁気ディスク用基板。
- [請求項5] 前記プローブ先端に設けられるカーボンナノファイバの棒状部材は、ヤング率が 100 GPa 以下である、請求項1～4のいずれか1項に記載の磁気ディスク用基板。
- [請求項6] 前記棒状部材は導電性を有し、前記棒状部材の一方の端がアースに接続されている、請求項1～5のいずれか1項に記載の磁気ディスク

用基板。

[請求項7] 前記表面粗さ R_a あるいは前記表面凹凸は、前記プローブが一定の振幅で振動するように、前記プローブの前記主表面の表面凹凸に応じて前記プローブの位置を変化させることにより得られる、前記プローブの位置の情報から求める、請求項1～6のいずれか1項に記載の磁気ディスク用基板。

[請求項8] 前記原子力顕微鏡の測定では、前記プローブを、 $0.1 \sim 80$ [N/m] のばね定数で、振動数 $30 \sim 400$ [KHz] で振動させる、請求項7に記載の磁気ディスク用基板。

[請求項9] 前記基板は、エネルギーアシスト磁気記録用磁気ディスク用の基板である、請求項1～8のいずれか1項に記載の磁気ディスク用基板。

[請求項10] 請求項1～9のいずれか1項に記載の前記磁気ディスク基板の表面に、少なくとも磁性膜を形成した、磁気ディスク。

[請求項11] 磁気ディスク用基板の製造方法であって、
研削処理後、研磨処理工程において、カーボンナノファイバの棒状部材をプローブ先端に設けたプローブを備える原子間力顕微鏡を用いて測定した前記主表面の表面凹凸について、前記表面凹凸の平均面から 0.1 [nm] 以上の高さを有する複数の凸部のそれぞれが占める領域の面積の平均が 25 [nm²/個] 以下となるように前記基板の一对の主表面を $30 \mu\text{m}$ 以下の取り代で研磨する、ことを特徴とする磁気ディスク用基板の製造方法。

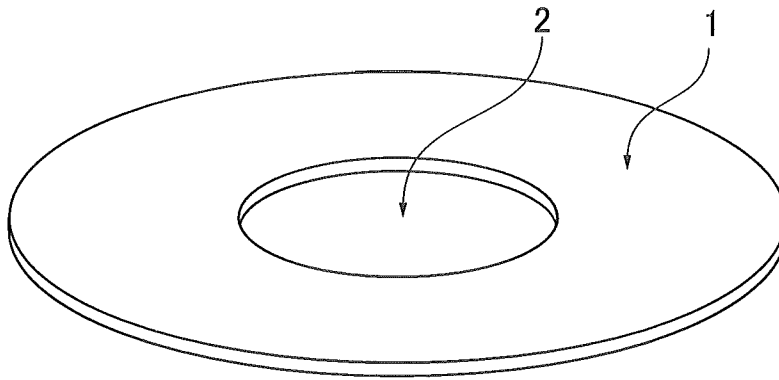
[請求項12] 前記研磨処理工程は、
磁気ディスク用基板の一对の主表面を酸性の研磨液を用いて第1の研磨をし、

前記第1の研磨後、ガラス基板の主表面をアルカリ性の研磨液を用いて第2の研磨をし、

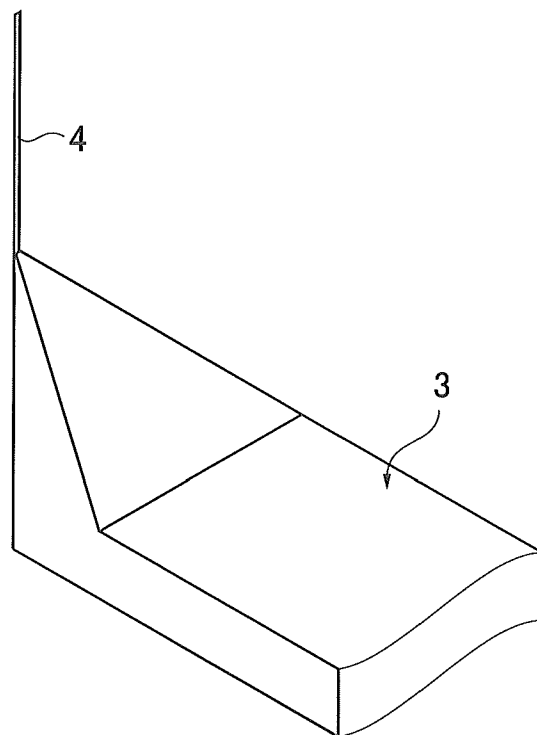
前記第2の研磨では、前記第1の研磨に比べて研磨時間を短くする、ことを含む、請求項11に記載の磁気ディスク用基板の製造方法。

- [請求項13] 前記主表面の表面凹凸のうち、該表面凹凸の平均面から 0.1 [nm] 以上の高さを有する複数の凸部のそれぞれが占める領域の面積の平均は $20\text{ [nm}^2\text{/個]}$ 以下である、請求項11または12に記載の磁気ディスク用基板の製造方法。
- [請求項14] 前記主表面の表面凹凸のうち、該表面凹凸の平均面から 0.2 [nm] 以上の高さを有する複数の凸部のそれぞれが占める領域の面積の平均は $12\text{ [nm}^2\text{/個]}$ 以下である、請求項11～13のいずれか1項に記載の磁気ディスク用基板の製造方法。

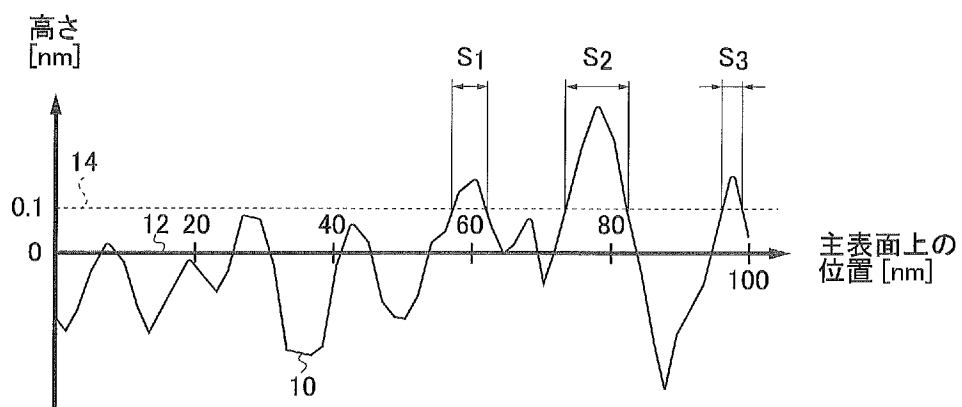
[図1]



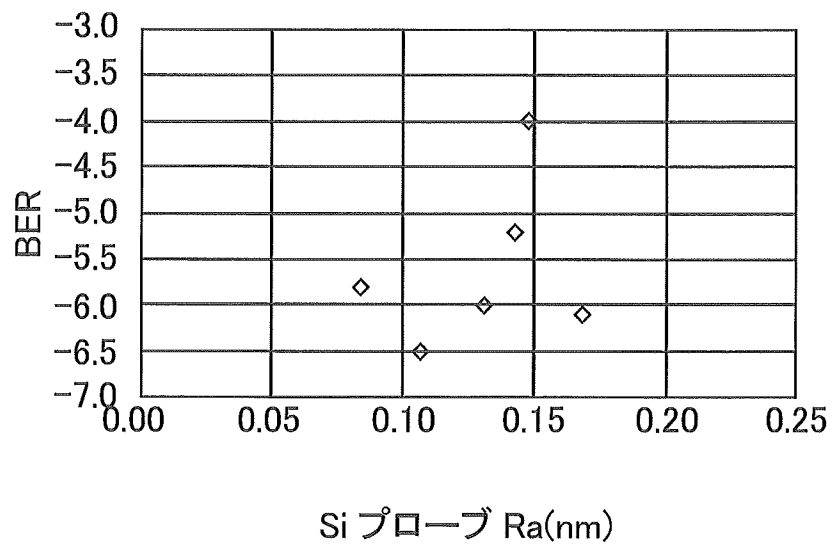
[図2]



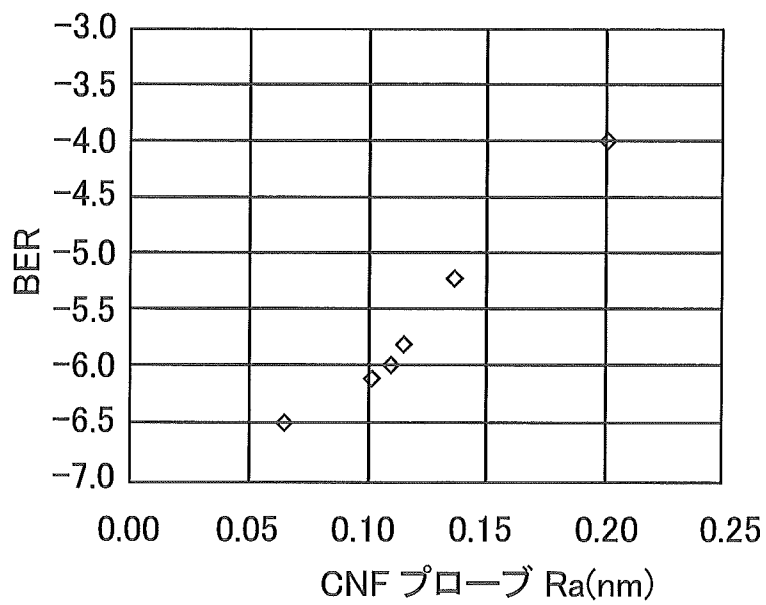
[図3]



[図4]



[図5]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/060647

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G11B5/73(2006.01)i, G11B5/84(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)

G11B5/73, G11B5/84

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.
X Y	WO 2014/208762 A1 (Hoya Corp.), 31 December 2014 (31.12.2014), paragraphs [0050], [0051], [0064] to [0074] & US 2016/0118073 A1 paragraphs [0083] to [0086], [0109] to [0123] & CN 105163906 A	1-10 11-14
Y	JP 2007-168057 A (Kao Corp.), 05 July 2007 (05.07.2007), paragraphs [0034], [0051] & US 2007/0149097 A1 paragraphs [0061], [0079] & GB 2433515 A & CN 1986717 A & MY 154309 A & TW 00I506621 B	11-14

☒ 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
24 June 2016 (24.06.16)

Date of mailing of the international search report
05 July 2016 (05.07.16)

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/JP2016/060647

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 2004-063062 A (Nippon Sheet Glass Co., Ltd.), 26 February 2004 (26.02.2004), paragraphs [0041] to [0047], [0052], [0058] to [0061] & US 2003/0228461 A1 paragraphs [0037] to [0043], [0049], [0056] to [0059]	12-14
A	WO 2009/128500 A1 (Olympus Corp.), 22 October 2009 (22.10.2009), paragraphs [0011], [0017] to [0020]; fig. 2A & JP 5174896 B	1-14
A	WO 2007/109777 A2 (VEECO INSTRUMENTS INC.), 27 September 2007 (27.09.2007), 7th paragraph, lines 3 to 25 (Family: none)	1-14
P,X	WO 2015/046603 A1 (Hoya Corp.), 02 April 2015 (02.04.2015), paragraphs [0043], [0044], [0059], [0062] to [0064] & CN 105518780 A	1-8,10,11, 13,14

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G11B5/73(2006.01)i, G11B5/84(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. G11B5/73, G11B5/84

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
X Y	WO 2014/208762 A1（H O Y A株式会社） 2014.12.31, 段落[0050], [0051], [0064]-[0074] & US 2016/0118073 A1, 段落[0083]-[0086], [0109]-[0123] & CN 105163906 A	1-10 11-14
Y	JP 2007-168057 A（花王株式会社） 2007.07.05, 段落[0034], [0051] & US 2007/0149097 A1, 段落[0061], [0079] & GB 2433515 A & CN 1986717 A & MY 154309 A & TW 00I506621 B	11-14

☒ 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

24.06.2016

国際調査報告の発送日

05.07.2016

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）

中野 和彦

5 C

5892

電話番号 03-3581-1101 内線 3541

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	JP 2004-063062 A (日本板硝子株式会社) 2004.02.26, [0041]-[0047], [0052], [0058]-[0061] & US 2003/0228461 A1, [0037]-[0043], [0049], [0056]-[0059]	12-14
A	WO 2009/128500 A1 (オリンパス株式会社) 2009.10.22, 段落[0011], [0017]-[0020], 図 2A & JP 5174896 B	1-14
A	WO 2007/109777 A2 (VEECO INSTRUMENTS INC.) 2007.09.27, 第 7 段落第 3 行-第 25 行 (ファミリーなし)	1-14
P, X	WO 2015/046603 A1 (HOYA株式会社) 2015.04.02, 段落[0043], [0044], [0059], [0062]-[0064] & CN 105518780 A	1-8, 10, 11, 13, 14