

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2008 年 1 月 31 日 (31.01.2008)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2008/013102 A1

- (51) 国際特許分類:
G11B 5/02 (2006.01) G11B 7/135 (2006.01)
G11B 5/31 (2006.01) G11B 11/10 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2007/064306
- (22) 国際出願日: 2007 年 7 月 20 日 (20.07.2007)
- (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2006-200346 2006 年 7 月 24 日 (24.07.2006) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): セイコー
インスツル株式会社 (SEIKO INSTRUMENTS INC.)
[JP/JP]; 〒2618507 千葉県千葉市美浜区中瀬 1 丁目
8 番地 Chiba (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 大海 学 (OUMI,

Manabu) [JP/JP]; 〒2618507 千葉県千葉市美浜区中
瀬 1 丁目 8 番地 セイコーインスツル株式会社内
Chiba (JP). 平田 雅一 (HIRATA, Masakazu) [JP/JP]; 〒
2618507 千葉県千葉市美浜区中瀬 1 丁目 8 番地 セイ
コーインスツル株式会社内 Chiba (JP). 朴 馬中 (PARK,
Majung) [KR/JP]; 〒2618507 千葉県千葉市美浜区中瀬
1 丁目 8 番地 セイコーインスツル株式会社内 Chiba
(JP).

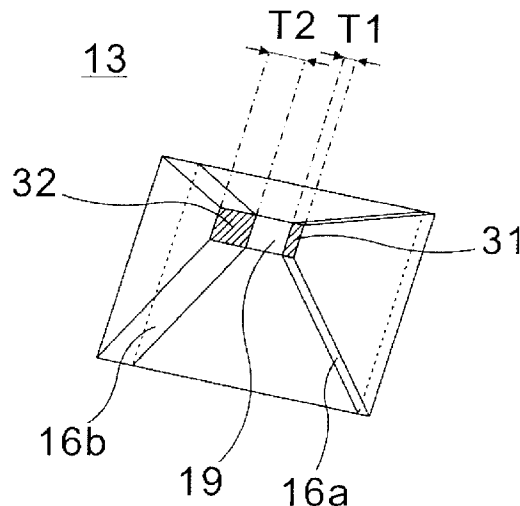
(74) 代理人: 松下 義治 (MATSUSHITA, Yoshiharu);
〒1500012 東京都渋谷区広尾 1 丁目 1 1 番 2 号
A I O S 広尾ビル 8 0 7 号 Tokyo (JP).

(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, BH,
BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,
DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP,

[続葉有]

(54) Title: PROXIMITY-FIELD LIGHT ASSIST MAGNETIC RECORDING HEAD, AND RECORDING DEVICE USING THE SAME

(54) 発明の名称: 近接場光アシスト磁気記録ヘッド及びそれを用いた記録装置



(57) Abstract: Provided is a proximity-field light assist magnetic recording head, which is assisted by a conical tip (43) for producing a proximity-field light at a leading end and by the proximity-field light thereby to perform a magnetic recording. The magnetic recording head is characterized in that a magnetic recording element (13) includes a first magnetic pole (16a) and a second magnetic pole 16(b), in that the first magnetic pole is made of a first thin film on a first side face of the tip, in that the second magnetic pole is made of a second thin film on a second side face, as confronting the first side face, of the tip, and in that the first thin film and the second thin film have different thicknesses. The proximity-field light assist magnetic recording head may be a proximity-field light utilizing head.

(57) 要約: 先端に近接場光を発生させる錐状ティップ 43 と、近接場光によってアシストされて磁気記録を行う近接場光アシスト磁気記録ヘッドであって、磁気記録素子 13 が第一磁極 16 a と第二磁極 16 b から成り、第一磁極がティップの第一側面上の第一薄膜から成り、第二磁極がティップの第一側面に対向する第二

[続葉有]



WO 2008/013102 A1



KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, 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, MT, 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。

明 細 書

近接場光アシスト磁気記録ヘッド及びそれを用いた記録装置

技術分野

[0001] この発明は、微細な領域に光を局在化させることで回折限界を超える分解能を持つ近接場光を利用した近接場光利用ヘッド、特に近接場光と磁場の両者を利用することで超高記録密度を実現した近接場光アシスト磁気記録ヘッド及びそれを用いた記録装置に関する。

背景技術

[0002] 近年情報化社会における画像・動画情報の急激な増加に対応するため、情報記録再生装置は大容量化・小型化が進められている。光を用いた情報記録再生装置においては、記録密度が光波長に依存するため、短い波長の光を用いることで高密度化が図られてきた。波長に依存しない記録密度の実現の方法としては、近接場光を用いた記録再生原理が注目されている。磁気を用いた情報記録再生装置においては、記録媒体表面の微小領域を分離して磁化するために、微小領域のみに近接場光を照射することで加熱して保磁力を低下させてから磁化させる近接場光アシスト磁気記録方式が、次世代の記録再生原理の有力候補と見られている。

[0003] 記録媒体への情報の記録は、従来、記録層の微小領域を記録媒体表面に平行な方向に磁化させる、いわゆる長手記録方式が行われてきたが、熱揺らぎの問題から記録密度の向上が困難になってきていた。この問題を解決するために、記録層の微小領域を記録媒体表面に垂直方向に磁化させるいわゆる垂直記録方式が採用され始めている。この方式では、記録層内においてN極とS極とがループを作り難いため、エネルギー的により安定で、長手記録方式に対して熱減磁に強くなっている。更に記録密度を向上させるために、隣り合う磁区同士の影響や、熱揺らぎを最小限に抑えるために、更に保磁力の強いものが記録媒体として採用され始めている。そのため、上述した垂直記録方式であっても、記録媒体に情報を記録することが困難になっていた。

[0004] そこで保磁力の強い記録媒体に対して、瞬間的に微小領域を加熱することで保磁

力を低下させて磁化記録する方式が注目されている。これは、空気浮上スライダーに搭載された磁気記録素子の近傍に熱源となる素子を形成し、熱源から放射された熱によって記録媒体表面を加熱しつつ磁気記録素子が発生する磁場によって媒体記録層の磁化を反転させるという方式である。記録層の保磁力が高いため、いったん磁化された領域は隣の領域に近接していても熱揺らぎに対して安定に存在することができる。これを熱アシスト磁気記録方式と呼ぶ。熱アシスト磁気記録方式において記録の高密度化に重要な要因は、アシストのために加熱された領域をできるだけ微小化し、記録したい領域のみを加熱することである。また、磁場を発生させる磁極の微小化も重要であり、加熱された領域のうちできるだけ微小領域のみを磁化させる必要がある。高周波数でオンオフの切り替えができ、かつ数～数十nmという領域のみに熱を与える方法として近接場光を利用することができる。これを近接場光アシスト磁気記録方式と呼ぶ。

[0005] 近接場光アシスト磁気記録方式のヘッドは、従来の磁気ヘッドの記録磁極に隣接して近接場光発生素子を持つ構造となっている。近接場光発生素子は、例えば薄膜金属から成る散乱体であり、レーザーからの光を照射することによって微小領域に近接場光を発生させる(特許文献1;特開2004-158067号公報)。

[0006] また、ヘッド底面にボウタイ形状の金属薄膜を形成し、光を記録媒体の上方から垂直に照射することで近接場光を発生させて、磁場を強くかけている領域に近接場光を重ねる構造も提案されている。この近接場光アシスト磁気記録ヘッドでは、近接場光発生素子はヘッド底面に形成された平面膜のボウタイ形状金属であり、レーザーからの光を光ファイバーなどで導入したのちミラーで反射させてボウタイに照射させることで、ボウタイ中央のギャップに近接場光を発生させる。さらにこのボウタイが磁気記録素子も兼ねていることで、近接場光によって加熱される媒体表面領域と、磁場によって磁化される領域が一致している。これにより近接場光による微小スポットを限界まで微小化することが可能となり、高密度記録に適している(特許文献2;特開2002-298302号公報)。

特許文献1:特開2004-158067号公報

特許文献2:特開2002-298302号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0007] しかしながら従来の構造の近接場光アシスト磁気記録ヘッドでは、近接場光発生素子が磁気記録素子に隣接して形成されており、レーザーからの入射光がヘッドの斜め前方から照射される構成になっているため、近接場光発生素子は磁気記録素子の外側すなわちスライダーの端側に配置されている。空気浮上ヘッドは空気の流入端(リーディングエッジ)が流出端(トレイリングエッジ)よりも高い浮上量となって傾いて浮上するものであり、磁気記録素子は高密度記録のために、記録媒体表面にできるだけ近接させる必要があるため、流出端付近に搭載される。近接場光発生素子はその外側になるため、結果として媒体から見た場合にヘッドの走査方向に対して磁気記録素子よりも常に後ろ側に配置される(特許文献1、図1～4)。

[0008] 近接場光によって媒体表面の微小領域を加熱した後に磁気記録素子によって記録する近接場光アシスト磁気記録においては、近接場光発生素子は磁気記録素子よりも前側に配置されることが望ましい。従来技術においては後ろ側に配置されているため、近接場光によって加熱する領域は、近接場光発生素子直下だけでなくその前方まで含めた広い領域にならざるを得ない。このため、近接場光発生素子が本来持っている微小スポット性能を十分に発揮できないという問題点があった。またこの従来構造の近接場光アシスト磁気記録ヘッドでは、近接場光発生素子への光入射がレーザーからの空中伝播となっており、光学系を小型化単純化する上で困難があった。

[0009] 別の従来構造の近接場光アシスト磁気記録ヘッドは、近接場光と磁場の両方を発生させるボウタイがヘッド底面に形成された平面膜から成っているため、発生する磁場がボウタイ全体に広がってしまう。長手記録の場合はボウタイ中央のギャップが記録密度を規定するが、垂直記録の場合は主磁極の媒体に対向する部分のサイズが記録密度を規定する。ボウタイを記録媒体側から見た場合に、主磁極がボウタイの片側全体となるため、高記録密度のためにはボウタイ自体を微小化する必要がある。ボウタイのサイズを小さくすると、ボウタイ周辺部が入射光スポットの中に含まれてしまい、近接場光がボウタイ中央部だけでなく周辺部でも発生し、ボウタイ周辺部において

誤記録が行われてしまう。このように、近接場光が局在するボウタイ中央部にのみ強い記録用磁場が発生する構造を持つヘッドが必要とされていた。

課題を解決するための手段

- [0010] 上記課題を解決するために、本発明は、先端に近接場光を発生させる錐状ティップと、近接場光によって媒体表面の微小領域を加熱するとともに微小領域に磁化反転を生じさせる磁気記録素子とを持つ近接場光アシスト磁気記録ヘッドであって、磁化が媒体表面に対して略垂直方向であり、磁気記録素子が第一磁極と第二磁極から成り、第一磁極がティップの第一側面上の第一薄膜から成り、第二磁極がティップの前記第一側面に対向する第二側面上の第二薄膜から成り、第一薄膜と第二薄膜は膜厚が異なるものであることを特徴とする近接場光アシスト磁気記録ヘッドとした。
- [0011] また本発明は、近接場光アシスト磁気記録ヘッドにおいて、ティップが平面基板上に形成され、断面が多角形で先端に平坦部を持つ透明な材質から成ることを特徴とした。
- [0012] また本発明は、近接場光アシスト磁気記録ヘッドにおいて、ティップ断面が台形であり、台形の第一辺がそれに対向する第二辺の長さよりも短く、第一側面が第一辺を含み、第二側面が第二辺を含むことを特徴とした。
- [0013] また本発明は、近接場光アシスト磁気記録ヘッドにおいて、ティップ側面のうち、第一側面と第二側面以外の側面のうち少なくとも一面が遮光膜で覆われていることを特徴とした。
- [0014] また本発明は、近接場光アシスト磁気記録ヘッドにおいて、第一薄膜の第一側面と反対側の表面、および、第二薄膜の第二側面と反対側の表面、が磁気シールド層で覆われていることを特徴とした。
- [0015] また本発明は、近接場光アシスト磁気記録ヘッドにおいて、媒体が回転することで発生する動圧を受けて媒体表面から所定の浮上量を持って浮上する空気浮上面を持つことを特徴とした。
- [0016] また本発明は、近接場光アシスト磁気記録ヘッドにおいて、ティップと空気浮上面が同一プロセスによって同時に作製され、略同一高さであることを特徴とした。
- [0017] また本発明は、近接場光アシスト磁気記録ヘッドにおいて、ティップと空気浮上面

が同一プロセスによって同時に作製され、両者の高さの差が所定量であることを特徴とした。

- [0018] また本発明は、近接場光アシスト磁気記録ヘッドと、媒体の表面に平行な方向に移動可能とされ、媒体の表面に平行で且つ互いに直交する2軸回りに回動自在な状態で、近接場光アシスト磁気記録ヘッドを先端側で支持するサスペンションアームと、近接場光アシスト磁気記録ヘッドに対して光束を入射させる光源と、サスペンションアームの基端側を支持すると共に、サスペンションアームを前記媒体の表面に平行な方向に向けて移動させるアクチュエーターと、媒体を一定方向に回転させる回転駆動部と、近接場光アシスト磁気記録ヘッドと光源と前記回転駆動部との作動を制御する制御部とを備えていることを特徴とする記録装置とした。

図面の簡単な説明

- [0019] [図1]実施の形態1に係る近接場光アシスト磁気記録ヘッドを用いた情報記録装置の概略図である。
- [図2]実施の形態1に係る近接場光アシスト磁気記録ヘッド2とサスペンションアーム3、光導波路4の断面図である。
- [図3]実施の形態1に係る近接場光アシスト磁気記録ヘッド2底面の斜視図である。
- [図4]実施の形態1に係る記録素子13の斜視図である。
- [図5]実施の形態1に係る近接場光アシスト磁気記録ヘッド2の製造方法を説明するための断面図である。
- [図6]実施の形態2に係る記録素子51の斜視図である。
- [図7]実施の形態3に係る記録素子61の斜視図である。
- [図8]実施の形態4に係る近接場光アシスト磁気記録ヘッド71、81の断面図である。

発明を実施するための最良の形態

- [0020] (実施の形態1)

以下、本発明に係る近接場光アシスト磁気記録ヘッド及びそれを用いた記録装置の第1実施形態を、図1から図5を参照して説明する。本実施形態の記録装置1は、図1に示すように、近接場光アシスト磁気記録ヘッド2と、ディスク面(磁気記録媒体の表面)Dに平行な方向に移動可能とされ、ディスク面Dに平行で且つ互いに直交する

2軸(X軸、Y軸とする)回りに回動自在な状態で近接場光アシスト磁気記録ヘッド2を先端側で支持するサスペンションアーム3と、光導波路4の基端側から該光導波路4に対して光束を入射させる光信号コントローラー(光源)5と、サスペンションアーム3の基端側を支持すると共に、サスペンションアーム3をディスク面Dに平行なXY方向に向けてスキャン移動させるアクチュエーター6と、ディスクDを一定方向に回転させるスピンドルモーター(回転駆動部)7と、情報に応じて変調した電流を近接場光アシスト磁気記録ヘッド2に対して供給すると共に、光信号コントローラー5の作動を制御する制御部(図示略)と、これら各構成品を内部に收容するハウジング8とを備えている。

[0021] ハウジング8は、アルミニウム等の金属材料により、上面視四角形状に形成されていると共に、内側に各構成品を收容する凹部8aが形成されている。また、このハウジング8には、凹部8aの開口を塞ぐように図示しない蓋が着脱可能に固定されるようになっている。凹部8aの略中心には、上記スピンドルモーター7が取り付けられており、該スピンドルモーター7に中心孔を嵌め込むことでディスクDが着脱自在に固定される。凹部8aの隅角部には、上記アクチュエーター6が取り付けられている。このアクチュエーター6には、軸受9を介してキャリッジ10が取り付けられており、該キャリッジ10の先端にサスペンションアーム3が取り付けられている。

[0022] そして、キャリッジ10及びサスペンションアーム3は、アクチュエーター6の駆動によって共に上記XY方向に移動可能とされている。なお、キャリッジ10及びサスペンションアーム3は、ディスクDの回転停止時にはアクチュエーター6の駆動によって、ディスクD上から退避する。また、光信号コントローラー5は、アクチュエーター6に隣接するように凹部8a内に取り付けられている。そして、このアクチュエーター6に隣接して、上記制御部が取り付けられている。近接場光アシスト磁気記録ヘッド2は、導入された光束から近接場光を発生させてディスクDの微小領域を加熱すると共に磁界を与えて磁化反転を生じさせ、情報を記録させる。

[0023] 図2に本実施の形態に係る近接場光アシスト磁気記録ヘッド2とサスペンションアーム3、光導波路4の断面図を示す。近接場光アシスト磁気記録ヘッド2は厚さ200 μ mの石英ガラス基板から成り、上面に直径80 μ mのマイクロレンズ11を持ち、底面に空

気浮上面12と記録素子13を持つ。空気浮上面12は高さ $10\mu\text{m}$ の四角錐台レール状であり、底面に2本形成されているが、これはコの字状に配置する構造に設計することも可能であり、底面に3ヶ所形成するトライポッド型にすることも可能である。記録素子13は空気浮上面12と同じ高さの四角錐台形状であり、微小構造の詳細は図4で後述する。光導波路4は先端が斜めに研磨されたミラー面14となっている。

[0024] 回転する記録媒体(図示略)に空気浮上面12を対向させることで、空気浮上面12は空気浮上力を受ける。一方、サスペンションアーム3からは負荷荷重がかけられ、空気浮上力と均衡することにより、近接場光アシスト磁気記録ヘッド2は記録媒体表面から所定の微小浮上量をもって浮上する。図示を略した光源からの入射光ILは光導波路4内を伝播した後、ミラー面14で反射して方向を変え、マイクロレンズ11によって集光されて記録素子13に入射する。この光が記録素子13の先端から発生する近接場光NLとなる。

[0025] 図3は本実施の形態に係る近接場光アシスト磁気記録ヘッド2底面の斜視図である。石英ガラスから成る基板15の表面に、前述したレール状の空気浮上面12と、記録素子13が形成されている。記録素子13は四角錐台形状をしており、その頂面は光学的微小ギャップ19となっており、側面には磁極磁性膜16が成膜されている。磁極磁性膜16はNiFe、NiFeCoなどの軟磁性材料から成る。磁極磁性膜16は記録素子13の底面において、基板15の表面にパターンニングされた基板上磁性膜17に接続する。基板上磁性膜17は磁極磁性膜16と同一材料から成る。基板上磁性膜17の一部の周辺を周回するようにコイル18が形成されている。

[0026] コイル18はCuから成る。磁極磁性膜16、基板磁性膜17、とコイル18は全体として電磁石を構成する。記録媒体表面から微小浮上量をもって浮上した状態でコイル18に電流を流すことで磁極磁性膜16から磁束を放出する。上述したように記録素子13の先端の光学的微小ギャップ19からは近接場光NLが発生しており、これによって記録媒体表面の所定領域を加熱することでその領域のみ保磁力を一時的に低下させる。それと同時に上述の磁束によって記録媒体の該領域の磁化を保持あるいは反転させ、情報の記録を行う。近接場光アシスト磁気記録ヘッド2の底面にはまた、再生素子20が記録素子13と同様の四角錐台形状で形成されている。再生素子20は磁

気抵抗素子となっており、配線パターン21によって外部に信号を出力する。

[0027] 図4は本実施の形態に係る記録素子13の斜視図である。図中左右方向に記録媒体(図示略)が移動しながら記録再生を行う。記録素子13は底面が一辺約 $10\mu\text{m}$ の正方形である四角錐台の一側面(図中右側)に主磁極磁性膜16a、それに対向する側面(図中左側)に副磁極磁性膜16b、が形成された構造となっている。主磁極磁性膜16aと副磁極磁性膜16bはどちらも同一の軟磁性材料から成る薄膜であり、図3では磁極磁性膜16として総称したが、主磁極磁性膜16aの先端平坦部31の記録媒体移動方向厚みT1が数nmであるのに対し、副磁極磁性膜16bの先端平坦部32の記録媒体移動方向厚みT2は約100nmになっている。主磁極磁性膜16aと副磁極磁性膜16bは上方から見たときにボウタイ形状を成し、中央が光学的微小ギャップ19となる。

[0028] 光学的微小ギャップ19は一辺約20nmの略正方形である。記録媒体への記録に使われる磁束は主磁極磁性膜16aから発生する。光学的微小ギャップ19から発生する近接場光NLの空間的広がり、主磁極磁性膜16aから発生する磁束の空間的広がりが重なる領域の大きさが、記録密度を規定する。本実施の形態では近接場光NLは光学的微小ギャップ19のギャップサイズ約20nmとほぼ同一の広がりを持つが、磁束は主磁極磁性膜16aの記録媒体移動方向厚みT1が数nmであるので、数nm程度の微小領域への記録が可能である。記録動作に寄与する磁束は主磁極磁性膜16aのうち、記録媒体に対向する部分から発生するもののみであるため、主磁極磁性膜16aのうち記録素子13の四角錐台の側面上に位置している部分は記録には影響しない。

[0029] このような立体構造を持つ記録素子13によると、光学的にはボウタイの中央部に位置する光学的微小ギャップ19が極めて局在化した近接場光を発生させ、磁気記録をアシストする。また、記録のための磁束は主磁極磁性膜16aの先端平坦部31から発生し、四角錐台の側面上の磁性膜からの寄与は無視できる。また、副磁極磁性膜16bの先端平坦部32は、主磁極磁性膜16aの先端平坦部31に比べて面積が数十から数百倍大きく、この平坦部32によって記録に影響が出ることは無い。これにより、記録素子13全体のサイズを微小化することなく、近接場光と磁束の両方を局在化し

た領域に強く発生させることが可能になった。

[0030] 図5は本実施の形態に係る近接場光アシスト磁気記録ヘッド2の製造方法を示す。製造ステップS1～S7に、図3中A-A'における断面図を示す。簡単のため配線パターン21は図示を略した。

[0031] ステップS1において石英ガラス基板15にレジスト41、42をフォトリソグラフィーによってパターンニングする。レジスト41はヘッドの一辺に沿って長く延びた長方形パターンであり、レジスト42はヘッドの一方の端の近くに配置された正方形パターンである。ステップS2では、これらのレジストを用いて石英ガラス基板15を等方性エッチングする。その結果、レジスト41に保護された部分が空気浮上面12となり、レジスト42に保護された部分が四角錐台ティップ43となる。四角錐台ティップ43は四角錐台形状である。

[0032] ステップS3ではこの基板全体に対して図中右斜め上方から磁性材料を斜方蒸着することで、主磁極用磁性膜44を形成する。主磁極用磁性膜44は、四角錐台ティップ43先端からの記録媒体移動方向厚みがT1である。T1は典型的には数nmである。ステップS4では図中左斜め上方から同じく磁性材料を斜方蒸着することで、副磁極用磁性膜45を形成する。副磁極用磁性膜45は、四角錐台ティップ43先端からの記録媒体移動方向厚みがT2である。T2は典型的には100nmである。

[0033] ステップS5で、四角錐台ティップ43を含む近傍をレジスト46で保護し、ステップS6で磁性膜をエッチングし、磁極用磁性膜47を形成する。最後にステップS7において四角錐台ティップ43の先端の磁性膜を機械的圧力によって塑性変形させて光学的微小ギャップ19を形成する。このとき、磁性膜は光学的微小ギャップ19の両側に分離されて、主磁極磁性膜16aと副磁極磁性膜16bとなる。また、図示は略したが主磁極磁性膜16a、副磁極磁性膜16bの表面(四角錐台ティップ43の反対側の面)に磁気シールド層を形成することも容易にできる。

[0034] このようにして、微小領域に近接場光と磁束の両方を同時に局在化させる機能を持つ近接場光アシスト磁気記録ヘッド2を量産に適した安価な方法で安定的に製造することができる。本願における近接場光アシスト磁気記録ヘッド2は、近接場光と磁束を発生させる記録素子13が図4に示すような立体構造を持っており、強い近接場光

を局在させるだけでなく、垂直磁気記録のための主磁極の記録媒体に対向する部分の面積を極めて微小化することができる。また、記録素子13と空気浮上面12を同一プロセスによって形成するため、両者の基板からの高さを厳密に揃えることが容易であり、空気浮上面12がナノレベルの微小浮上量をもって浮上したときに、記録素子13が記録媒体表面に対して同一の微小浮上量を持って近接することができる。これにより、従来極めて困難であった超高密度の記録を実現することができる。

(実施の形態2)

図6は本発明の実施の形態2に係る近接場光アシスト磁気記録ヘッドの記録素子51の構造を示す。本実施の形態においては記録装置全体の構成やヘッド構造は実施の形態1とほぼ同一であるので説明を省略する。実施の形態1と同様に、図中左右方向が記録媒体の移動方向である。実施の形態1との違いは、四角錐台形状を持つ記録素子51の断面が正方形ではなく台形である点である。四角錐台タイプ52は石英ガラスの等方性エッチングによって形成する。断面が台形の四角錐台タイプ52は、ガラス基板のエッチングの際に使用するレジストパターンの形状を正方形の代わりに台形にすることで、正方形の場合と同じく容易に形成可能である。

[0035] 四角錐台タイプ52の一側面(図中右側)に主磁極磁性膜53が成膜されており、その面に対向する側面(図中左側)に副磁極磁性膜54が成膜されている。主磁極磁性膜53はその頂面55が記録媒体表面に対向し、記録のための磁束放出面となる。副磁極磁性膜54はその頂面56が記録媒体表面に対向し、磁束戻り面となる。主磁極磁性膜53の頂面55の、記録媒体移動方向厚みT11は典型的には数nmであり、副磁極磁性膜54の頂面56の、記録媒体移動方向厚みT12は約100nmである。実施の形態1と同様に、主磁極磁性膜53のうち、四角錐台タイプ52の側面に接している部分は記録媒体に対向しておらず、記録には寄与しない。

[0036] 記録密度は頂面55の厚みT11によって規定されるため、極めて高密度記録が可能となる。四角錐台タイプ52の頂面が光学的微小ギャップ57となって近接場光を発生し、記録媒体表面の微小領域を加熱して一時的に保磁力を低下させることで磁気記録のアシストを行う点は、実施の形態1と同一の作用である。四角錐台タイプ52は断面が台形であるので、主磁極磁性膜53の頂面55の、記録媒体移動方向に直

交する方向の厚みT13は、それに対応する副磁極磁性膜54頂面56の、記録媒体移動方向に直交する方向の厚みT14に比べて小さい。これにより、ヘッドの走査方向の記録密度(線密度)だけでなく、それに垂直方向にも記録密度(トラック密度)を上げることができ、記録装置全体としての高密度化が実現される。

(実施の形態3)

図7は本発明の実施の形態3に係る近接場光アシスト磁気記録ヘッドの記録素子61の構造を示す。本実施の形態においては記録装置全体の構成やヘッド構造は実施の形態1とほぼ同一であるので説明を省略する。記録素子61は全体として四角錐台形状であり、その一側面(図中右側)に主磁極磁性膜62、それに対向する側面(図中左側)に副磁極磁性膜63が形成されている。主磁極磁性膜62の頂面64が磁束を放出し、副磁極磁性膜63の頂面65に磁束が戻る。ティップの先端部は光学的微小ギャップ66となっており、ここから近接場光を発生して記録媒体表面の微小領域を加熱して一時的に保磁力を低下させて、磁気記録をアシストする。

[0037] 本実施の形態と実施の形態1との違いは、ティップの残りの二側面(図中下側と上側)に遮光膜67が形成されている点である。遮光膜67はAlから成るが、他の遮光性のある材料から形成してもよい。ティップは前述のように石英ガラスから成るため光を透過するが、この遮光膜67によってティップ側面からの光の漏れを防止する。光学的微小ギャップ66の周辺部からの漏れ光が背景エネルギーとなって記録媒体に照射されることを防ぐことで、より安定した高密度記録が実現される。

(実施の形態4)

図8は本発明の実施の形態4に係る近接場光アシスト磁気記録ヘッド71、81を示す。図3におけるA-A'に沿った断面図を示す。記録装置全体あるいはヘッド構造は実施の形態1と同様であるので説明を省略する。近接場光アシスト磁気記録ヘッド71は、空気浮上面12にくらべて記録素子の四角錐台ティップ72が高い構造になっている。四角錐台ティップ72の一側面には主磁極磁性膜73、それに対向する側面には副磁極磁性膜74が形成されている。四角錐台ティップ72が空気浮上面12よりも基板側から見て記録媒体に向かって突出した構造になっていることにより、ヘッドが微小浮上量をもって浮上しているときに、磁極が空気浮上面12よりも更に記録媒体

表面に近接する。こうすることによって、記録媒体表面における近接場光と磁束の両方をより強く発生させ、また局在化させることが可能となる。

[0038] また別の構造の近接場光アシスト磁気記録ヘッド81では、空気浮上面12にくらべて記録素子の四角錐台タイプ82が低い構造になっている。四角錐台タイプ82の一側面には主磁極磁性膜83、それに対向する側面には副磁極磁性膜84が形成されている。四角錐台タイプ82が空気浮上面12よりも奥まった場所に位置することによって、空気浮上面12が記録媒体表面に接触した場合でも記録素子を損傷することがなくなる。

[0039] 四角錐台タイプ72、82と空気浮上面12の高さに所定の差を設けることは、図5で説明した作製方法の最初のステップの前にあらかじめ基板の所定領域を所定量エッチングすることによって容易に実現できる。

[0040] このように記録素子と空気浮上面の高さを自在に設計することによって、より高密度な記録あるいはより信頼性の高い近接場光アシスト磁気記録ヘッドを作製することができる。

(発明の効果)

本発明によれば、強い保磁力を持つ磁気記録媒体のナノレベルの微小領域を加熱することによってその領域のみの保磁力を一時的に低下させた後に磁気記録を行うことができ、超高密度の記録を安定的に実現できる。

[0041] また本発明によれば、近接場光を発生させると同時に磁場を発生させる素子を、通常のフォトリソグラフィーなどの半導体プロセス技術を用いて作製することが可能となり、低コストで大量に近接場光アシスト磁気記録ヘッドを安定製造することができる。

[0042] また本発明によれば、ヘッドの走査方向と垂直に磁場や近接場光が広がることを防止でき、トラック密度の向上も実現できる。

[0043] また本発明によれば、背景光を遮ることで出力信号のS/Nを向上させることができる。

[0044] また本発明によれば、背景磁場を遮ることで出力信号のS/Nを向上させることができる。

[0045] また本発明によれば、媒体表面にナノメートルレベルで近接場光アシスト磁気記録

ヘッドを近接させた状態で高速に媒体を回転させることで高速記録再生が実現できる。

[0046] また本発明によれば、ティップを媒体表面に極めて近接させることができ、近接場光と磁場の両方を微小領域に局在化させることによって高密度記録が実現できる。

[0047] また本発明によれば、ティップを空気浮上面よりも更に媒体表面に近接させることができ、媒体表面における近接場光と磁場の両方を更に局在化することによって更なる高密度記録が実現できる。

[0048] また本発明によれば、高い保磁力を持つ材質から成る記録媒体に対して極微小領域のみを近接場光によって瞬時に加熱して保磁力をその瞬間のみ低下させ、同時に磁場を印加することによって情報の記録を行うことができる。これを用いた記録装置は従来実現できなかった高密度大容量の装置を実現できる。

産業上の利用可能性

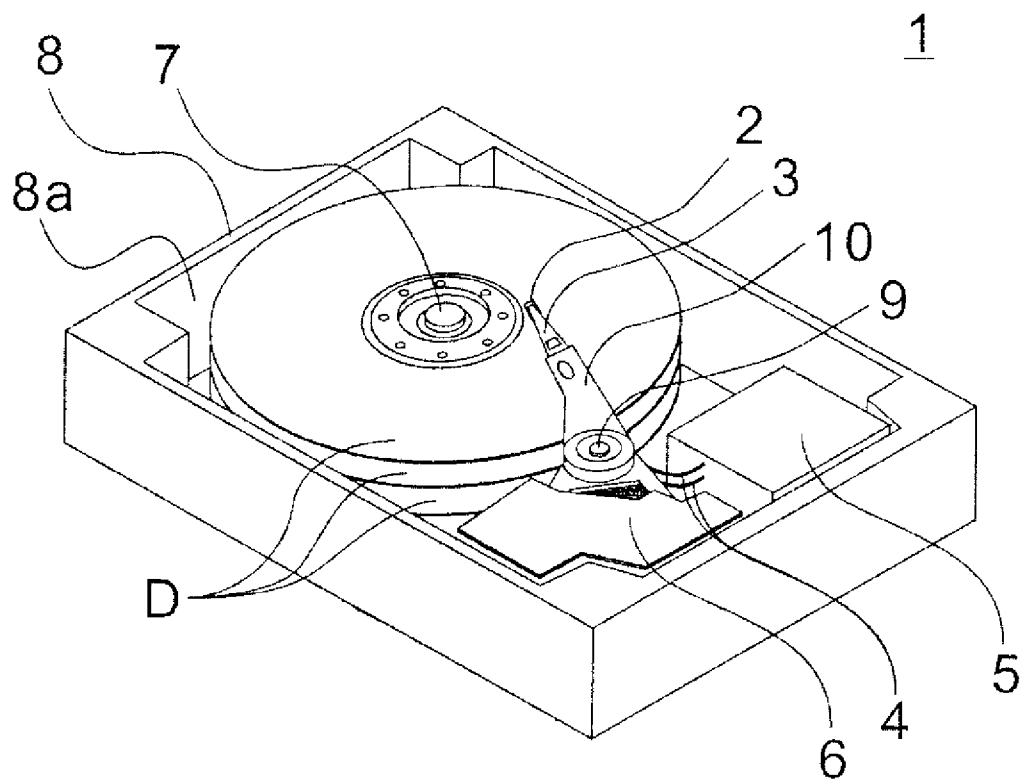
[0049] 本発明によれば、強い保磁力を持つ磁気記録媒体のナノレベルの微小領域を加熱することによってその領域のみの保磁力を一時的に低下させた後に磁気記録を行うことができ、超高密度の記録を安定的に実現できる。

請求の範囲

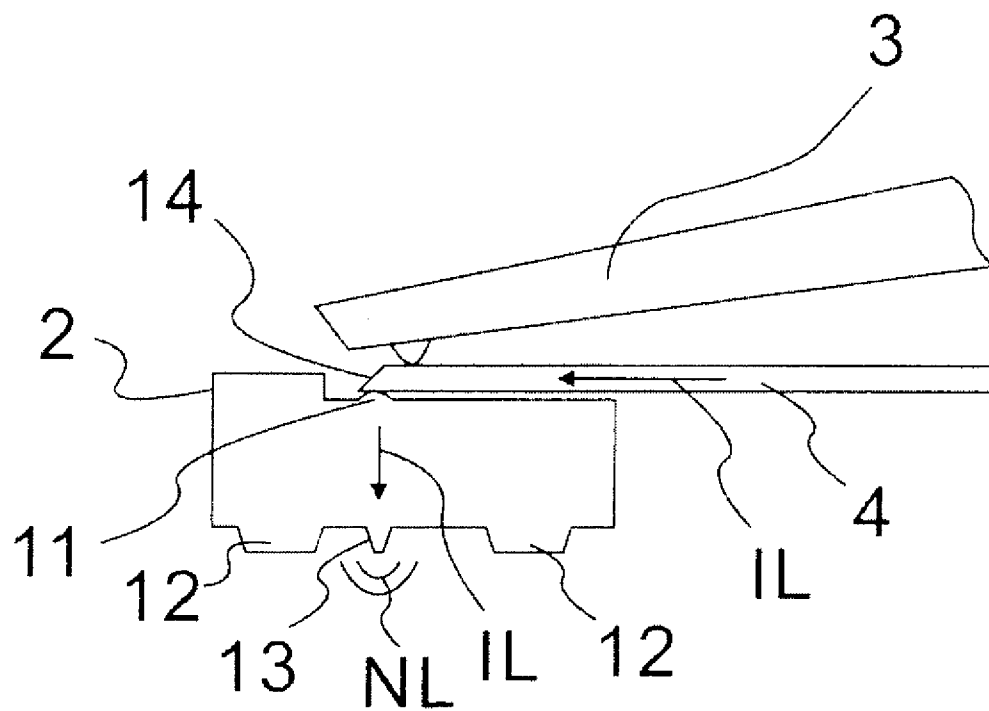
- [1] 先端に近接場光を発生させる錐状タイプと、前記近接場光によって媒体表面の微小領域を加熱するとともに前記微小領域に磁化反転を生じさせる磁気記録素子とを持つ近接場光アシスト磁気記録ヘッドであって、
前記磁化が前記媒体表面に対して略垂直方向であり、
前記磁気記録素子が第一磁極と第二磁極から成り、
前記第一磁極が前記タイプの第一側面上の第一薄膜から成り、
前記第二磁極が前記タイプの前記第一側面に対向する第二側面上の第二薄膜から成り、
前記第一薄膜と前記第二薄膜は膜厚が異なるものであることを特徴とする近接場光アシスト磁気記録ヘッド。
- [2] 前記タイプが平面基板上に形成され、前記タイプの断面が多角形で先端に平坦部を持つ透明な材質から成ることを特徴とする請求項1記載の近接場光アシスト磁気記録ヘッド。
- [3] 前記タイプの断面が台形であり、前記台形の第一辺がそれに対向する第二辺の長さよりも短く、前記第一側面が前記第一辺を含み、前記第二側面が前記第二辺を含むことを特徴とする請求項2記載の近接場光アシスト磁気記録ヘッド。
- [4] 前記タイプの側面のうち、前記第一側面と前記第二側面以外の側面のうち少なくとも一面が遮光膜で覆われていることを特徴とする請求項1に記載の近接場光アシスト磁気記録ヘッド。
- [5] 前記第一薄膜の前記第一側面と反対側の表面、および、前記第二薄膜の前記第二側面と反対側の表面、が磁気シールド層で覆われていることを特徴とする請求項1に記載の近接場光アシスト磁気記録ヘッド。
- [6] 前記媒体が回転することで発生する動圧を受けて前記媒体表面から所定の浮上量を持って浮上する空気浮上面を持つことを特徴とする請求項1に記載の近接場光アシスト磁気記録ヘッド。
- [7] 前記タイプと前記空気浮上面が同一プロセスによって同時に作製され、略同一高さであることを特徴とする請求項6に記載の近接場光アシスト磁気記録ヘッド。

- [8] 前記ティップと前記空気浮上面が同一プロセスによって同時に作製され、両者の高さの差が所定量であることを特徴とする請求項6に記載の近接場光アシスト磁気記録ヘッド。
- [9] 請求項1から8のいずれかに記載の近接場光アシスト磁気記録ヘッドと、
前記媒体の表面に平行な方向に移動可能とされ、前記媒体の表面に平行で且つ互いに直交する2軸回りに回動自在な状態で、前記近接場光アシスト磁気記録ヘッドを先端側で支持するサスペンションアームと、
前記近接場光アシスト磁気記録ヘッドに対して光束を入射させる光源と、
前記サスペンションアームの基端側を支持すると共に、前記サスペンションアームを前記媒体の表面に平行な方向に向けて移動させるアクチュエーターと、
前記媒体を一定方向に回転させる回転駆動部と、
前記近接場光アシスト磁気記録ヘッドと前記光源と前記回転駆動部との作動を制御する制御部とを備えていることを特徴とする記録装置。

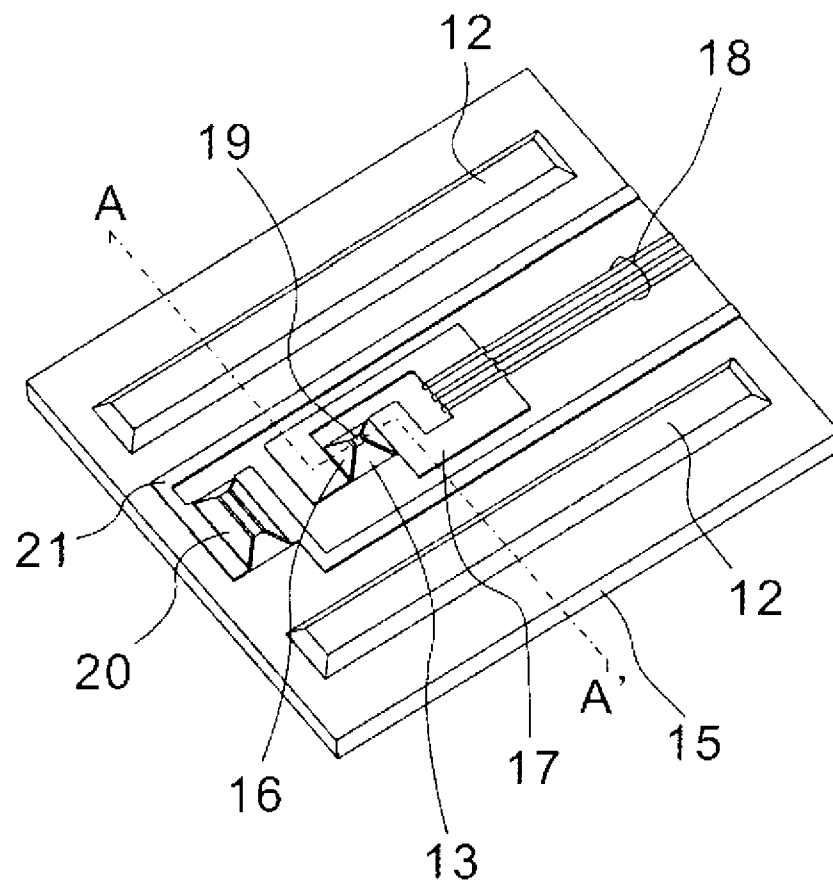
[図1]



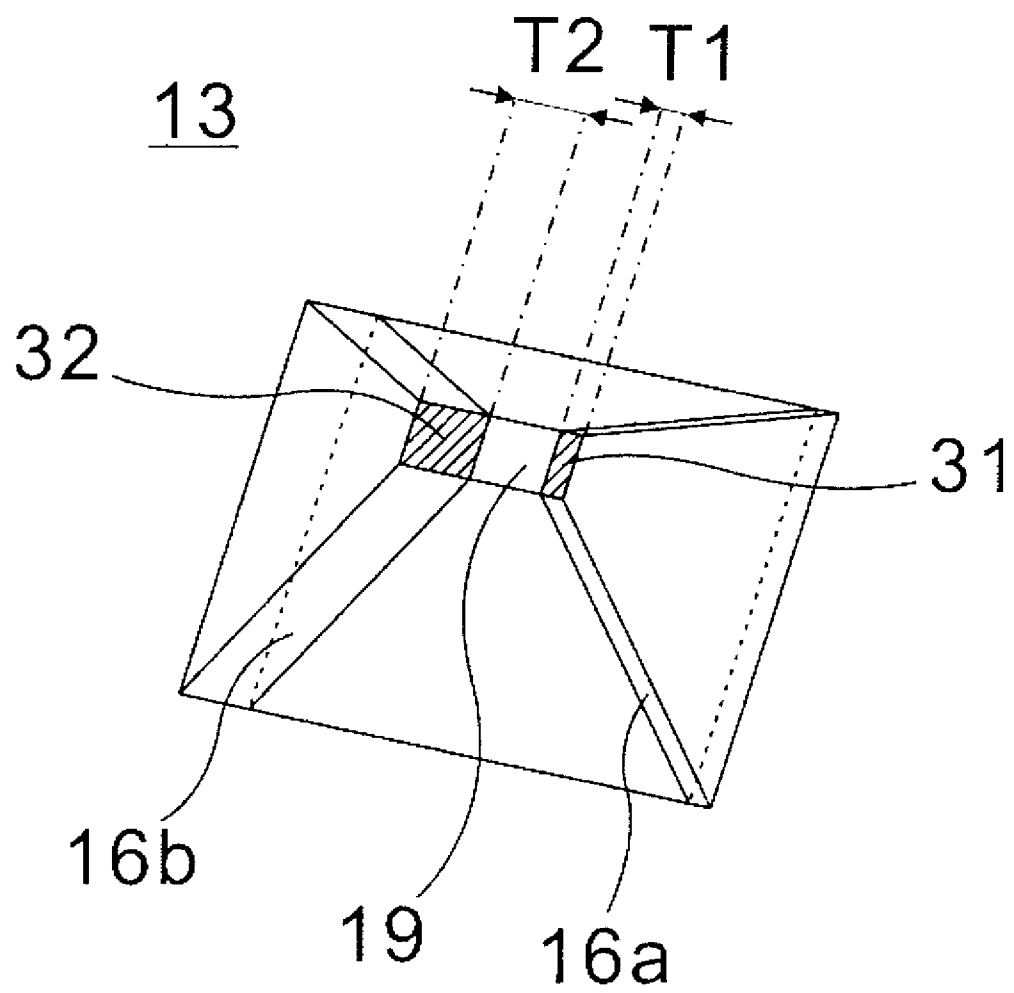
[図2]



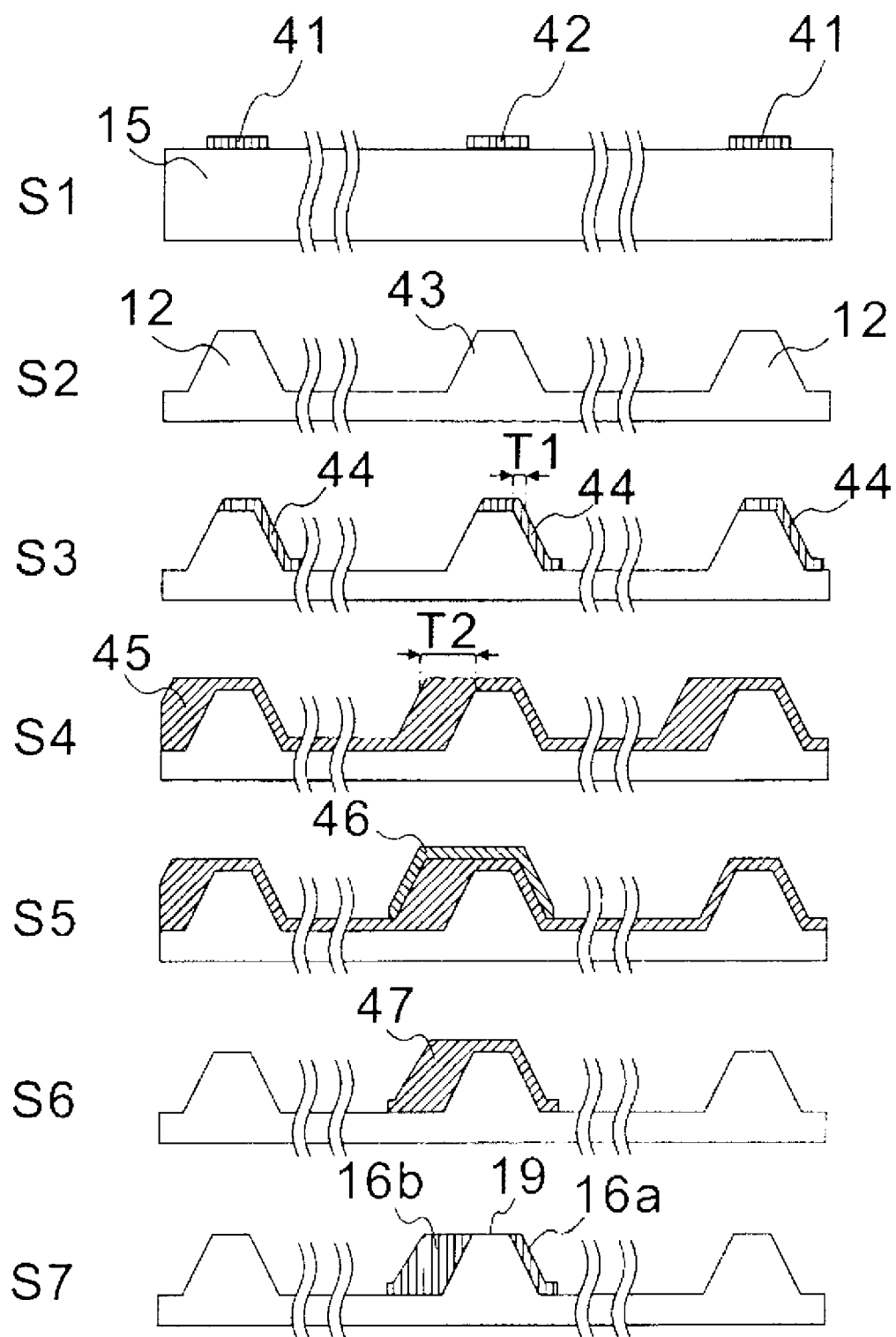
[図3]

2

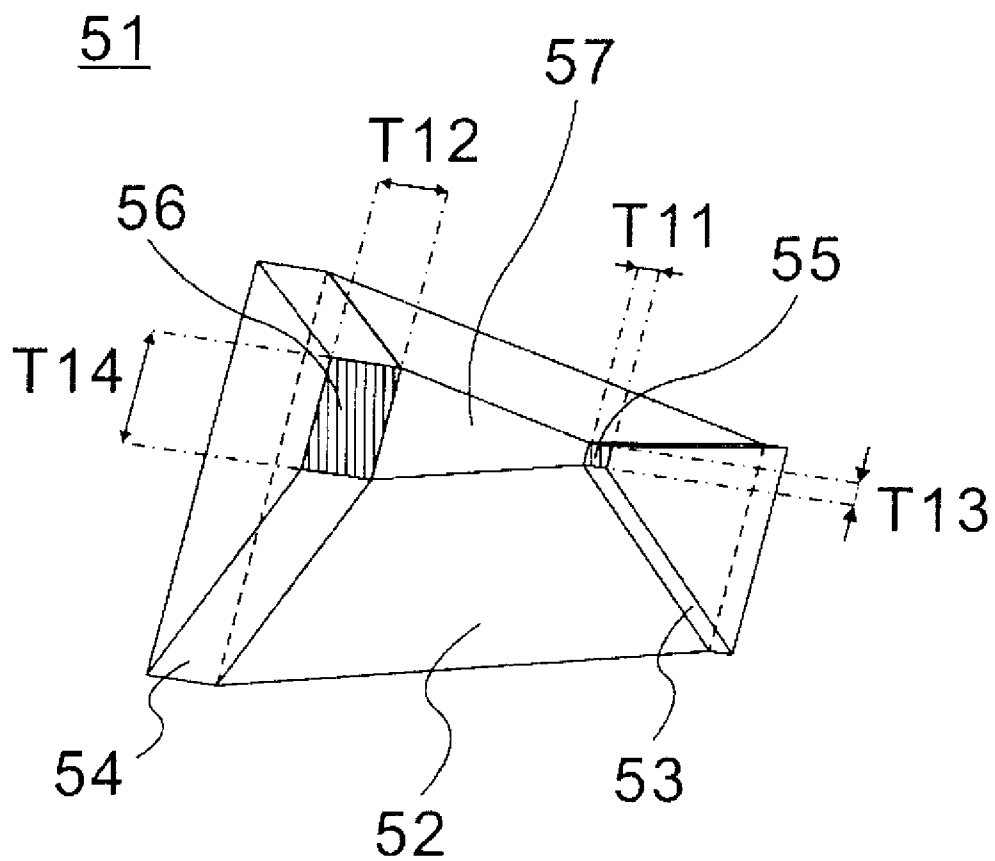
[図4]



[図5]

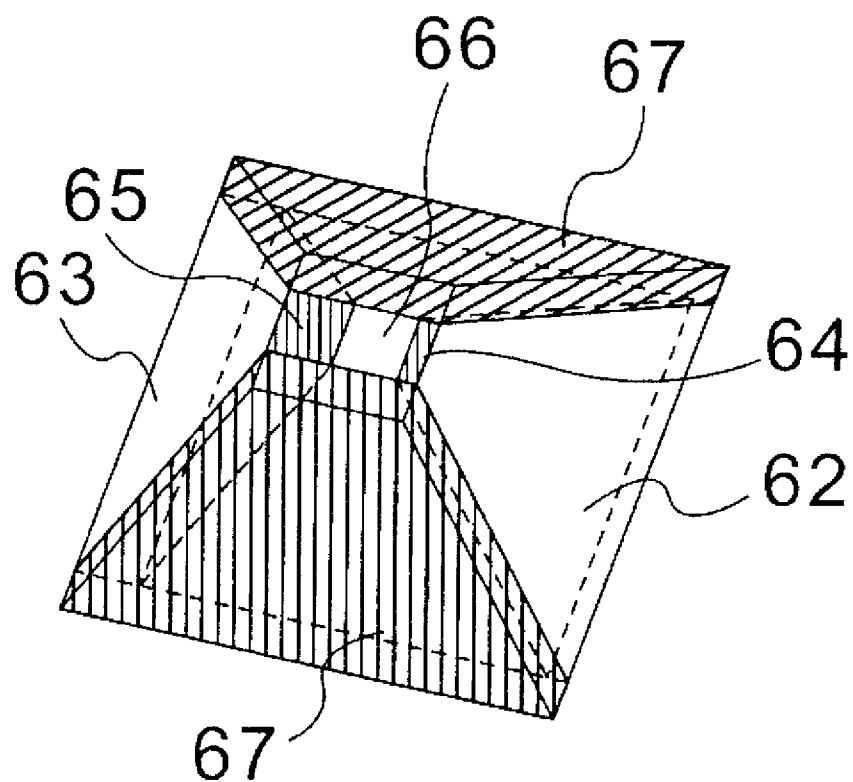


[図6]

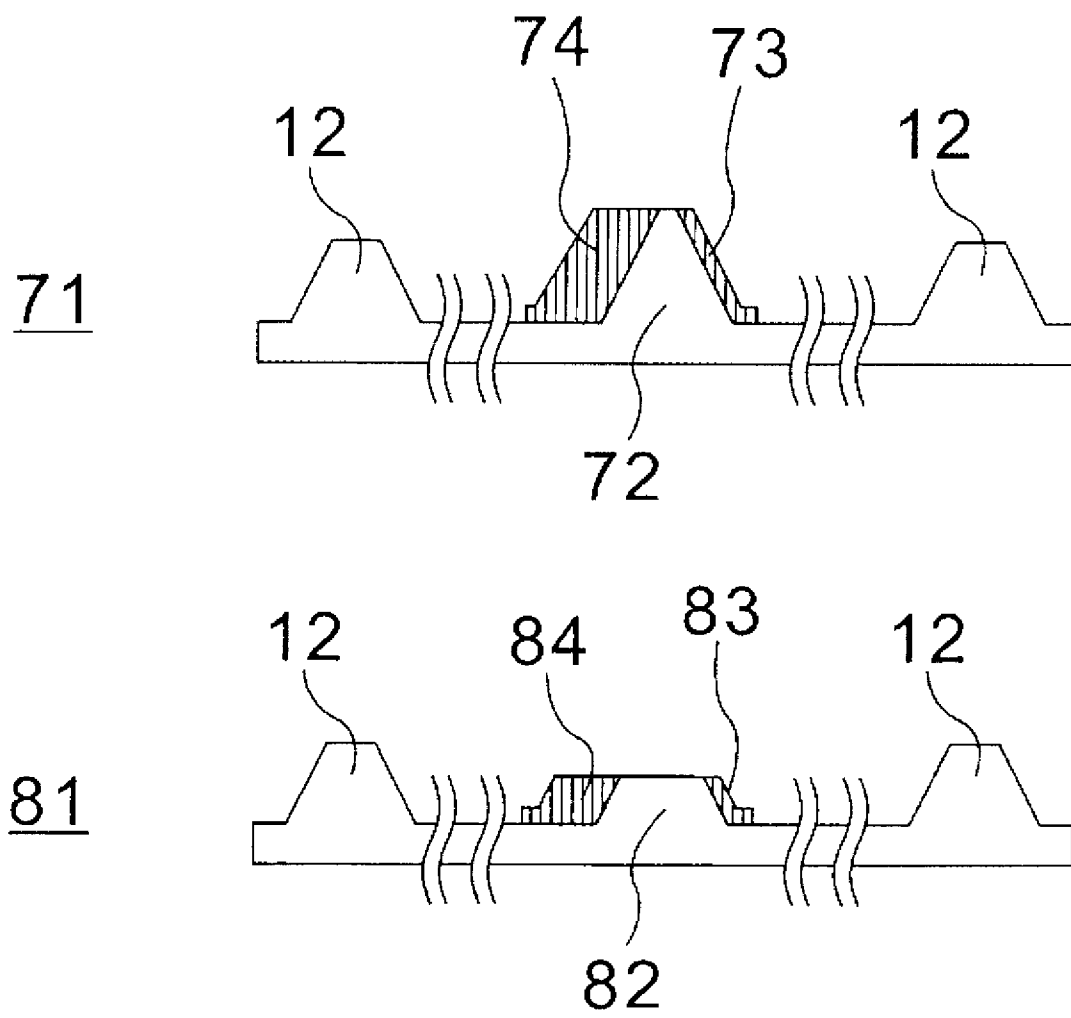


[図7]

61



[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2007/064306

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G11B5/02(2006.01)i, G11B5/31(2006.01)i, G11B7/135(2006.01)i, G11B11/10(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)

G11B5/02, G11B5/31, G11B7/135, G11B11/10

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.
X Y	JP 2003-228802 A (Fuji Xerox Co., Ltd.), 12 August, 2003 (12.08.03), Par. Nos. [0009] to [0019], [0027], [0035]; Figs. 1, 2, 5 (Family: none)	1, 6, 9 2, 4-5, 7-8
Y A	JP 2002-90283 A (Toshiba Corp.), 27 March, 2002 (27.03.02), Par. Nos. [0005] to [0012], [0027] to [0028]; Fig. 5 & US 2002/0031299 A1 & US 2005/0123245 A1	2, 4 3
Y	JP 2004-22004 A (TDK Corp.), 22 January, 2004 (22.01.04), Par. Nos. [0007], [0024] to [0036]; Fig. 1 & US 2003/0231426 A1	5

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
03 October, 2007 (03.10.07)

Date of mailing of the international search report
16 October, 2007 (16.10.07)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2007/064306

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 2001-208672 A (Kanagawa Academy of Science and Technology, Ricoh Co., Ltd.), 03 August, 2001 (03.08.01), Par. Nos. [0032] to [0064]; Figs. 1 to 9 & JP 2001-141635 A & US 006680900 B1 & US 2004/0114502 A1 & US 2006/0153058 A1	7
Y	JP 2005-56477 A (Ricoh Co., Ltd.), 03 March, 2005 (03.03.05), Par. Nos. [0049] to [0054], [0058] to [0062]; Figs. 1, 4 (Family: none)	8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2007/064306

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:
See extra sheet.

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest
the

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, payment of a protest fee..
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2007/064306

Continuation of Box No.III of continuation of first sheet (2)

The inventions of claims 1, 6 and 9 do not involve a special technical feature, because it is disclosed in JP 2003-228802 A (Fuji Xerox Co., Ltd.), 15 August, 2003 (15.08.03).

Next, investigations are made on the inventions of claims 2 - 5 and 7 - 8 dependent on an independent claim 1.

The special technical feature of the invention of claim 2 is that "the tip is formed into a planar substrate shape, and is made of a transparent material having a polygonal section and a flat portion at the leading end", and the special technical feature of the invention of claim 3 is that "the tip has a trapezoidal section, the first side of which is shorter than the second side confronting the first side, the first side face of which contains a first side, and the second side face of which contains a second side". Therefore, the inventions of claims 2 - 3 contain the same or corresponding special technical feature (as the inventions of claims 1 - 3, 6 and 9 will be called the "first invention group").

The special technical feature of the invention of claim 4 (as will be called the "second invention (group)") is that "of the side faces of the tip, at least one of the side faces other than the first side face and the second side face is covered with a shielding film".

The special technical feature of the invention of claim 5 (as will be called the "third invention (group)") is that "the surface of the first thin film on the side opposed to the first side face and the surface of the second thin film on the side opposed to the second side face are covered with a magnetic shield layer".

The special technical feature of the invention of claim 7 is that "the tip and an air floating face are simultaneously manufactured to have substantially identical heights by a common process", and the special technical feature of the invention of claim 8 is that "the tip and an air floating face are simultaneously manufactured to have a predetermined height difference between the two". Therefore, the inventions of claims 7 - 8 (as will be called the "fourth invention group") contain the same or corresponding special technical feature.

Since the first invention group to the fourth invention group cannot be considered so correlative as to form a single general inventive concept, this international application does not comply with the requirement of unity of invention.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. G11B5/02(2006.01)i, G11B5/31(2006.01)i, G11B7/135(2006.01)i, G11B11/10(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. G11B5/02, G11B5/31, G11B7/135, G11B11/10

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
X Y	J P 2 0 0 3 - 2 2 8 8 0 2 A (富士ゼロックス株式会社) 2 0 0 3 . 0 8 . 1 2 , 段落【0 0 0 9】-【0 0 1 9】、【0 0 2 7】、 【0 0 3 5】、図1、図2、図5 (ファミリーなし)	1, 6, 9 2, 4-5, 7-8
Y A	J P 2 0 0 2 - 9 0 2 8 3 A (株式会社東芝) 2 0 0 2 . 0 3 . 2 7 , 段落【0 0 0 5】-【0 0 1 2】、【0 0 2 7】-【0 0 2 8】、 図5 & U S 2 0 0 2 / 0 0 3 1 2 9 9 A 1 & U S 2 0 0 5 / 0 1 2 3 2 4 5 A 1	2, 4 3

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

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

の日の後に公表された文献

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

国際調査を完了した日

0 3 . 1 0 . 2 0 0 7

国際調査報告の発送日

1 6 . 1 0 . 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)

北岡 浩

5 D

4 0 6 5

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

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 2004-22004 A (TDK株式会社) 2004. 01. 22, 段落【0007】、【0024】－【0036】、図1 & US 2003/0231426 A1	5
Y	J P 2001-208672 A (財団法人神奈川科学研究アカデ ミー、株式会社リコー) 2001. 08. 03, 段落【0032】 －【0064】、図1－図9 & J P 2001-141635 A & US 006680900 B1 & US 2004/0114502 A1 & US 2006/0153058 A1	7
Y	J P 2005-56477 A (株式会社リコー) 2005. 0 3. 03, 段落【0049】－【0054】、【0058】－【00 62】、図1、図4 (ファミリーなし)	8

第Ⅱ欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第1ページの2の続き）

法第8条第3項（P C T 17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求の範囲 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。つまり、
2. ☐ 請求の範囲 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求の範囲 _____ は、従属請求の範囲であってP C T規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第Ⅲ欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところの国際調査機関は認めた。
特別ページ参照。

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. ☒ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- ☐ 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。

請求の範囲1、6、9に係る発明は、J P 2003-228802 A（富士ゼロックス株式会社）、2003.08.15に開示されているから、特別な技術的特徴を有しない。

次に、独立請求の範囲である請求の範囲1に従属する請求の範囲2-5、7-8に係る発明について検討する。

請求の範囲2に係る発明の特別な技術的特徴は、「ティップが平面基板状に形成され、ティップの断面が多角形で先端に平坦部を持つ透明な材質から成る」ことであり、請求の範囲3に係る発明の特別な技術的特徴は、「ティップの断面が台形であり、台形の第一辺がそれに対向する第二辺の長さよりも短く、第一側面が第一辺を含み、第二側面が第二辺を含む」ことであるから、請求の範囲2-3に係る発明は、同一の又は対応する特別な技術的特徴を含む（以下、請求の範囲1-3、6、9に係る発明を「第1発明群」という。）。

請求の範囲4に係る発明（以下、「第2発明（群）」という。）の特別な技術的特徴は、「ティップの側面のうち、第一側面と第二側面以外の側面のうち少なくとも一面が遮光膜で覆われている」ことである。

請求の範囲5に係る発明（以下、「第3発明（群）」という。）の特別な技術的特徴は、「第一薄膜の第一側面と反対側の表面、および、第二薄膜の第二側面と反対側の表面、が磁気シールド層で覆われている」ことである。

請求の範囲7に係る発明の特別な技術的特徴は、「ティップと空気浮上面が同一プロセスによって同時に作製され、略同一高さであること」であり、請求の範囲8に係る発明の特別な技術的特徴は、「ティップと空気浮上面が同一プロセスによって同時に作製され、両者の高さの差が所定量であること」であるから、請求の範囲7-8に係る発明（以下、「第4発明群」という。）は、同一の又は対応する特別な技術的特徴を含む。

上記第1発明群ないし第4発明群は、単一の一般的発明概念を形成するように連関している一群の発明であるとは認められないから、この国際出願は、発明の単一性の要件を満たしていない。