

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5759884号
(P5759884)

(45) 発行日 平成27年8月5日(2015.8.5)

(24) 登録日 平成27年6月12日(2015.6.12)

(51) Int.Cl.

F 1

G 11 B 5/31 (2006.01)
G 11 B 5/02 (2006.01)G 11 B 5/31
G 11 B 5/02Z
TZ
T

請求項の数 17 外国語出願 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2011-278148 (P2011-278148)
 (22) 出願日 平成23年12月20日 (2011.12.20)
 (65) 公開番号 特開2012-133873 (P2012-133873A)
 (43) 公開日 平成24年7月12日 (2012.7.12)
 審査請求日 平成24年5月10日 (2012.5.10)
 (31) 優先権主張番号 12/976,559
 (32) 優先日 平成22年12月22日 (2010.12.22)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

前置審査

(73) 特許権者 500373758
 シーゲイト テクノロジー エルエルシー
 アメリカ合衆国、95014 カリフォルニア州、クパチーノ、サウス・ディ・アンザ・ブールバード、10200
 (74) 代理人 110001195
 特許業務法人深見特許事務所
 (72) 発明者 ウィリアム・ポール・バブラ
 アメリカ合衆国、55359 ミネソタ州
 、メープル・ブレイン、ジェジェンーティナ・ロード、2636
 (72) 発明者 ジン・シュワイ
 アメリカ合衆国、55379 ミネソタ州
 、シャコピー、ホワイトテール・ドライブ
 、3917

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】熱アシスト磁気記録ヘッドならびに光学近接場変換器内の熱エネルギーを放散する方法およびシステム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

熱アシスト磁気記録ヘッドであって、
 光学近接場変換器と、
 前記光学近接場変換器と熱伝導接触するヒートシンクアセンブリとを備え、
 前記ヒートシンクアセンブリは、対流冷却面を有し、かつ書込極と前記光学近接場変換器との間に設けられた第1のヒートシンクを含み、
 前記対流冷却面は、前記光学近接場変換器と接している、熱アシスト磁気記録ヘッド。

【請求項 2】

前記ヒートシンクアセンブリは、少なくとも部分的に前記光学近接場変換器を封入する
 、請求項1に記載の熱アシスト磁気記録ヘッド。

【請求項 3】

前記ヒートシンクアセンブリは、前記光学近接場変換器から延びる1対の翼状部分または円錐台形状の部分を含む、請求項1に記載の熱アシスト磁気記録ヘッド。

【請求項 4】

前記ヒートシンクアセンブリは、前記書込極上の金属被覆部を含む、請求項1に記載の熱アシスト磁気記録ヘッド。

【請求項 5】

前記ヒートシンクアセンブリは、第2のヒートシンクとを含み、前記第1のヒートシンクは前記第2のヒートシンクと熱伝導接触する、請求項1に記載の

10

20

熱アシスト磁気記録ヘッド。

【請求項 6】

前記ヒートシンクアセンブリは、前記熱アシスト磁気記録ヘッドのエアベアリング面を占める、請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載の熱アシスト磁気記録ヘッド。

【請求項 7】

前記ヒートシンクアセンブリは誘電体または非磁性金属を含む、請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項に記載の熱アシスト磁気記録ヘッド。

【請求項 8】

前記対流冷却面は、磁気記録媒体に対向するエアベアリング面である、請求項 1 ~ 7 のいずれか 1 項に記載の熱アシスト磁気記録ヘッド。

10

【請求項 9】

光学近接場変換器内の熱エネルギーを放散する方法であって、

前記光学近接場変換器内に熱エネルギーを発生するステップと、

前記光学近接場変換器内の熱エネルギーの少なくとも一部を、前記光学近接場変換器と伝導接触するヒートシンクアセンブリに伝導させるステップと、

前記ヒートシンクアセンブリに伝導させた熱エネルギーの少なくとも一部を、対流冷却面のエアベアリングに対流によって伝達するステップとを含み、

前記ヒートシンクアセンブリは、前記対流冷却面を有し、かつ書込極と前記光学近接場変換器との間に設けられた第 1 のヒートシンクを含み、

前記対流冷却面は、前記光学近接場変換器と接している、方法。

20

【請求項 10】

前記ヒートシンクアセンブリは第 2 のヒートシンクとを含み、前記第 1 のヒートシンクは前記第 2 のヒートシンクと熱伝導接触する、請求項 9 に記載の方法。

【請求項 11】

前記ヒートシンクアセンブリは、熱アシスト磁気記録ヘッドのエアベアリング面を占める、請求項 9 または 10 に記載の方法。

【請求項 12】

前記対流冷却面は磁気記録媒体に対向する、請求項 9 ~ 11 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 13】

30

光学近接場変換器内の熱エネルギーを放散するシステムであって、

前記光学近接場変換器と伝導接触する第 1 のヒートシンクと、

前記第 1 のヒートシンクと伝導接触する第 2 のヒートシンクと、

書込極とを備え、

前記第 1 のヒートシンクおよび前記第 2 のヒートシンクのうち一方または双方が、対流冷却面を含み、前記書込極と前記光学近接場変換器との間に設けられ、かつ前記光学近接場変換器と接觸しており、

前記対流冷却面は、前記光学近接場変換器と接している、システム。

【請求項 14】

前記第 1 のヒートシンクおよび前記第 2 のヒートシンクのうち一方または双方は、少なくとも部分的に前記光学近接場変換器を封入する、請求項 13 に記載のシステム。

40

【請求項 15】

前記第 1 のヒートシンクおよび前記第 2 のヒートシンクのうち一方または双方は、前記光学近接場変換器から延びる 1 対の翼状部分または円錐台形状の部分を含む、請求項 13 に記載のシステム。

【請求項 16】

前記第 1 のヒートシンクおよび前記第 2 のヒートシンクのうち一方または双方は、前記書込極とも伝導接触し、前記書込極上の金属被覆部を含む、請求項 13 に記載のシステム。

【請求項 17】

50

前記対流冷却面は、磁気記録媒体に対向するエアベアリング面である、請求項 1 3 ~ 1 6 のいずれか 1 項に記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0 0 0 1】

概要

本明細書において記載されクレームされている実現例は、光学近接場変換器およびヒートシンクアセンブリを備えた熱アシスト磁気記録ヘッドを提供する。ヒートシンクアセンブリは、光学近接場変換器と熱伝導接触し、かつ対流冷却面を有する。

10

【0 0 0 2】

その他の実現例も本明細書において記載され詳述される。

【図面の簡単な説明】

【0 0 0 3】

【図 1】遠位端に設けられた封入ヒートシンクを利用する熱アシスト磁気記録ヘッドを備えたアクチュエータアームフレキシヤの一例を示す。

【図 2 A】書き極およびヨークの一例の斜視図を示す。

【図 2 B】図 2 A の書き極およびヨークに金属被覆ヒートシンクの一例を設けたものを示す。

【図 3】金属被覆ヒートシンクを備えた書き極を有する熱アシスト磁気記録ヘッドの一例の部分斜視図の断面を示す。

20

【図 4 A】光学近接場変換器の一例の斜視図を示す。

【図 4 B】図 4 A の光学近接場変換器に翼状のヒートシンクの一例を設けたものを示す。

【図 5】翼状のヒートシンクを備えた光学近接場変換器を有する熱アシスト磁気記録ヘッドの一例の部分斜視図の断面を示す。

【図 6 A】円形の光学近接場変換器の一例の斜視図を示す。

【図 6 B】図 6 A の円形の光学近接場変換器に円錐台形状のヒートシンクの一例を設けたものを示す。

【図 7】円錐台形状のヒートシンクを備えた円形の光学近接場変換器を有する熱アシスト磁気記録ヘッドの一例の部分斜視図の断面を示す。

30

【図 8】現在開示されている技術に従い光学近接場変換器から熱エネルギーを伝導させる処理の例を示す。

【発明を実施するための形態】

【0 0 0 4】

詳細な説明

熱アシスト磁気記録 (HAMR : Heat Assisted Magnetic Recording) 技術は、データを、安定性が高い媒体に、集束させた光を用いてまず媒体を加熱することにより、磁気記録する。HAMR 技術は、鉄と白金の合金といった安定性が高い磁性化合物を利用して媒体を構成する。こうした材料は、単一ビットをより小さな領域に記憶することができるが、磁気媒体記憶に使用される従来技術を制限するのと同じ超常磁性効果による制限は受けない。しかしながら、この高安定性の磁性化合物は、媒体上の磁性配向を変化させるために、まず加熱しなければならない。

40

【0 0 0 5】

ある実現例において、HAMR ヘッドは、少なくとも光学近接場変換器 (NFT : Near-Field Transducer) と書き極とを含む。光学NFTは、光を集めて媒体に集束させるのに使用される。集束させた光は、媒体上のスポットの温度を、書き極によって磁性配向を変化させるのに十分に高い温度まで上昇させる (たとえば数百度の温度上昇)。しかしながら、光学NFTが光を集めて集束させたときに生じる極端な熱は、光学NFTの動作寿命を著しく制限する。

【0 0 0 6】

50

有限要素解析によると、光学NFTの温度は、媒体の磁性配向を変化させるのに十分な光を集めさせたとき、セ氏500度を超える可能性がある。現在開示されている技術は、光学NFTの熱管理のためのヒートシンクを開示している。しかしながら問題がいくつかかる。第1に、光学NFTは大きさが小さいため（たとえば一般的には幅100nmから200nm）、熱エネルギーを放散する表面積が極めて小さい。第2に、光学NFTの近傍に何も配置されていないので、書き極および／または光学NFTの効率または共振周波数が大幅に低下または変化する可能性がある。他の実現例では、HAMRヘッドにさらに他の小型電子部品（たとえば1つ以上の読み取り機およびセンサ）が含まれている。光学NFTの近傍に何も配置されていないと、これらのさらなる小型電子部品のうちいずれかの効率または共振周波数が大幅に変化する可能性がある。

10

【0007】

よって、現在開示されているヒートシンクおよびヒートシンクアセンブリは、光学NFTから熱エネルギーを抽出し、この熱エネルギーを、HAMRヘッドの周りの空気への対流、HAMRヘッドに隣接する面（たとえば磁気媒体）への放射、および／またはHAMRヘッドの他の部品への伝導によって、伝達する。他の実現例では、光学NFTおよびヒートシンクを、HAMRヘッド以外の記録ヘッドにおいて利用する。

【0008】

図1は、その遠位端に設けられた封入ヒートシンク112を利用するHAMRヘッド106を備えたアクチュエータアームフレキシヤ102の一例を示す。座標軸が示されており、y方向は、フレキシヤ102の長手方向においてフレキシヤ102の遠位端に向かって伸び、x方向は、対応する磁気媒体（図示せず）に対して平行な方向においてフレキシヤ102を横断して伸び、z方向は、磁気媒体に向かって下向きに伸びる。アクチュエータアームフレキシヤ102は、y方向に伸びるカンチレバーアクチュエータアーム（図示せず）に装着される。アクチュエータアームフレキシヤ102は、z軸方向において調整されて磁気媒体上の磁気ピットの1以上のトラックを追従することができる。HAMRヘッド106を備えたエアベアリングスライダ（ABS：Air Bearing Slider）104は、磁気媒体（図示せず）に対向するフレキシヤ102の面上において、フレキシヤ102の遠位端に設けられる。スライダ104によって、HAMRヘッド106は、磁気媒体の対応する面の上でこの面に接近して浮動することができる。電線（たとえばワイヤ108）が、フレキシヤ102に沿って概ねy方向に伸び、最終的にHAMRヘッド106に接続するスライダ104上のコンタクトパッド（たとえばパッド110）に装着される。処理電子装置（図示せず）に／から送られる読み取り／書き込みおよびその他の電気信号は、電線およびコンタクトパッドを介してHAMRヘッド106まで送られる。

20

【0009】

図1には、HAMRヘッド106を回転させて拡大したものの断面図も示されている。このHAMRヘッド106は、x軸を中心として90度、z軸を中心として90度回転させて拡大したものであり、HAMRヘッド106の断面はHAMRヘッド106の中心を通るyz面であるので、HAMRヘッド106内のさまざまな構成要素の向きが明らかになっている。基板124は、HAMRヘッド106の構成要素の載置面の役割を果たし、HAMRヘッド106をABS104に接続している。基板124上に設けられた導波管コア114は、光波を光学NFT116に伝達し、NFT116は、光を集めさせて磁気媒体（図示せず）上の一点に導く。

30

【0010】

典型的には、光学NFT（たとえば光学NFT116）は、HAMRヘッド内における光学導波管クラッド材料として機能するAl₂O₃によって囲まれている。Al₂O₃の光学特性は導波管に適しているが、Al₂O₃の熱伝導率は非常に低い（たとえば1.35W/m/K）。これは、光学NFTが吸収したエネルギーを熱エネルギーとして実質的に取り込み、光学NFTの動作寿命を大幅に制限する。

40

【0011】

このAl₂O₃の短所を克服する1つの方法は、光学NFTを、ヒートシンクとして使

50

用される光学品質を有する誘電体のブロックで囲むまたは封入することである。このヒートシンクは、 Al_2O_3 よりも熱伝導率が高くかつ光学NFTから有効に熱を伝達するのに十分大きくなければならない。さらに、ヒートシンクは、光学NFTの共鳴に大きな影響を及ぼさないおよび/または導波管損失を生じさせないように、十分小さくおよび/または配向されていなければならない。ある実現例では、光学NFTの1つの構成要素の直径は200nmである。ヒートシンクは、光学NFTと十分に接触するのに足る大きさである必要がある。またさらに、ヒートシンクは、HAMRヘッド内の他の小型電子部品(たとえば1つ以上の読み取り機およびセンサ)いずれにも大きな影響を及ぼさないように、十分小さくおよび/またはHAMRヘッド内において配向されていなければならない。ある実現例において、ヒートシンクは、結晶相で作ることができるさまざまな金属化合物(たとえばMgO、MgF₂、LiF、CaF₂、BaF₂、BeO、ZnO、Si₃N₄、および/またはAlN)で構成してもよい。

【0012】

図1に示される光学NFT116は、ヒートシンク112(太線で示される)で囲まれている。ヒートシンク112は、光学NFT116がヒートシンク112内に設けられた状態で導波管コア114上に設けられる。光学NFT116から離れた場所において、従来の光学導波管クラッド材料118(たとえば Al_2O_3)が用いられる。書込極120は、ヒートシンク112および/またはクラッド材料118の上に設けられる。

【0013】

ある実現例では、ヒートシンク112は、熱エネルギーを光学NFT116から伝導によって抽出し、この熱エネルギーを周囲のHAMRヘッド106の構成要素(たとえば導波管コア114、クラッド材料118、および/または書込極120)に伝導によって伝達する。別の実現例では、ヒートシンク112は、熱エネルギーを、磁気媒体に向かうヒートシンク112のエアベアリング面122から概ねz方向に位置する隣の磁気媒体(図示せず)に、放射によって伝達する。さらに他の実現例では、ヒートシンク112は、熱エネルギーを、エアベアリング面の隣で移動している空気に、対流によって伝達する。さらに他の実現例では、ヒートシンク112は、伝導、放射、および対流による熱エネルギーの伝達を組合せたものを利用して光学NFT116の温度を管理する。

【0014】

ヒートシンクを備えていないHAMRヘッド内の光学NFTのある実現例では、光学NFTの温度はHAMRヘッドの動作中に500℃を超える。ヒートシンクを追加すると、ヒートシンクの熱伝導率と動作中の光学NFTの温度上昇との間の逆の関係が明らかになる。ある実現例では、図1に示されるヒートシンクは、エアベアリング面122から負のz方向に0.5ミクロン、トラックを横断する方向(すなわちx方向)に0.5μm伸びる。ヒートシンクの熱伝導率が5W/m/Kの場合、光学NFTの温度は、HAMRヘッドの動作中に約275℃上昇する。ヒートシンクの熱伝導率が20W/m/Kの場合、光学NFTの温度は、HAMRヘッドの動作中に約150℃上昇する。

【0015】

図2Aは、書込極220およびヨーク226の一例の斜視図を示す。書込極220(実線で示す)は、ヨーク226(点線で示す)に装着され、ヨーク226からz方向および負のy方向に伸びる。ヨーク226は、オフヘッド処理電子機器(図示せず)から書込信号を受ける磁気コイル(図示せず)に装着される。ヨーク226は、磁気コイルからの書込信号を書込極220に伝達し、これは、書込信号を媒体に与えて媒体上のビットの磁気分極を変化させることにより、データを書込信号から媒体に書込む。

【0016】

HAMRヘッド内において、光学NFT(図示せず)は、示されている書込極220およびヨーク226の隣に位置する。ある実現例では、書込極220から熱エネルギーを伝導によって抽出することは、光学NFTからの熱エネルギーの抽出を促進する。

【0017】

図2Bは、図2Aの書込極220およびヨーク226に金属被覆ヒートシンク228の

10

20

30

40

50

一例が設けられたものを示す。ヒートシンク 228（太線で示す）は、書込極 220 を被覆し、書込極 220 から x 方向および負の x 方向に延びている。ある実現例において、ヒートシンク 228 は、x 方向および負の x 方向（すなわちトラックを横断する方向）に数ミクロン（たとえば $4 \mu\text{m} \sim 20 \mu\text{m}$ ）、y 方向および z 方向の厚みはわずか 10 分の数ミクロンである。この実現例では、ヒートシンク 228 の大きさおよび表面積は、光学 NFT の温度を 25% から 30% 低下させるのに十分である。ある実現例において、優れた熱伝導率を有する 1 以上の金属を用いて金属被覆部（たとえば Cr、Ru、Cu、Au、Ag、Al、Ni、Ir、Pt、W、Ti、Mo、Zr、Rh、Pd、V、およびその合金またはそれをドーピングしたもの）を形成してもよい。

【0018】

10

図 3 は、金属被覆ヒートシンク 328 を備えた書込極 320 を有する HAMR ヘッド 300 の一例の部分斜視図の断面を示す。図 3 は、図 2B に示される書込極 220 とヒートシンク 228 との間の界面を詳細に示している。ヒートシンク 328 は、書込極 320 から x 方向および y 方向に延びる。さらに、示されている実現例では、ヒートシンク 328 は実際光学 NFT 316 に接触していない。熱エネルギーは、書込極 320 および周囲にある任意のクラッド材料 318 を介して、光学 NFT 316 からヒートシンク 328 に伝達される。

【0019】

ヒートシンク 328 は、エアベアリング面 322 における対流による熱エネルギーの伝達を利用することにより、光学 NFT 316 からの熱エネルギーの放散を最大にする。好ましくは、ヒートシンク 328 を非磁性金属で構成してサイドトラック消去および / または書込極 320 に対する干渉のリスクを最小にする。ある実現例において、ヒートシンク 328 は、成膜後のスライダ加工（たとえばチップをウエハから分離すること、チップをラッピングすること、チップを研磨すること、空気力学的構造をチップ上にパターン形成すること、保護膜をチップ上に設けることなど）と共に得る。さらに、ヒートシンク 328 は、媒体の方向に書込極 320 を超えて突出しない（ヒータがオンで書込極 320 を媒体に向かって押出すときも、ヒータがオフのときも）。結果として、ヒートシンク 328 が原因で HAMR ヘッド 300 の後縁に構造上の問題が生じることはない。

20

【0020】

ある実現例では、ヒートシンク 328 を、本明細書に開示されている他の熱エネルギー放散装置のうち 1 つ以上と組合せてよい。具体的には、ヒートシンク 328 は、図 4B および図 5 に示される翼状のヒートシンク 432、532 とともに使用したときに特に効果的である。本明細書に開示されているヒートシンクのうち 1 つ以上の組み合わせのことをヒートシンクアセンブリと呼ぶ。

30

【0021】

図 4A は、光学 NFT 416 の一例の斜視図を示す。光学 NFT 416 を用いて光を集めて媒体（図示せず）に集束させる。集束させた光は、媒体上のスポットの温度を、書込極（図示せず）による磁性配向の変化を引起すのに十分高い温度まで、上昇させる。

【0022】

40

図 4B は、図 4A の光学近接場変換器 416 に翼状のヒートシンク 432 および 434 の一例を設けたものを示す。ヒートシンク 432、434（太線で示す）は、光学 NFT 416 の一部を覆い、光学 NFT 416 から x 方向および y 方向に延びている。ある実現例では、ヒートシンク 432 および 434 は、x 方向および負の x 方向（すなわちトラックを横断する方向）に数ミクロン（たとえば $4 \mu\text{m} \sim 20 \mu\text{m}$ ）延び、y 方向の厚みは光学 NFT 416 よりも大きい。

【0023】

50

結果として、ヒートシンク 432 および 434 は、ともに使用された場合、図 2B および図 3 のヒートシンク 228 および 328 と接触し得る。この組み合わせが光学 NFT の光学効率に与える影響はほとんどまたは全くない。ともに使用されたとき、ヒートシンク 228、328 および 432、434 の大きさおよび表面積は、光学 NFT の温度を最大

50%低下させるのに十分である。ある実現例において、優れた熱伝導率を有する1以上の金属（たとえばCr、Ru、Cu、Au、Ag、Al、Ni、Ir、Pt、W、Ti、Mo、Zr、Rh、Pd、V、およびその合金またはそれをドーピングしたもの）を用いてヒートシンク432および434を形成してもよい。実現例によっては、ヒートシンク432および434を光学NFT416と同じ材料で構成してもよい。

【0024】

図5は、翼状のヒートシンク532を備えた光学NFT516を有するHAMRヘッド500の一例の部分斜視図の断面を示す。図5は、光学NFT516と、翼状ヒートシンク532と、書込極520との間の界面を詳細に示している。ヒートシンク532は、光学NFT516からx方向およびy方向に延びる。熱エネルギーは、伝導により、光学NFT516からヒートシンク532に伝わる。次に、熱エネルギーは、ヒートシンク532から、周囲の任意のクラッド材料518、導波管コア514、および/または書込極520へと伝導される。さらに、エアペアリング面522での対流による熱エネルギー伝達は、ヒートシンク532から熱エネルギーを運ぶ。

【0025】

翼状のヒートシンク532からの熱エネルギーの伝導による伝達を改善するために、ヒートシンク532を図2Aおよび図3のヒートシンク228、328とともに使用してもよい。エアペアリング面522におけるヒートシンク228、328の表面積が比較的大きいために、対流による熱エネルギーの伝達は、ヒートシンク532のみを用いる実現例と比較すると、遙かに大きい。他の実現例では、ヒートシンク532を、本明細書に開示されている他の熱エネルギー放散装置のうち1つ以上と組合せててもよい。

【0026】

図6Aは、円形の光学NFT636の一例の斜視図を示す。この円形の光学NFT636は、光を集めて媒体（図示せず）に集束させるのに使用される。集束させた光は、媒体上のスポットの温度を、書込極（図示せず）による磁性配向の変化を引起すのに十分高い温度まで、上昇させる。

【0027】

図6Bは、図6Aの円形の光学NFT636に円錐台形状のヒートシンク638の一例を設けたものを示す。ヒートシンク638（太線で示す）は、光学NFT636を覆い、光学NFT636からy方向に延びて円錐台を形成する。ある実現例では、ヒートシンク636は、y方向に1ミクロンの何分の1かにわたって（たとえば50nm～250nm）延びる。

【0028】

図7は、円錐台形状のヒートシンク738を備えた円形の光学NFT736を有するHAMRヘッド700の一例の部分斜視図の断面を示す。ヒートシンク738は、光学NFT736と書込極720との間でy方向に延びている。熱エネルギーは、伝導によって光学NFT736からヒートシンク738に伝わる。次に、このエネルギーは、ヒートシンク738から書込極720および周囲の任意のクラッド材料718に伝導される。他の実現例では、ヒートシンク738を本明細書に開示される他のヒートシンクのうち1つ以上と組合せててもよい。

【0029】

ある実現例において、優れた熱伝導率を有する1以上の金属（たとえばCr、Ru、Cu、Au、Ag、Al、Ni、Ir、Pt、W、Ti、Mo、Zr、Rh、Pd、V、およびその合金またはそれをドーピングしたもの）を用いてヒートシンク738を形成してもよい。実現例によっては、ヒートシンク738を形成するために選択された材料を、光学NFT736のカップリング効率の維持にも適合したものにする。プラズモニック（plasmonic）金属（たとえばAu、Ag、Cu、Al、Pd、V、およびその合金またはそれをドーピングしたもの）は、光学NFT736のカップリング効率を維持するのに特に有効である。実現例によっては、ヒートシンク738を光学NFT736と同じ材料で構成してもよい。ある実現例では、ヒートシンク738は、ウエハ処理中に、光学NFT7

36と書込極720とを薄膜成長方向(すなわちy方向)において接続する。

【0030】

光学NFT736はクラッド材料718およびヒートシンク738によって囲まれている。導波管コア714はクラッド材料718の片側と境を接している。ヒートシンク738は、光学NFT736、クラッド材料718、および書込極720と境を接している。ある実現例では、ヒートシンク738の底の断面の寸法は、光学NFT736の円形部分と同一である。ヒートシンク738が円錐台形状で延びている様子を示しているが、ヒートシンクは円筒の一部の形またはその他の形状で延びてもよい。

【0031】

光学NFTから熱エネルギーを十分に伝導するのに足りる大きさのヒートシンクのxz断面積は、光学NFTの理想的なxz断面積よりも大きいことが多い。図6Bおよび図7の実現例では、光学NFT636、736は、円錐台形状のヒートシンク638、738の底の断面形状と一致させるのに必要な大きさよりも大きくされる。この場合、光学NFT636、736の効率は約30%低下するかもしれないが、光学NFT636、736から放散するパワーは、光学NFTがより小さい場合(たとえば図5の光学NFT516参照)と比較して、約55%増加し得る。なぜなら、光学NFT636、736からヒートシンク638、738および書込極620、720への伝導による熱エネルギーの伝達が増すからである。さらに、他に特別な条件がない限り、光学NFT636、736の動作中は、ヒートシンク638、738のxz断面積と光学NFT636、736の温度上昇との間に逆の関係がある。

10

20

【0032】

ヒートシンク738のxz断面積を光学NFT736のxz断面積と一致させて熱エネルギー伝達を増大させると、結果として、ヒートシンク738がない理想的な大きさの光学NFTと比較して、光学NFT736における全体的な温度低下は約50%となる場合がある。書込極720は、この実現例において、ヒートシンク738がない実現例と比較すると、50%以上のパワーを吸収し得る。このようにパワーがさらに吸収されることによって、光学NFTの動作温度が低下して、光学NFTの動作寿命を延ばすことができる。

【0033】

図2Bおよび図3に示されるヒートシンク228、328をヒートシンク738とともに使用した場合、ヒートシンク228、328の体積によって、書込極720に伝導するさらなる熱エネルギーのほとんどを放散することができる。結果として、磁気記録ヘッド700の動作中の書込極720の温度は、小さいヒートシンクを用いるまたはヒートシンクを使用しない場合の書込極の温度と同一または略同一であろう。書込極の動作寿命も、動作温度の影響が大きい。ヒートシンク738から書込極720に伝達される熱が書込極720からヒートシンク228または328に伝わるようにすることは、書込極720の所望の動作温度および動作寿命の維持に役立つ。

30

【0034】

図8は、現在開示されている技術に従い光学近接場変換器から熱エネルギーを伝導させる処理800の例を示す。発生処理805において、HAMRヘッド内での動作時に光学NFT内で熱エネルギーが発生する。光学NFTは光を集めて磁気媒体に集束させる。その結果、光学NFTが加熱される。現在開示されているヒートシンクのうち1つ以上を用いて、光学NFT内で発生した熱エネルギーを放散してもよい。

40

【0035】

判断処理810において、図1に関連付けて具体的に説明した封入ヒートシンクがHAMRヘッド内にある場合、伝導処理815に進む。HAMRヘッド内に封入ヒートシンクがなければ、発生処理805に戻る。

【0036】

伝導処理815において、光学NFT内で発生した熱エネルギーは封入ヒートシンクに伝導される。さらに、光学NFT内で発生した熱エネルギーは、光学NFTに隣接するHAM

50

R ヘッドの他の構成要素（たとえば導波管クラッドおよび／または別のヒートシンク）にも伝導される。加えて、封入ヒートシンクに伝導された熱エネルギーはさらに、封入ヒートシンクに隣接する H A M R ヘッドの他の構成要素（たとえば書込極、導波管コア、導波管クラッドおよび／または別のヒートシンク）にも伝導し得る。しかしながら、書込極、導波管コア、および／または導波管に伝達される伝導熱エネルギーは、光学NFTおよび／または封入ヒートシンクとの熱接触面積が不十分なので、限定される可能性がある。また、書込極、導波管コア、および／または導波管の材料構成が、熱エネルギーの伝達に特に適していない可能性もある。

【 0 0 3 7 】

判断処理 8 2 0 において、図 4 B および図 5 に関連付けて具体的に説明した翼状のヒートシンクが H A M R ヘッド内にある場合、伝導処理 8 2 5 に進む。翼状のヒートシンクが H A M R ヘッド内になければ、発生処理 8 0 5 に戻る。

【 0 0 3 8 】

伝導処理 8 2 5 において、光学NFT内で発生した熱エネルギーは翼状のヒートシンクに伝導される。さらに、光学NFT内で発生した熱エネルギーは、光学NFTに隣接する H A M R ヘッドの他の構成要素（たとえば導波管クラッドおよび／または別のヒートシンク）にも伝導し得る。加えて、翼状のヒートシンクに伝導された熱エネルギーはさらに、翼状のヒートシンクに隣接する H A M R ヘッドの他の構成要素（たとえば書込極、導波管コア、導波管クラッドおよび／または別のヒートシンク）にも伝導し得る。

【 0 0 3 9 】

判断処理 8 3 0 において、図 6 B および図 7 と関連付けて具体的に説明した円錐台形状のヒートシンクが H A M R ヘッド内にある場合、伝導処理 8 3 5 に進む。円錐台形状のヒートシンクが H A M R ヘッド内になければ、発生処理 8 0 5 に戻る。

【 0 0 4 0 】

伝導処理 8 3 5 において、光学NFT内で発生した熱エネルギーは円錐台形状のヒートシンクに伝導される。さらに、光学NFT内で発生した熱エネルギーは、光学NFTに隣接する H A M R ヘッドの他の構成要素（たとえば導波管クラッドおよび／または別のヒートシンク）にも伝導し得る。加えて、円錐台形状のヒートシンクに伝導された熱エネルギーはさらに、円錐台形状のヒートシンクに隣接する H A M R ヘッドの他の構成要素（たとえば書込極、導波管コア、導波管クラッドおよび／または別のヒートシンク）に伝導し得る。

【 0 0 4 1 】

判断処理 8 4 0 において、図 2 B および図 3 と関連付けて具体的に説明した金属で被覆された円錐形のヒートシンクが H A M R ヘッド内にある場合、伝導処理 8 4 5 に進む。判断処理 8 4 0 は、円錐台形状のヒートシンク、翼状のヒートシンク、または封入ヒートシンクのうち 1 つ以上が H A M R ヘッド内にある場合に行なわれる。

【 0 0 4 2 】

伝導処理 8 4 5 において、光学NFT内で発生した熱エネルギーは、導波管クラッド、円錐形のヒートシンク、翼状のヒートシンク、または封入ヒートシンクが存在すればそれを介して金属被覆ヒートシンクに伝導される。さらに、光学NFT内で発生した熱エネルギーは、光学NFTに隣接する H A M R ヘッドの他の構成要素（たとえば導波管クラッドおよび／または別のヒートシンク）にも伝導し得る。加えて、金属被覆ヒートシンクに伝導された熱エネルギーはさらに、金属被覆ヒートシンクに隣接する H A M R ヘッドの他の構成要素（たとえば書込極、導波管コア、導波管クラッドおよび／または別のヒートシンク）にも伝導し得る。

【 0 0 4 3 】

伝導処理 8 4 5 に続いて、金属被覆ヒートシンクが存在していれば、または、判断処理 8 4 0 に続いて、金属被覆ヒートシンクが存在していなければ、対流／放射処理 8 5 0 が行なわれる。対流／放射処理 8 5 0 では、対流冷却面（たとえば H A M R ヘッド上のエアペアリング面）を形成する H A M R ヘッドの 1 以上の構成要素（たとえば 1 以上のヒートシンク、書込極、光学NFT、導波管コア、および／または導波管クラッド）内の熱エネ

10

20

30

40

50

ルギが、対流によって、HAMRヘッド上のエアベアリング面と磁気媒体の表面との間を通る空気に伝達される。さまざまな実現例において、HAMRヘッドおよび/または磁気媒体面が動いて空気の擾乱が生じ、これによって、対流による熱エネルギーの伝達が増す。さらに、対流/放射処理850は、HAMRヘッド上のエアベアリング面から磁気媒体に直接伝達される放射による熱エネルギー伝達も含み得る。

【0044】

他に特別な条件がない限り、エアベアリング面に対して露出したヒートシンクの表面積が大きいほど、対流による熱エネルギー伝達は大きい。さらに、他に特別な条件がない限り、光学NFTに接触するヒートシンクの表面積が大きいほど、伝導による熱エネルギーの伝達は大きい。結果として、金属被覆ヒートシンクを円錐形のヒートシンク、翼状のヒートシンク、または封入ヒートシンクとともに用いて、光学NFTからの熱エネルギーの伝導、および、エアベアリング面における対流/放射による熱エネルギーの伝達双方を、改善し得る。本明細書に開示されているヒートシンクのうち1つ以上を組合せたものをヒートシンクアセンブリと呼ぶ。

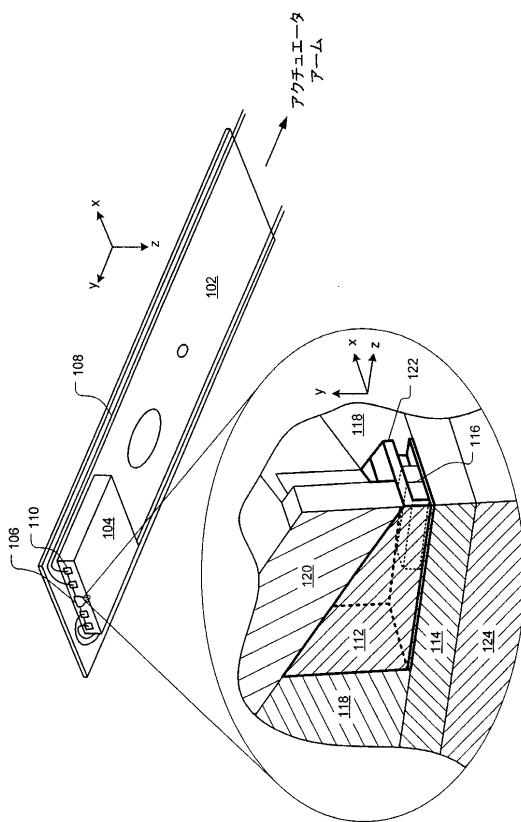
【0045】

上記明細書、実施例、およびデータによって、本発明の例示としての実施の形態の構成および用途に関する説明が完成する。本発明の数多くの実施の形態を発明の精神および範囲から逸脱することなく実現できるので、本発明は以下の請求項に帰する。さらに、異なる実施の形態の構造上の特徴を、記載されている請求項の範囲を逸脱することなく別の実施の形態に組込んでもよい。

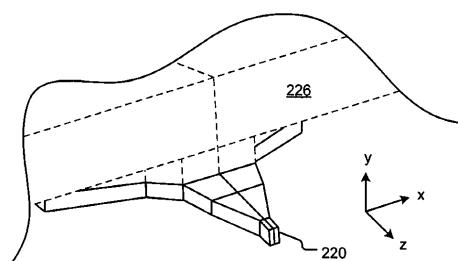
10

20

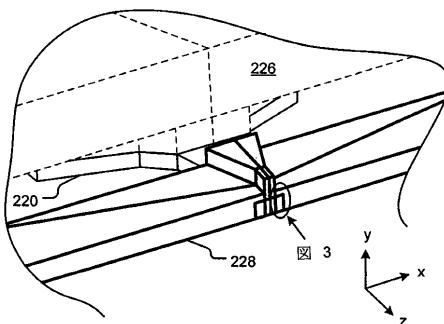
【図1】



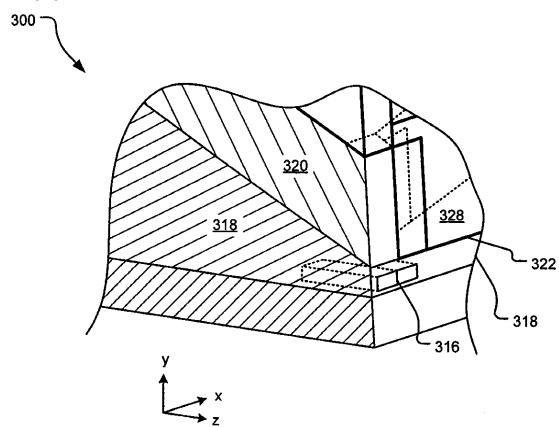
【図2 A】



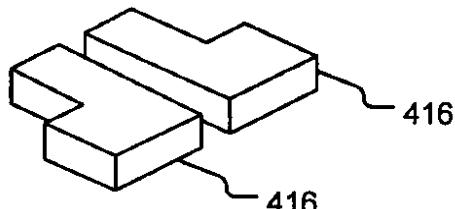
【図2 B】



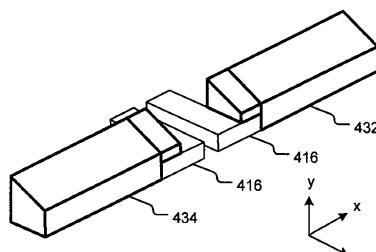
【図3】



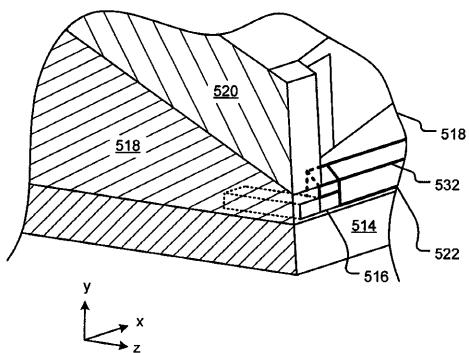
【図4 A】



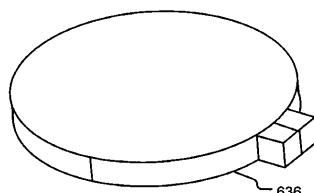
【図4 B】



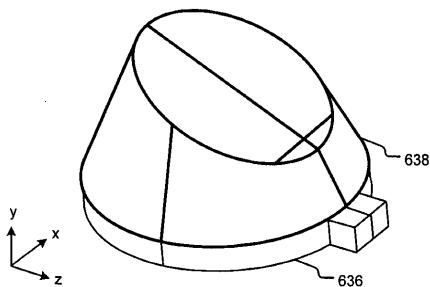
【図5】



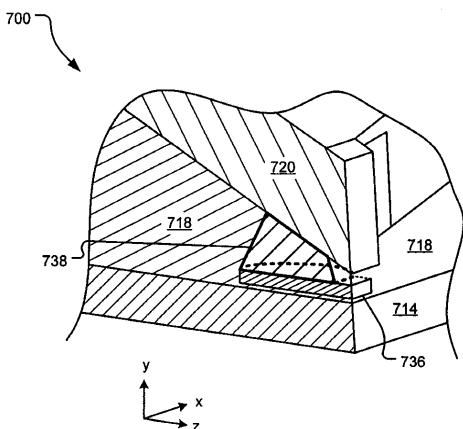
【図6 A】



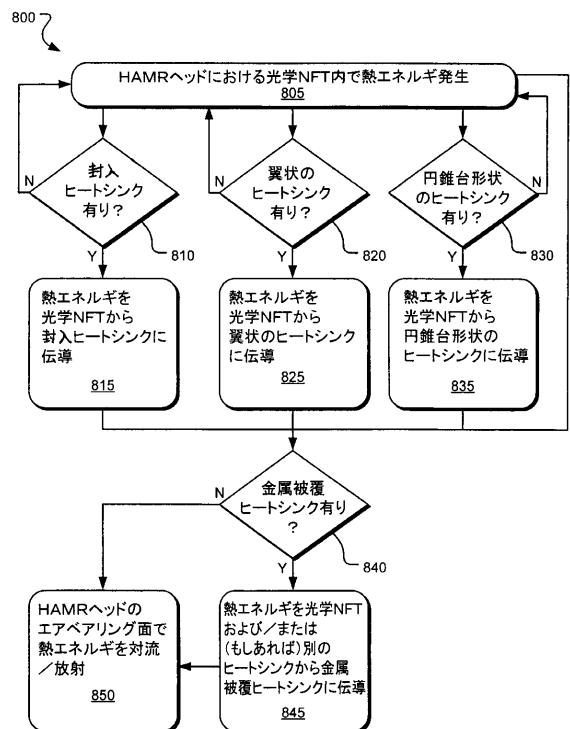
【図6 B】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 ファン・シャオユエ

アメリカ合衆国、55347 ミネソタ州、エデン・プレーリー、ブラクストン・ドライブ、86
28

(72)発明者 マイケル・クリストファー・コーツキー

アメリカ合衆国、55122 ミネソタ州、イーガン、カシェル・グレン、4143

(72)発明者 ガオ・カイチョン

アメリカ合衆国、55347 ミネソタ州、エデン・プレーリー、ジャスパー・レーン、1235
0

審査官 斎藤 真

(56)参考文献 國際公開第2010/098794 (WO, A1)

特開2009-059417 (JP, A)

特開2012-053973 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G11B 5/00 - 5/024

G11B 5/31