

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5925160号
(P5925160)

(45) 発行日 平成28年5月25日 (2016. 5. 25)

(24) 登録日 平成28年4月28日 (2016. 4. 28)

(51) Int. Cl.

F I

G 1 1 B 5/31 (2006. 01)

G 1 1 B 5/31 Z

G 1 1 B 5/02 (2006. 01)

G 1 1 B 5/02 T

請求項の数 5 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2013-125430 (P2013-125430)
 (22) 出願日 平成25年6月14日 (2013. 6. 14)
 (65) 公開番号 特開2014-10882 (P2014-10882A)
 (43) 公開日 平成26年1月20日 (2014. 1. 20)
 審査請求日 平成26年9月11日 (2014. 9. 11)
 (31) 優先権主張番号 13/537, 758
 (32) 優先日 平成24年6月29日 (2012. 6. 29)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 500373758
 シーゲイト テクノロジー エルエルシー
 Seagate Technology
 LLC
 アメリカ合衆国、95014 カリフォル
 ニア州、クパチーノ、サウス・デ・アンザ
 ・ブールバード、10200
 10200 South De Anza
 Blvd Cupertino CA
 95014 United States
 of America

(74) 代理人 110001195
 特許業務法人深見特許事務所

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 近接場トランスデューサを備える装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

装置であって、
 近接場トランスデューサ (NFT) と、
 前記 NFT に隣接する少なくとも 1 つのクラッド層と、
 前記 NFT と前記少なくとも 1 つのクラッド層との間に位置決めされる不連続金属層と
 を備える、装置。

【請求項 2】

前記不連続金属層は、島状の膜構造を有する、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 3】

前記不連続金属層は 2 . 5 から 5 . 0 の平均厚みを有する、請求項 1 または 2 に記載
 の装置。

【請求項 4】

前記不連続金属層は、Zr、Ti、Y、Sc、Al、Ru、V、Si、Ge、Ta、お
 よび Sn から選択される材料を備える、請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載の装置。

【請求項 5】

エネルギー源をさらに備え、

前記近接場トランスデューサ (NFT) は、前記エネルギー源からエネルギーを受けるよう
 に構成される、請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載の装置。

【発明の詳細な説明】

10

20

【技術分野】

【0001】

背景

熱アシスト磁気記録技術（本明細書中では「HAMR」と称する）は、1テラビット/平方インチを超えて記憶密度を増大させるための有望な方策である。HAMRヘッドは、近接場トランスデューサ（NFT）を利用して磁気記録層を加熱することができる。NFTの材料とHAMRヘッド中の周囲構造との間の接着が不十分であると、処理または使用中の故障に繋がる可能性がある。したがって、そのような故障を低減する必要性が残っている。

【先行技術文献】

10

【特許文献】

【0002】

【特許文献1】米国特許公開第2011/0205863号

【特許文献2】米国特許公開第2011/0205864号

【発明の概要】

【0003】

概要

近接場トランスデューサ（NFT）と、NFTに隣接する少なくとも1つのクラッド層と、NFTと少なくとも1つのクラッド層との間に位置決めされる不連続金属層とを含む装置が開示される。

20

【0004】

エネルギー源と、エネルギー源からエネルギーを受けるように構成される近接場トランスデューサ（NFT）と、NFTに隣接する少なくとも1つのクラッド層と、NFTと少なくとも1つのクラッド層との間に位置決めされる不連続金属層とを含む装置も開示される。

【0005】

近接場トランスデューサ（NFT）と、NFTに隣接する表および裏クラッド層と、NFTと表クラッド層の間およびNFTと裏クラッド層との間に位置決めされる不連続金属層とを含む装置がさらに開示される。

【図面の簡単な説明】

【0006】

30

【図1】HAMR装置を含むことができる磁気ディスクドライブの斜視図である。

【図2】垂直HAMR磁気記録ヘッドおよび関連の記録媒体の断面図である。

【図3】開示する不連続金属層を含む磁気装置の部分の斜視図である。

【図4】接着試験を受ける際に下にある不連続ジルコニウム層の厚みの関数として残る金膜のパーセントを示す図である。

【図5A】不連続金属層を有しない金NFTの下流化学機械研磨（CMP）処理後の断面走査電子顕微鏡（SEM）画像を示す図である。

【図5B】2.5の不連続Zr層を有する金NFTの下流化学機械研磨（CMP）処理後の断面走査電子顕微鏡（SEM）画像を示す図である。

【図6A】アニール温度の関数としての400nm～1000nmの波長範囲のZr不連続層/Au層膜積層体の屈折率（n）を示す図である。

40

【図6B】アニール温度の関数としての400nm～1000nmの波長範囲のZr不連続層/Au層膜積層体の消衰係数（ κ ）を示す図である。

【図7A】成長後未処理のさまざまなZr厚みを有するZr/Au膜積層体の～2走査の図である。

【図7B】300でのアニール後のさまざまなZr厚みを有するZr/Au膜積層体の～2走査の図である。

【図8】AからDは、不連続Zr層を有しないまたは有する、アニール前および後の150nmのAu膜の原子間力顕微鏡（AFM）画像を示す図である。

【図9A】Au（111）総数に対するZr厚みの影響を示す図である。

50

【図 9 B】A u 粒子径に対する Z r 厚みの影響を示す図である。

【図 1 0 A】膜が加熱される際に、開示する不連続金属層を有しない A u 膜中で生成される熱応力を示す図である。

【図 1 0 B】膜が加熱される際に、開示する不連続金属層を有する A u 膜中で生成される熱応力を示す図である。

【図 1 1】1 5 0 n m 厚の A u 膜に隣接するさまざまな厚みの不連続 Z r 膜を有する当該 A u 膜の正規化ナノインデンテーション硬度を示すグラフの図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 0 7 】

図は必ずしも縮尺通りではない。図で用いる同じ番号は同じ構成要素を指す。しかしながら、所与の図で構成要素を参照するために数字を用いることによって、同じ番号で標識付ける別の図中の構成要素を限定することを意図するものではないことが理解されるであろう。

【 0 0 0 8 】

以下の説明では、その一部を形成する、図示例としていくつかの具体的な実施形態を示す添付の図面の組を参照する。本開示の範囲または精神から逸脱することなく他の実施形態が企図され、なされ得ることを理解すべきである。したがって、以下の詳細な説明を限定的な意味で捉えるべきではない。

【 0 0 0 9 】

他に示されなければ、明細書および請求項で用いる特徴サイズ、量、および物性を表現するすべての数字は、すべての事例で「約」という用語で修正されるものと理解すべきである。応じて、そうでないと示されなければ、以上の明細書および添付の請求項で述べる数値パラメータは、本明細書中に開示する教示を利用して当業者が獲得することを求める性質に依存して異なり得る近似である。

【 0 0 1 0 】

終点による数値範囲の記載は、その範囲内に包摂されるすべての数字（たとえば、1 ~ 5 は、1、1 . 5、2、2 . 7 5、3、3 . 8 0、4、および 5 を含む）およびその範囲内の任意の範囲を含む。

【 0 0 1 1 】

この明細書および添付の請求項で用いるように、内容が明確にそれ以外のことを示していなければ、単数形「a」、「an」、および「the」は複数形の指示対象を有する実施形態を包含する。この明細書および添付の請求項で用いるように、「または」という用語は、内容が明確にそれ以外のことを示していなければ、「および/または」を含むその意味で一般的に用いられる。

【 0 0 1 2 】

「含む」、「含んでいる」などの用語は、限定されるのではなく包含する、すなわち、含みかつ排他的でないことを意味する。「頂部」および「底部」（または「上部」および「下部」のような他の用語）は、厳に相対的な説明のために利用され、記載する要素が位置する物品のいかなる全体的な向きも暗示するものではないことに留意すべきである。

【 0 0 1 3 】

図 1 は、磁気媒体 1 6 のトラック 1 4 上にスライダ 1 2 を位置決めするための作動システムを含むディスクドライブ 1 0 の斜視図である。ディスクドライブ 1 0 の特定の構成は説明を簡単にするために示すものであり、本開示の範囲をいかなる態様でも限定することを意図するものではない。ディスクドライブ 1 0 は、軸 2 2 の周りでスピンドル上のアクチュエータアーム 2 0 を回転させるように配置されるボイスコイルモータ 1 8 を含む。ロードビーム 2 4 はヘッド搭載ブロック 2 6 でアクチュエータアーム 2 0 に接続される。サスペンション 2 8 はロードビーム 2 4 の端に接続され、スライダ 1 2 はサスペンション 2 8 に取付けられる。磁気媒体 1 6 は軸 3 0 の周りを回転するため、スライダ 1 2 は風圧に遭遇して、磁気媒体 1 6 の表面上方にわずかな距離を空けてスライダが上に保たれる。磁気媒体 1 6 の各々のトラック 1 4 は、データを記憶するためのデータ記憶セルのアレイと

10

20

30

40

50

ともにフォーマットされる。スライダ 12 は、磁気媒体 16 のトラック 14 上のデータを読取るおよび/または書込むための磁気装置またはトランスデューサ（図 1 には図示せず）を担持する。磁気トランスデューサは付加的な電磁エネルギーを利用して媒体 16 の表面を加熱し、熱アシスト磁気記録（HAMR）と呼ばれるプロセスによって記録を容易にする。

【0014】

HAMR トランスデューサは、磁場を生成して磁気媒体（たとえば磁気媒体 16）に書込むための磁気書込器と、書込場に近接する磁気媒体の部分を加熱する光学装置とを含む。図 2 は、磁気装置、たとえば HAMR 磁気装置 40 の部分と、関連の磁気記憶媒体 42 の部分との断面図である。HAMR 磁気装置 40 は、書込極 44 と、ペDESTAL 48 によって結合される戻り極 46 とを含む。導体 52 および 54 を備えるコイル 50 はペDESTAL を囲み、絶縁体 56 によって支持される。示すように、磁気記憶媒体 42 は、硬質磁性記憶層 62 と軟質磁性下層 64 とを備える垂直磁気媒体であるが、パターンドメディアなどの他の形態の媒体であり得る。コイル中の電流はペDESTAL および極中に磁場を誘導する。磁束 58 はエアベアリング面（ABF）60 で記録ヘッドから出て、領域 58 内に囲まれる記憶媒体 42 の硬質磁性層 62 の部分の磁化を変更するのに用いられる。近接場トランスデューサ 66 は、エアベアリング面 60 に近接する書込極 44 に隣接して位置決めされる。近接場トランスデューサ 66 は、レーザなどのエネルギー源から電磁波を受ける導波路 68 に結合される。近接場トランスデューサ 66 の端の電界は、硬質磁性層 62 の部分 69 を加熱して保磁力を低下させるのに用いられ、これにより書込極からの磁場が記憶媒体の磁化に影響を及ぼし得る。

【0015】

本明細書中に開示する磁気装置は他の構造も含むことができる。本明細書中に開示する磁気装置をより大きな装置の中に組み込むこともできる。たとえば、スライダは本明細書中に開示するような磁気装置を含むことができる。例示的なスライダは、前縁、後縁、およびエアベアリング面を有するスライダ体を含むことができる。次に、書込極、読出極、光学的近接場トランスデューサ、およびコンタクトパッド（および光学的ヒートシンク）をスライダ体の上（またはその中）に位置させることができる。そのような例示的なスライダは、たとえばディスクドライブに組み込可能なサスペンションに取付け可能である。

【0016】

図 3 は、磁気装置の部分の部分斜視図を示す。磁気装置 300 は、（以上で論じたような特性を有し得る）書込極 305 と、近接場トランスデューサ（NFT）310 とを含むことができる。図 3 に示す NFT 310 は二部構造を有するものとして説明することができるが、NFT の任意の種類または構造（たとえば、プラズモンギャップ型 NFT または「ロリポップ」型 NFT とともに称することができるペグディスク型 NFT）とともに、説明する実施形態を利用できることを認識すべきである。典型的に、NFT 310 は、たとえば金（Au）、別の材料でドーピングされた金（Au）（たとえば、AuGe）、銀（Ag）、別の材料でドーピングされた銀（Ag）（たとえば AgGe）、銅（Cu）、およびアルミニウム（Al）などの材料からなることができる。いくつかの実施形態では、NFT 310 は、2011 年 2 月 23 日に出版された、「向上した熱安定性を有する HAMR NFT 材料」と題された、その開示がその引用によって本明細書に援用される特許文献 1 に列挙される材料からなることもできる。

【0017】

開示する磁気装置は少なくとも 1 つのクラッド層も含む。例示的な磁気装置 300 は、表クラッド 315 および 320、底部クラッド 325、ならびに頂部クラッド 330 を含む。一般的に、記載の実施形態では、NFT 310 は全体的にクラッド材料で取囲まれる。少なくとも 1 つのクラッド層（およびこの実施形態では、表クラッド 315 および 320、底部クラッド 325、ならびに頂部クラッド 330）は、一般的に（NFT の材料に対して）屈折率が低い誘電材料から形成可能である。例示的な材料は、 Ta_2O_5 、 Al_2O_3 、 SiO_2 、 MgO 、 MgF_2 、 Si_3N_4 、 $SiON$ 、および $TaSiO_x$ を含む。20

11年2月23日に依頼された、「光導波路クラッド材料」と題された、その開示がその引用によって本明細書に援用される特許文献2に開示される材料も、表クラッド315および320、底部クラッド325、頂部クラッド330、またはその何らかの組合せに利用可能である。実施形態では、クラッド層は、たとえば Al_2O_3 または SiO_2 からなる。

【0018】

NFT310を周囲のクラッド層にしっかりと接着させることがしばしば困難であり得る。NFT310がそれを取り囲む材料にしっかりと接着していなければ、磁気装置は磁気装置の処理の間またはその動作の間に故障する可能性がある。開示する磁気装置は不連続金属層335も含む。不連続金属層は単一の層であることができるが、そうである必要はないことに留意すべきである。「不連続金属層」という文言は、NFTと周囲のクラッド層との間に位置決めされる1つよりも多くの構造または層を指すのに利用可能である。開示する不連続金属層は、一般的に、NFTの表面と隣接する周囲のクラッド層との間に位置することができる。実施形態では、不連続金属層をNFTの各表面と各周囲クラッド層との間に位置決め可能であり、実施形態では、不連続金属層はNFTの各々よりも少ない表面と周囲クラッド層との間に位置決めすることができる。実施形態では、不連続金属層は、表クラッド層315および320、底部クラッド層325、頂部クラッド層330、またはその何らかの組合せと接するNFTの表面同士の間位置決め可能である。いくつかの実施形態では、不連続金属層は、実質的に表クラッド層315および320、ならびに実質的に底部クラッド層325のすべてと接することができる。いくつかの実施形態では、不連続金属層330がさまざまなクラッド層の表面のうちいくつかまたはすべてに優先的に接するように堆積プロセスを制御することができる。

【0019】

開示する不連続金属層は一般的に、クラッド層との向上した化学結合を与え、界面反応を全く有しないかもしくは界面反応が限られ得、NFT結合効率損失のレベルが許容可能であり得る材料、またはその何らかの組合せから形成可能である。

【0020】

クラッド層との向上した化学結合を与えることができる材料は、少なくとも部分的に充填された伝導帯またはいくつかの実施形態では空の伝導帯を有する材料としても説明することができる。空の伝導帯は、材料が付加的な電子を受入れかつ（クラッド層からの）酸素との化学結合を形成するのをより容易にする。材料は、フェルミ準位において大量の未充填状態を有する前期3d遷移金属であり、かつドナー-アクセプタ型結合に加わり得るものとしても説明可能である（クラッド材料（たとえば、酸化物アニオン（酸素）原子）からの電子が不連続金属層の未充填3d状態に遷移することができる）。クラッド層との向上した化学結合を与えることができる材料は、それらのより大きな負の酸化物の形成の熱を有する材料としても説明することができる。そのような材料ならば酸化物基板としっかりと結合する確率がより高いであろう。なぜなら、そのような結合は熱力学的に好ましいであろうからである。そのような材料は、たとえば、ジルコニウム（Zr）、チタン（Ti）、イットリウム（Y）、スカンジウム（Sc）、アルミニウム（Al）、ルテニウム（Ru）、バナジウム（V）、シリコン（Si）、ゲルマニウム（Ge）、タンタル（Ta）、および錫（Sn）を含むことができる。

【0021】

界面反応を有しないか界面反応が限られている材料は、NFTおよび/またはクラッド材料への拡散が一般的に全くないまたは拡散が最小限である材料を含む。そのような材料は金属間化合物の形成も有しない。材料は望ましくは約400の温度までそのような性質を維持するであろう。これにより、NFT材料の光学的性質および良好な熱安定性の劣化を最小限にする（または確実に最小限にする）ことができる。

【0022】

許容可能なレベルのNFT結合効率損失を提供する材料も望ましい。不連続金属層の不連続性も許容可能なレベルの結合効率損失に寄与する。そのような材料は一般的に、比較

10

20

30

40

50

の高い屈折率を有することができる。NFT材料とクラッド材料層との界面での非プラズモン金属層、たとえば不連続金属層、の存在は、当該界面が表面プラズモンを支持する能力を「低下させる」と考えられ、これは、NFTからの電界送出がより弱くなるという結果になり得る。一般的に、共鳴に基づくNFTについては、効率に関する良度指数(FOM)を、複素光学誘電率の虚部に対する実部の比と考えることができる。小さな負もしくは正の実部および/またはより大きな正の虚部を有する非プラズモン金属を導入すると、正味FOMが劣化することがある。層の厚みを小さくすることによってFOMの劣化を最小限にすることができる。

【0023】

いくつかの実施形態では、開示する不連続金属層は、ジルコニウム(Zr)、チタン(Ti)、イットリウム(Y)、スカンジウム(Sc)、アルミニウム(Al)、ルテニウム(Ru)、バナジウム(V)、シリコン(Si)、またはゲルマニウム(Ge)、タンタル(Ta)、および錫(Sn)から形成することができる。いくつかの実施形態では、開示する不連続金属層はZrからなることができる。

10

【0024】

開示する不連続金属層は金属材料の数多くの「島」から構成されると説明することができる。島は、異なる大きさおよび形状を有することができるが、そうである必要はない。島は、その性質が全く不規則であることができるが、そうである必要はない。開示する不連続金属層は、厚みが単分子層未満である、または平均厚みが単分子層未満であると説明することができる。開示する不連続金属層は平均厚みによって説明することができる。開示する不連続金属層の材料は、典型的に、層全体に亘って存在しないことを理解すべきである。実施形態では、開示する不連続金属層の平均厚みは、2.5 ~ 50、5 ~ 30、または5 ~ 20 であることができる。

20

【0025】

不連続金属層の平均厚みは、たとえば透過電子顕微鏡(TEM)またはX線光電子分光法(XPS)によって測定可能である。厚みは、厚みがわかっている標準サンプルからの較正を用いて定めることができる。

【0026】

開示する不連続金属層を形成する例示的な方法は、非常に遅い堆積速度を用いたマグネトロンスパッタリングを含むことができる。一般的に、プロセスは金属単分子層未満の厚みを目標とするように設定されて、不連続層が形成される。開示する不連続金属層を形成する1つの例示的な方法は、不連続金属層およびNFT層が真空を破壊せずに堆積されるインサイチュー堆積である。そのような方法は、接着性を損なう可能性がある不連続金属層の酸化を妨げることができる。開示する不連続金属層を形成する別の例示的な方法は、化学気相成長(CVD)または原子層堆積(ALD)などの低エネルギープロセスを含むことができる。そのような技術を用いる場合、吸着原子の移動度およびクラッド層の材料に対する高い金属表面自由エネルギーがないことにより、幾分(または実施形態では非常に)規則的な分布の小径の島を成長させる。これはNFT/クラッド層界面でのトポグラフィ的噛み合い(topographical interlocking)を促進する。島状の膜構造は、材料の「活性化ディウェッティング(activated dewetting)」を用いて形成することもでき、ここでは周囲金属堆積の後に急速な熱アニールを行なって、島への膜の分離を促進する。

30

40

【0027】

不連続金属層は、向上した化学結合、ナノスケールトポグラフィ、限定された界面反応(拡散、金属間化合物の形成)、またはその何らかの組合せを与えて、NFTと少なくとも1つのクラッド層との間の接着を改善すると考えられる。不連続金属層の不連続性により、不連続金属層の材料はNFTの活性プラズモン界面の小さな部分しか占めない。これにより、NFTの光学的性質に不利に影響を及ぼすことなく接着が向上することができる。

【0028】

不連続金属層を形成するプロセスを、磁気装置の全体的な製造プロセスに容易に統合す

50

ることができる。全体的に、開示する不連続金属層を用いると、NFTの剥離による歩留り損失が低減されるかまたはなくなり、かつ磁気装置の現在の形成プロセスにほとんど影響することなく磁気装置の動作の間のNFT寿命の長期化に寄与するであろう。

【0029】

開示する不連続金属層を用いると、NFT材料の結晶構造を修正することによってNFT材料の機械的強度が向上することもわかった。たとえば、NFTが金からなる実施形態では、開示する不連続金属層を用いるとAu(111)総数が増し、これは約300までAu粒子安定性および応力緩和耐性を向上させる。これは、NFTおよびしたがって磁気装置全体の長期に亘る信頼性に寄与することができる。実施形態では、不連続金属層を含むと、(金NFT層などの)隣接する層の機械的強度を増すことができ、これは究極的に、開示する不連続金属層を含む熱アシスト磁気記録(HAMR)ヘッドなどの機械的装置の向上した性能、安定性、および長期に亘る信頼性をもたらすことができる。

10

【実施例】

【0030】

本開示はそのように限定されないが、以下に与える実施例の考察を通して開示のさまざまな局面が認められるであろう。

【0031】

不連続金属層との接着

SiO_2/x のZr/2500のAuという3層構造を作製した。アルゴン(Ar)イオンエッチを用いて真空チャンバ中でまず基板を予めエッチングして基板の表面を清浄にした。次に、ジルコニウム(Zr)ターゲットからの直流(DC)マグネトロンスパッタリングによって、Zr膜を形成した。構造に対してシートフィルムテープテストを行なって残留膜の百分率を定めた。シートフィルムテストは、ウェハの上に膜を堆積し、次に膜の上に(粘着側を下向きにして)テープを貼って、これを引き剥がすことによって行なう。強く接着した膜は基板に貼りついたままであり、テープは膜の断片を剥がさずに剥がれる。接着が十分でない膜の場合、テープとともに膜が剥がれてしまう。図4は、200Wおよび500Wでのジルコニウム(Zr)の厚みの関数としての残留百分率を示す。図4に見られるように、不連続Zr層がない場合、金はしっかりと接着しておらず、金膜の100%が引き剥がされた。テープテストに耐える構造が証明するように、不連続Zr層の追加が1.25ですら、 SiO_2 に対する金の接着が向上している。

20

30

【0032】

NFT構造を有する不連続金属層

図5Aおよび図5Bは、不連続金属層を有しない(図5A)および不連続な2.5のZr層を有する(図5B)、金NFTの下流化学機械研磨(CMP)処理後の断面走査電子顕微鏡(SEM)画像を示す。図5Aに見られるように、開示する不連続金属層がない場合、金NFTはクラッド層中のトレンチから引き出されてしまった。2.5のZr層の場合、図5Bに見られるように、金NFTはCMPの後ですらクラッド層中のトレンチの中に固く接着したままである。

【0033】

光学的性質

開示する不連続金属層を含む構造の光学的性質を、堆積した際のおよびさまざまな条件でアニールした後の、400nm~1000nmの波長に亘る屈折率(n)および消衰係数(k)を測定することによって評価した。図6Aは、成長後未処理、2分間の200でのアニール後、2分間の300でのアニール後、および2分間の400でのアニール後の、2.5のZrの上に100nmのAu層を含む構造の400nm~1000nmの屈折率(n)を示し、図6Bはその消衰係数(k)を示す。図6Aに見られるように、光学的劣化は存在せず、このことはZr/Au界面が400まで化学的に安定していることを示す。

40

【0034】

化学的安定性

50

X線回折を用いて界面の化学的安定性も調査した。成長後未処理の(図7A)および300でのアニール後の(図7B)さまざまなZr厚みを有するZr/Au膜積層体の~2走査を図7Aおよび図7Bに見ることができる。両方の図に見られるように、Auは大部分が(111)配向に存在するが、不連続Zr層がない場合、(200)および(311)配向も存在する。不連続Zr層を有する場合、非(111)配向は大部分が排除されている。なお、面心立方(「fcc」)金属については、(111)が一般的に最もエネルギー的に安定した配向である。というのも、それは膜/周囲界面に現れる最も低いエネルギー面であるからである。図7Aと図7Bとを比較することにより、膜積層体の中に付加的な位相形成が存在しないことがわかり、このことは2つの材料間の化学反応が最小限であることを示す。

10

【0035】

Au層の機械的強度

図8Aから図8Dは、アニールの前後の、5の不連続Zr層を有しないおよび有する150nmのAu膜の原子間力顕微鏡(AFM)画像を示す。図8Aと図8Bとを比較することにより、隣接する不連続Zr層を有しない金属は、200でのアニール後に顕著な粒子成長を経ることがわかる。図8Cと図8Dとを比較することによってわかるように、5のZr層を有する場合、粒子成長は400のアニールの後ですら劇的に減速する。さらに、Au(111)総数(図9A)およびAu粒子径(図9B)ならびに安定性に対するZr厚みの影響が存在するように思われる。先の図9Aに見られるように、Au(111)配向総数はZr厚みとともに増し、5のZrでピークとなる。一般的に、より高い機械的強度とAu(111)配向との間には相関がある。これは、より少ない粒子成長/再配向に関する機械的軟化メカニズムによる可能性が最も高い。図9Bは、異なるアニール温度でのZr厚みの関数としてのAu粒子径を示す。粒子成長は機械的軟化メカニズムのうちの1つであり、上昇した温度でこれを減速すると機械的強度が向上する。5のZrは、400まで、最小Au粒子径および最も少ない粒子成長を促進すると思われる。

20

【0036】

機械的安定性

以上で観察されるAu(111)配向およびAu粒子安定性の向上は、機械的安定性、すなわち塑性変形またはクリープ、の尺度である改良された応力緩和温度に変わると示された。この現象は、膜を加熱し、生成される応力をモニタすることによって測定された。加熱されると、Au膜とSi基板との間の熱膨張率の不整合により、Au膜中に圧縮応力が発生する。Au膜中の応力の発生を測定するため、温度を各温度で一定に保つ(図中の階段状の線)。図10Aは、不連続Zr層がない場合に、Auが100の低温から緩和し始めると生成される熱応力を示し、このことは塑性変形がこの温度から開始することを示す。図10Bは、5のZr不連続層を有する場合にそのような緩和が250-300まで起こらないことを示し、これは塑性変形に対する向上した耐性および機械的安定性を示し、このことは究極的に、不連続層を有するNFTを含む装置の信頼性を向上させる。

30

【0037】

不連続層によるAu膜の機械的強度の向上は、ナノインデンテーション硬度測定によってさらに確認された。図11に示すように、金の硬度は、厚みが2.5しかない不連続Zr層により約70%向上した。

40

【0038】

このように、近接場トランスデューサを備える装置の実施形態を開示する。上述の実現例および他の実現例は以下の請求項の範囲内に入る。当業者は、開示したもの以外の実施形態で本開示を實踐できることを認めるであろう。開示する実施形態は例示の目的のために提示されるものであり、限定のためではない。

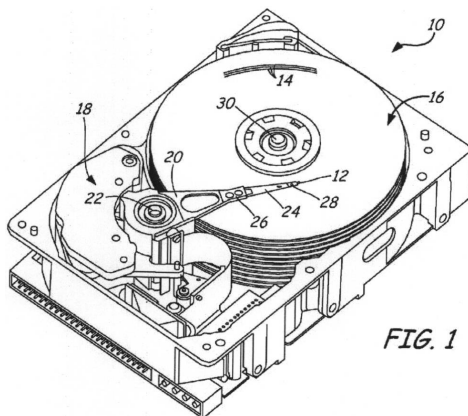
【符号の説明】

【0039】

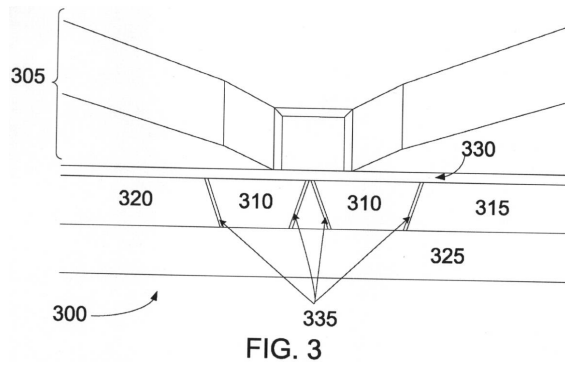
50

10 ディスクドライブ、12 スライダ、14 トラック、16 磁気媒体、20 アクチュエータアーム、24 ロードビーム、40 HAMR磁気装置、42 磁気記憶媒体、300 磁気装置、310 近接場トランスデューサ(NFT)、315、320、325、330 クラッド層、335 不連続金属層。

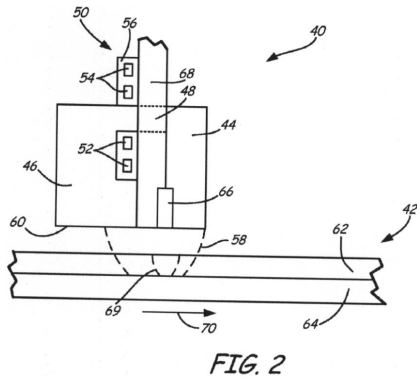
【図1】



【図3】



【図2】



【図 4】

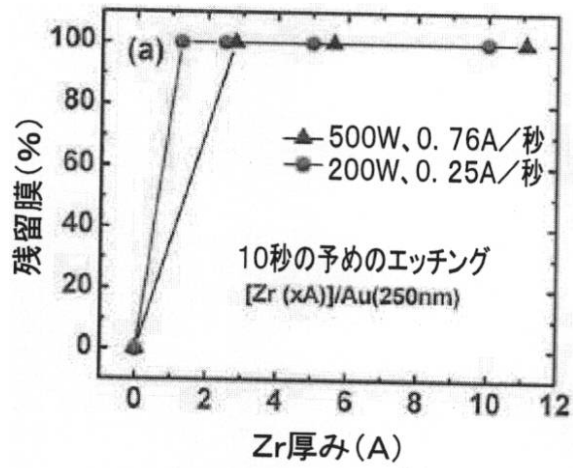
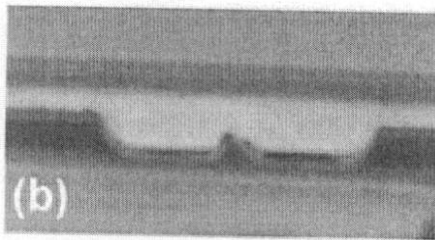


FIG. 4

【図 5 A】

FIG. 5A



【図 5 B】

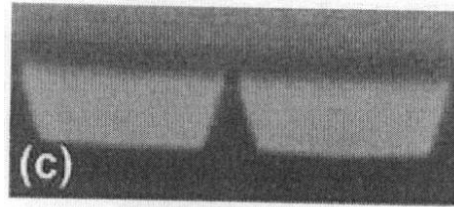


FIG. 5B

【図 6 A】

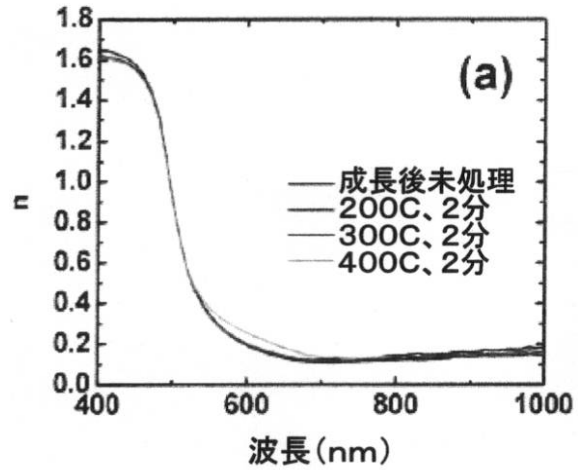


FIG. 6A

【図 6 B】

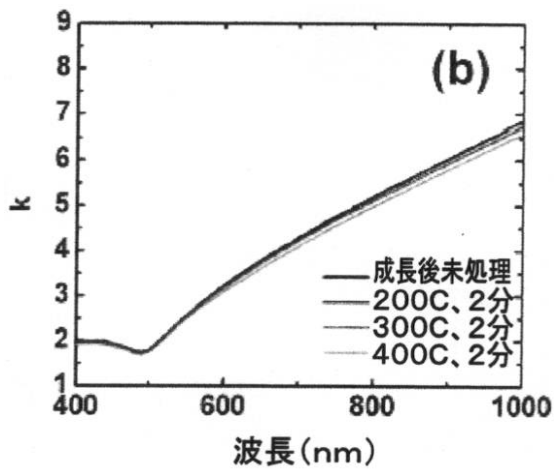


FIG. 6B

【図 7 A】

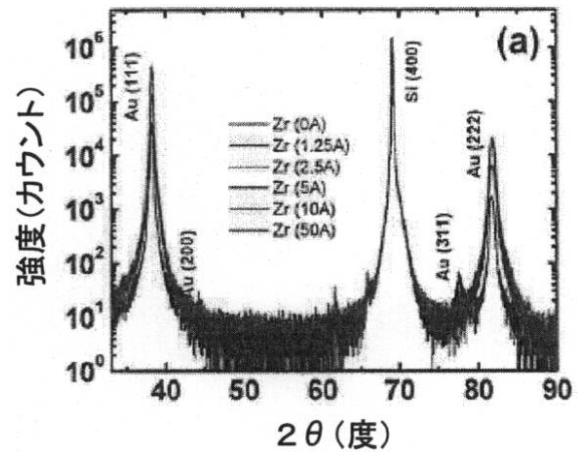


FIG. 7A

【図 7 B】

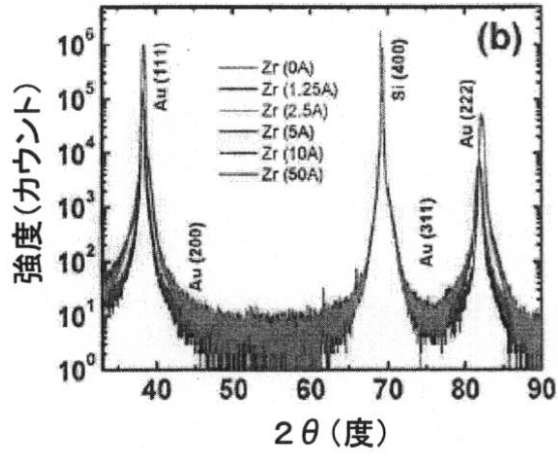


FIG. 7B

【図 8】

FIG. 8A

FIG. 8B

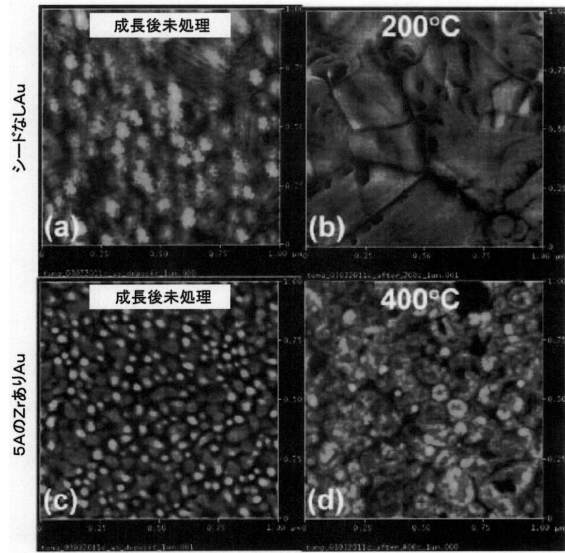
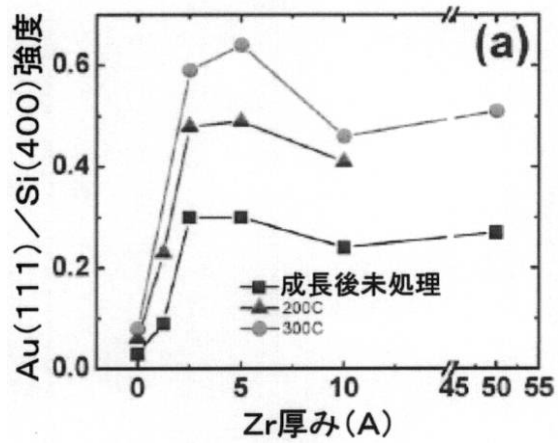


FIG. 8C

FIG. 8D

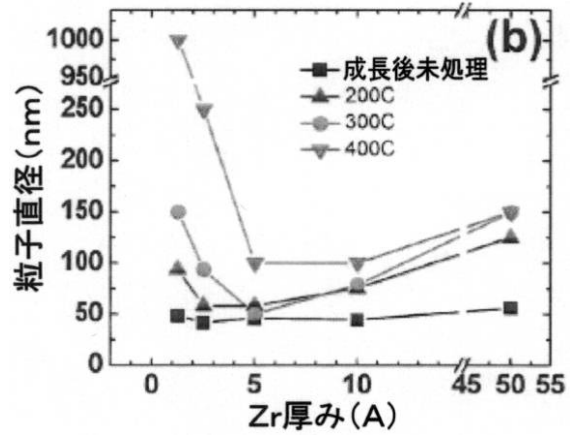
【図 9 A】

FIG. 9A



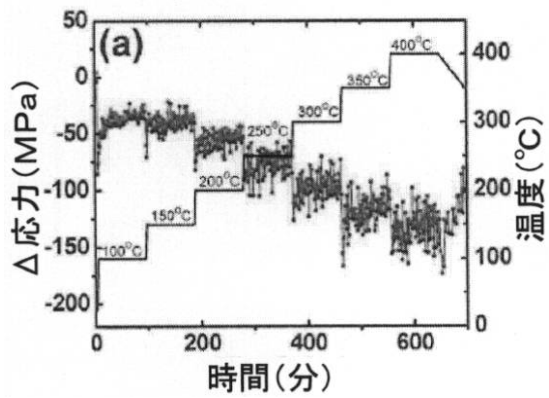
【図 9 B】

FIG. 9B



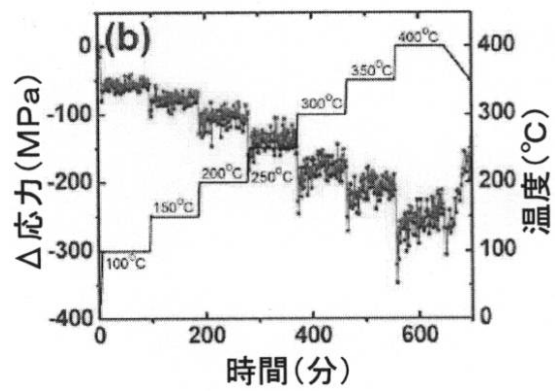
【図10A】

FIG. 10A



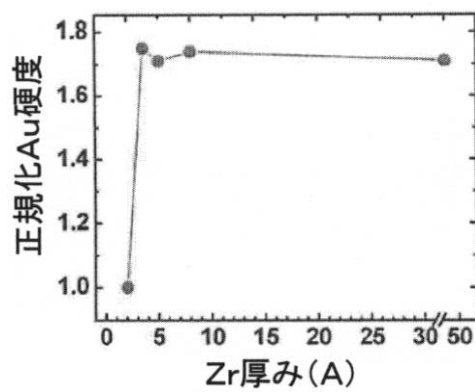
【図10B】

FIG. 10B



【図11】

FIG. 11



フロントページの続き

- (72)発明者 チャオ・トン
アメリカ合衆国、 5 5 3 4 4 ミネソタ州、エデン・プレーリー、ストラットン・アベニュー、 1 1
3 4 3、ユニット・ 2 1 8
- (72)発明者 マイケル・クリストファー・カウツキー
アメリカ合衆国、 5 5 1 2 2 ミネソタ州、イーガン、カシエル・グレン、 4 1 4 3
- (72)発明者 マイケル・アレン・セイグラ
アメリカ合衆国、 5 5 3 4 7 ミネソタ州、エデン・プレーリー、トフト・コープ、 1 7 5 9 1
- (72)発明者 チャオ・ヨンジュン
アメリカ合衆国、 5 5 3 4 7 ミネソタ州、エデン・プレーリー、シェパード・ウェイ、 8 6 5 5
- (72)発明者 ジェイ・ジャヤシャンカル
アメリカ合衆国、 5 5 3 4 5 ミネソタ州、ミネトンカ、サドルウッド・トレイル、 1 8 8 5 5
- (72)発明者 ファン・シャオユエ
アメリカ合衆国、 5 5 3 4 7 ミネソタ州、エデン・プレーリー、ブラクストン・ドライブ、 8 6
2 8

審査官 中野 和彦

- (56)参考文献 特開 2 0 1 1 - 0 0 8 8 9 9 (J P , A)
特開 2 0 0 7 - 2 4 2 7 8 8 (J P , A)
特開 2 0 0 7 - 0 7 3 7 0 2 (J P , A)
特開 2 0 0 9 - 0 1 6 8 6 9 (J P , A)
特開 2 0 1 1 - 2 4 8 9 9 1 (J P , A)

- (58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
G 1 1 B 5 / 3 1
G 1 1 B 5 / 0 2