

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6602715号
(P6602715)

(45) 発行日 令和1年11月6日(2019.11.6)

(24) 登録日 令和1年10月18日(2019.10.18)

(51) Int.Cl.

F I

G 1 1 B 5/02 (2006.01)

G 1 1 B 5/02 T

G 1 1 B 5/31 (2006.01)

G 1 1 B 5/31 Z

請求項の数 16 外国語出願 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2016-68003 (P2016-68003)
 (22) 出願日 平成28年3月30日 (2016. 3. 30)
 (65) 公開番号 特開2016-194967 (P2016-194967A)
 (43) 公開日 平成28年11月17日 (2016. 11. 17)
 審査請求日 平成31年3月15日 (2019. 3. 15)
 (31) 優先権主張番号 14/674, 360
 (32) 優先日 平成27年3月31日 (2015. 3. 31)
 (33) 優先権主張国・地域又は機関
 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】 熱アシスト磁気記録装置におけるレーザ温度校正

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

レーザを有するデータ記憶システム内に設けられた熱アシスト磁気記録 (HAMR : Heat Assisted Magnetic Recording) 装置を動作温度に設定するステップと、

前記レーザから光を出力させるのに必要な最小電流量を示すしきい値レーザ電流を決定するステップと、

最適ビット誤り率 (BER : Bit Error Rate) および最小隣接トラック干渉 (ATI : Adjacent Track Interface) を生じさせる電流量を示す最適レーザ電流を決定するステップと、

前記しきい値レーザ電流および前記最適レーザ電流をメモリに記憶するステップと、

前記しきい値レーザ電流を決定するステップと、前記最適レーザ電流を決定するステップと、前記しきい値レーザ電流および前記最適レーザ電流を校正テーブルに記憶するステップとを、許容可能な装置性能が2以上の動作温度で達成されるまで繰り返し実行するステップを含む、方法。

【請求項 2】

使用される前記2以上の動作温度とは異なる動作温度について、記憶された前記しきい値レーザ電流の値および前記最適レーザ電流の値から、しきい値電流および最適レーザ電流を補完するステップをさらに含む、請求項1に記載の方法。

【請求項 3】

前記しきい値レーザ電流を決定するステップは、

10

20

前記レーザに電流を印加するステップと、
前記レーザからのレーザ出力光を光検出器が検出するまで前記レーザに印加される印加レーザ電流を増加させるステップと、
前記光検出器が前記レーザ出力光を検出したときの前記印加レーザ電流を、前記しきい値レーザ電流として取得するステップとを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

前記しきい値レーザ電流を決定するステップは、
前記レーザに電流を印加するステップと、
光近接場変換器（NFT：Near Field Transducer）の出力が空気軸受面の温度を上昇させることによって、デュアルエンド抵抗温度係数（DETCR：Dual-Ended Temperature Coefficient of Resistance）センサの直流電圧の傾きが変化するまで、前記レーザに印加される印加レーザ電流を増加させるステップと、
前記デュアルエンド抵抗温度係数センサの直流電圧の傾きが変化したときの前記印加レーザ電流を、前記しきい値レーザ電流として取得するステップとを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 5】

前記しきい値レーザ電流を決定するステップは、
前記レーザに電流を印加するステップと、
ボロメータの抵抗率が変化するまで、前記レーザに印加される印加レーザ電流を増加させるステップと、
前記ボロメータの抵抗率が変化したときの前記印加レーザ電流を、前記しきい値レーザ電流として取得するステップとを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 6】

前記最適レーザ電流を決定するステップは、
動作レーザ電流の増加に伴うビット誤り率を監視するステップと、
最適ビット誤り率を生じさせる前記動作レーザ電流を、前記最適レーザ電流として取得するステップとを含む、請求項 1 ～ 5 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 7】

前記最適レーザ電流を決定するステップは、複数の異なる電流に亘って、媒体上のトラックに書き込まれるデータのビット誤り率がどこで最小となるかを決定するステップを含む、請求項 6 に記載の方法。

【請求項 8】

前記熱アシスト磁気記録装置を動作温度に設定するステップと、前記しきい値レーザ電流を決定するステップと、前記最適レーザ電流を決定するステップと、前記しきい値レーザ電流および前記最適レーザ電流をメモリに記憶するステップと、前記繰り返し実行するステップとは、前記データ記憶システムの製造プロセス中に実行される、請求項 1 ～ 7 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 9】

前記データ記憶システムの正常動作中に、前記メモリに記憶されたデータを用いて、前記熱アシスト磁気記録装置のヒータパワーを調整するステップをさらに含む、請求項 8 に記載の方法。

【請求項 10】

レーザを有するデータ記憶システム内に設けられた熱アシスト磁気記録（HAMR：Heat Assisted Magnetic Recording）装置を動作温度に設定するステップと、
最適ビット誤り率（BER：Bit Error Rate）および最小隣接トラック干渉（ATI：Adjacent Track Interface）を生じさせる電流量を示す最適レーザ電流を決定するステップと、
データを破損させるレーザ電流を決定するステップと、
前記データを破損させるレーザ電流および前記最適レーザ電流をメモリに記憶するステップと、

前記最適レーザ電流を決定するステップと、前記データを破損させるレーザ電流を決定するステップとを、許容可能な装置性能が2以上の動作温度で達成されるまで繰り返し実行するステップとを含む、方法。

【請求項11】

使用される前記2以上の動作温度とは異なる動作温度について、記憶された前記データから、前記データを破損させるレーザ電流を補完するステップ、および前記最適レーザ電流を補完するステップをさらに含む、請求項10に記載の方法。

【請求項12】

前記最適レーザ電流を決定するステップは、
レーザ電流の増加に伴うビット誤り率を監視するステップと、
最適ビット誤り率(BER)を生じさせるレーザ電流を取得するステップとを含む、請求項10または11に記載の方法。

10

【請求項13】

前記データを破損させるレーザ電流を決定するステップは、
前記最適レーザ電流および書き込み電流を媒体上のトラックに印加するステップと、
前記トラックにデータを書き込むとともにビット誤り率(BER)を測定することによって、確立されたビット誤り率を実現するステップと、
前記書き込み電流をゼロに設定するとともに、前記レーザ電流を低い値に設定するステップと、
前記確立されたビット誤り率とともに前記トラックにデータを書き込むステップと、
新たなビット誤り率を測定するステップと、
前記確立されたビット誤り率と前記新たなビット誤り率との間のビット誤り率の変化を算出するステップと、

20

前記確立されたビット誤り率とともに前記トラックにデータを書き込むステップと、前記新たなビット誤り率を測定するステップと、前記確立されたビット誤り率と新たなビット誤り率との間のビット誤り率の変化を算出するステップとを、増加させたレーザ電流量において前記変化がしきい値よりも大きくなるまで繰り返し実行するステップと、

前記レーザ電流を、前記データを破損させるレーザ電流として取得するステップとを含む、請求項10～12のいずれか1項に記載の方法。

【請求項14】

30

方法であって、
データ記憶システムの製造中に、レーザを有する熱アシスト磁気記録(HAMR: Heat Assisted Magnetic Recording)装置のための校正テーブルを作成するステップを含み、

前記校正テーブルは、その後のアクセスのために前記データ記憶システムの動作中に前記データ記憶システムの不揮発性メモリに記憶され、

前記校正テーブルを作成するステップは、

ある動作温度で前記レーザから光を出力させるのに必要な最小電流量を決定するステップと、

前記動作温度と同じ温度で最適ビット誤り率を生じさせる電流量を決定するステップと、

40

前記光を出力させるのに必要な電流量、および前記最適ビット誤り率を生じさせる電流量を、前記不揮発性メモリに記憶された前記校正テーブルに保存するステップとを含み、

前記方法は、前記レーザから光を出力させるのに必要な最小電流量を決定するステップと、前記最適ビット誤り率を生じさせる電流量を決定するステップと、前記光を出力させるのに必要な電流量および前記最適ビット誤り率を生じさせる電流量を保存するステップとを、許容可能な装置性能が2以上の動作温度で達成されるまで繰り返し実行するステップをさらに含む、方法。

【請求項15】

50

前記 2 以上の動作温度で前記レーザから光を出力させるのに必要なレーザ電流量が取得できない場合に、データを破損するレーザ電流を決定するとともに、前記データを破損させるレーザ電流を前記校正テーブルに保存するステップをさらに含む、請求項 1 4 に記載の方法。

【請求項 1 6】

前記光を出力させるのに必要な電流量を決定するステップは、

前記レーザにレーザ電流を印加するステップと、

前記レーザからのレーザ出力光を光検出器が検出するまで前記レーザに印加される印加レーザ電流を増加させるステップと、

前記光検出器が前記レーザ出力光を検出したときの前記印加レーザ電流を、前記光を出力させるのに必要な電流として取得するステップとを含む、請求項 1 4 または 1 5 に記載の方法。

【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】

【0001】

概要

方法は、レーザを有するデータ記憶システム内に設けられた熱アシスト磁気記録（HAMR：Heat Assisted Magnetic Recording）装置を動作温度に設定するステップを含む。しきい値レーザ電流が決定される。しきい値レーザ電流とは、レーザから光を出力するために必要な最小電流量である。最適レーザ電流が決定される。最適レーザ電流とは、最適ビット誤り率（BER：Bit Error Rate）を生じさせる電流量である。しきい値レーザ電流と最適レーザ電流とはメモリに記憶される。しきい値レーザ電流を決定するステップと、最適レーザ電流を決定するステップと、しきい値レーザ電流および最適レーザ電流を校正テーブルに記憶するステップとは、許容可能な装置性能が 2 以上の動作温度において達成されるまで繰り返し実行される。

【0002】

方法は、レーザを有するデータ記憶システム内に設けられた熱アシスト磁気記録（HAMR）装置を動作温度に設定するステップを含む。最適レーザ電流が決定される。最適レーザ電流とは、最適 BER を生じさせる電流量である。データを破損するレーザ電流が決定される。データを破損するレーザ電流と最適レーザ電流とはメモリに記憶される。最適レーザ電流を決定するステップと、データを破損するレーザ電流を決定するステップと、データを破損するレーザ電流および最適レーザ電流を校正テーブルに記憶するステップとは、許容可能な装置性能が 2 以上の動作温度において達成されるまで繰り返し実行される。

【0003】

製造プロセスの間に、レーザを有する熱アシスト磁気記録（HAMR）装置のための校正テーブルが生成される。校正テーブルは、その後のアクセスのためにデータ記憶システム動作中にデータ記憶システムのメモリに記憶される。校正は、ある動作温度においてレーザから光を出力するために必要な電流量を決定するステップと、同一動作温度において最適 BER を生じさせる電流量を決定するステップと、光を出力するために必要な電流量および最適 BER を生じさせる電流量をメモリに記憶された校正テーブルに保存するステップとを含む。レーザから光を出力するために必要な電流量を決定するステップと、最適 BER を生じさせる電流量を決定するステップと、光出力に必要な電流量および最適 BER を生じさせる電流量を保存するステップとは、許容可能な装置性能が 2 以上の動作温度の組において達成されるまで繰り返し実行される。

【0004】

この概要は概念選択を簡易に紹介するために設けられたものであり、概念選択は以下の詳細な説明においてさらに説明される。この概要は、特許請求の主題の重要な特徴または必須の特徴を特定することを目的とするものではなく、特許請求の主題の範囲を決定する

10

20

30

40

50

際の補助として用いられることを目的とするものでもない。特許請求の主題は、背景技術に記載されたいずれかまたはすべての課題の解決を促進することに限定されるものではない。

【図面の簡単な説明】

【0005】

【図1】ヘッドスタックアセンブリおよび媒体を含むデータ記憶装置の例示的構成要素の概略図である。

【図2】ヘッドジンバルアセンブリ(HGA: Head Gimbal Assembly)の側面の概略図である。

【図3】図2に示されたHGAのスライダのトレーリング端の拡大図である。

10

【図4】ある実施の形態に従う、製造プロセス中に熱アシスト磁気記録装置内のレーザのための校正テーブルを生成する方法を示すブロック図である。

【図5】異なる動作温度における、検出されたレーザ出力パワーに対する印加レーザ電流の関係を説明するための例示的グラフである。

【図6A】ある実施の形態に従う、製造プロセス中に熱アシスト磁気記録装置のしきい値レーザ電流(I_{THR})を決定する方法を示すブロック図である。

【図6B】他の実施の形態に従う、製造プロセス中に熱アシスト磁気記録装置のしきい値レーザ電流(I_{THR})を決定する方法を示すブロック図である。

【図6C】さらに他の実施の形態に従う、製造プロセス中に熱アシスト磁気記録装置のしきい値レーザ電流(I_{THR})を決定する方法を示すブロック図である。

20

【図7】異なる動作温度における、BERに対する動作レーザ電流の関係を示す例示的グラフである。

【図8】ある実施の形態に従う、製造プロセス中に熱アシスト磁気記録装置の最適レーザ電流を決定する方法を示すブロック図である。

【図9】他の実施の形態に従う、製造プロセス中に熱アシスト磁気記録装置内のレーザのための校正テーブルを生成する方法を示すブロック図である。

【図10】BERに対する消去レーザ電流の関係と、どの動作レーザ電流がデータを破損するかを示す例示的グラフである。

【図11】データ記憶システムの製造プロセス中に、熱アシスト磁気記録装置内におけるデータを破損するレーザ電流を決定する方法を示すブロック図である。

30

【発明を実施するための形態】

【0006】

詳細な説明

本開示は、一般的に、熱アシスト磁気記録(HAMR)装置におけるデータの読み出しおよび書き込みに関する。この技術は、熱的アシスト記録(TAR: Thermally-Assisted Recording)、熱的アシスト磁気記録(TAMR: Thermally-Assisted Magnetic Recording)、エネルギーアシスト磁気記録(Energy-Assisted Magnetic Recording)等とも称され、記録中の磁気ディスク上の微小スポットを加熱するためにレーザなどのエネルギー源を用いる。熱アシスト磁気記録装置内のレーザダイオードの出力パワーは温度感受性を有する。さらに、熱アシスト磁気記録装置の読み出し/書き込み性能はレーザ電流入力および浮上高(fly height)に感受性を有する。レーザ誘起されたライタ突出を補償するためにヒータが用いられる。レーザが温度感受性を有するため、ヒータは、一定の浮上高を維持するために異なる温度では異なる態様で用いられるであろう。本開示は、ある温度範囲に亘って最適な動作性能を達成するために、温度変化によるレーザ効率の変化および浮上高の変化を校正するための方法を説明する。校正プロセスにおいては、データ記憶システムの製造プロセス中にテーブルが生成される。この校正テーブルは、正常なシステム動作中には、その後のアクセスのためにメモリに記憶され、熱アシスト磁気記録装置または他の装置が置かれた環境の温度変化を補償するために用いられる。

40

【0007】

図1は、本願明細書に説明される実施の形態にて使用可能な例示的データ記憶システム

50

100の簡易ブロック図である。データ記憶装置100は、メモリ104に記憶されたプログラムを用いてデータ記憶装置100の動作を制御するために用いられる制御回路102を含む。制御回路102は、バッファ106に結合され得る。バッファ106は、読み出し動作および書き込み動作中にユーザデータを一時的に記憶することができ、制御回路102により実行中のアクセス動作の一時的な記憶能力を有してもよい。

【0008】

データ記憶システム100は、記憶媒体または磁気媒体（すなわちディスク）108と、媒体108にデータの読み出しおよび書き込みを行なうことが可能な変換器118（この場合は熱アシスト磁気記憶変換器または変換装置）を支持するサスペンション116とを含む。図1に示された実施の形態においては、記憶媒体108は、回転可能なディスクとして示される。データ記憶システム100は、プリアンプ107をさらに含む。プリアンプ107は、書き込み動作中に変換器118に適用される書き込み信号を生成するとともに、読み出し動作中に変換器118から生じる読み出し信号を増幅する。いくつかの実施の形態では、プリアンプ107は補償回路109をさらに含む。

【0009】

制御回路102は、データ記憶媒体108上への読み出し動作および書き込み動作を実行する。制御回路102による読み出し／書き込み動作は、データ記憶媒体108に直接実行されてもよいし、読み出し／書き込みチャンネル110を介して実行されてもよい。読み出し／書き込みチャンネル110は、書き込み動作中に制御回路102からデータを受け、プリアンプ107を介してデータ記憶媒体108にエンコード後の書き込みデータを送る。読み出し動作中には、読み出し／書き込みチャンネル110は、データ記憶媒体108上に記録されたデータの検出およびデコードを行なうために、プリアンプ107を経由した読み出し信号を処理する。デコード後のデータは制御回路102に供給され、最終的にはインターフェース112を介して外部ホスト114に供給される。

【0010】

外部ホスト114は、データ記憶装置100への指令を発行可能なロジック（たとえばプロセッサ）を含む。図1では外部ホスト114を1つだけ示すが、データ記憶装置100はインターフェース112を介して複数のホスト（マルチホスト）に接続されてもよい。インターフェース112を介して、データ記憶システム100は、外部ホスト114からのデータおよび指令を受け、制御回路102により実行された指令に基づいて外部ホスト114にデータを供給することが可能である。

【0011】

図2は、ジンバル124によりスライダ122を支持するサスペンション116を示すヘッドジンバルアセンブリ（HGA：Head Gimbal Assembly）120の拡大側面図である。スライダ122は、ジンバル124を介してサスペンション116に対して回転可能な変換器118を含む。変換器118は、データの読み出しおよび書き込みを行なうために、スライダ112のトレーリング端に設けられるとともに、媒体108の表面109に近接して保持される。変換器118は、以下で説明する磁気書き込みコイル（図示せず）と、リーダ（図示せず）と、光近接場変換器（NFT：Near Field Transducer）129とを含む。

【0012】

変換器118などの熱アシスト磁気記録変換器は、媒体108などの磁気媒体のデータ面密度を制限する超常磁性効果を乗り越えるために、記録媒体のごく一部を局所的に加熱するためのエネルギー源を用いる。媒体を加熱することで、媒体のある領域の温度が設定温度を上回り、磁気ライタによる磁化が可能になる。媒体は、エネルギー源から回転により離れ次第、すぐに冷却されるので、データの安定的かつ長期的記憶のための書き込みパターンが磁氣的に凍結される。

【0013】

図3は、スライダ112下端の拡大図である。熱アシスト磁気記憶変換器118は、レーザアセンブリ126から熱媒体108への光エネルギーを導き、集中し、変換する光導

10

20

30

40

50

波ガイド 119 などの光学部品を含み得る。レーザアセンブリ 126 はレーザダイオードを含む。レーザダイオードは、電流入力を受け、光導波ガイド 119 を通って媒体 108 上にレーザエネルギーを印加する。熱アシスト磁気記憶媒体のホットスポットは、光の回折限界よりも小さくてはならない可能性がある。そのような小さなスポットを実現するための一手法は、光近接場変換器 (NFT) 129 を用いることである。

【0014】

光近接場変換器 129 の 1 つの副作用は、レーザダイオードからの熱が光近接場変換器 129 を膨張させることである。この膨張は、変換器に隣接する空気軸受面を突出させる。しかしながら、空気軸受面は、浮上高 133 が一定になるように維持されなければならない。したがって、データ記憶システムの正常動作中には、ヒータ出力は、浮上高が一定に維持されるように調整される。また、必要な調整量は、動作温度およびレーザ電流効率に依存する。

10

【0015】

熱アシスト磁気記憶装置における印加レーザエネルギーの制御は動作に不可欠である。媒体 108 に与えられる熱エネルギーが小さ過ぎる場合には、媒体 108 が十分に加熱されず、記録信号の品質が低くなる。上記エネルギーが大き過ぎる場合には、隣接するトラックの記録信号が部分的に消去される可能性がある。また、たとえ熱エネルギーの電流が一定であったとしても上記エネルギーは変化し得る。たとえば、あるレーザ電流のためのレーザエネルギーは、温度によって変化するとともに、レーザダイオードの経年劣化または他の構成部品の経年劣化等の他の効果によって変化する。さらに、構成部品の経年劣化が進むに従って、媒体を同程度に加熱するために必要な印加レーザ電流量も変化し得る。

20

【0016】

ある実施の形態においては、レーザダイオードの入力電流は、プリアンプ 107 (図 1) のレジスタにより制御され得る。プリアンプ 107 は、プログラムされたレジスタ値を印加電流に変換するデジタル/アナログコンバータ (DAC: Digital-to-Analog Converter) を含む。変換器 (図 2 および図 3) から媒体 108 上へのレーザエネルギー出力は変化し得る。たとえレーザダイオードへの電流が精確かつ一定であったとしても、レーザダイオードからのパワーはそうではない可能性がある。たとえば、レーザダイオードの順方向電圧降下は、この関係を変化させ得る。また、プリアンプの印加電流も必ずしも常に精確ではなく変化し得る。これらの変化のすべてに温度が強く影響する。

30

【0017】

レーザダイオード出力には 2 つの重要な特徴が存在し、それらは信頼性の高いドライブ動作を維持するために、データ記憶システムの製造プロセス中に生成される開示の校正テーブルに含まれる。2 つの特徴とは、レーザダイオード出力光を生成するために必要な印加電流の最小値 (すなわちレーザが発振を開始するときの電流) であるレーザしきい値電流 I_{THR} と、最適な読み出し/書き込み動作のために必要な合計レーザ電流 (I_{OPT}) とである。 I_{THR} は、書き込みおよび書き込み前の突出のクリアランスのために重要である。ドライブ内のレーザ電流が I_{THR} よりも高く設定されると突出が生じ、媒体に対して浮上高のクリアランスを一定に維持しなければならない主要因となるためである。書き込み前の間、レーザは、環境温度に依存した I_{THR} よりも高い可能性がある値に「ウォームアップ」される。したがって、ウォームアップ電流は書き込みクリアランスに影響を与えることが可能であり、 I_{THR} に関する情報はヒータを用いて浮上高を調整するためのレーザ突出の適切な補償に必要である。 I_{OPT} は、読み出し/書き込み性能を維持するための合計レーザ電流である。 I_{THR} を上回る I_{OPT} 量は突出を生じさせる電流であるので、 I_{OPT} は書き込みクリアランスに影響し、上述のようにヒータによる補償を必要とする。動作電流 (I_{OP}) は、磁化書き込み電流が媒体内のビットを反転させるための媒体の飽和保持力を低減させるのに必要な電流である。

40

【0018】

レーザ出力の第 3 の特徴は、データを破損するために必要なレーザ電流量 (I_{ERA}) である。印加レーザ電流は、 I_{ERA} と、ヘッドが書き込み中でない場合にデータが消去

50

されないことを保証する適切な安全マージンとの和よりも小さく保たなければならない。レーザを「ウォームアップ」するとともに全電流が印加される書き込み開始時に変動を低減するために、書き込み前に特定値のレーザ電流が印加され得る。この「ウォームアップ」電流もまた I_{ERA} よりも低く維持されなければならない。

【0019】

ドライブ品質に重要な2つのパラメータが存在する。それは、媒体上に書き込まれたトラックのBERと、書き込み動作により隣接トラックに与えられる劣化（隣接トラック干渉すなわちATI: Adjacent Track Interference）とである。レーザパワーの変化は、これらパラメータの両方に影響する。残念ながら、BER測定およびATI測定を適切に行なうためには、書き込みにおける多くの革新が必要である。さらに、これら測定を実験的に行なうことは、隣接トラック上のデータの劣化を引き起こし得る。したがって、BER測定およびATI測定をドライブの通常動作中に頻繁に実施することは現実的ではない。

【0020】

検出可能な2つのパラメータは、温度およびレーザ出力パワーを含む。温度は、たとえばサーミスタ128を用いて周期的に検出することができる。レーザ出力パワーについても、たとえばフォトダイオード127または他の実施の形態においてはボロメータ131などのセンサを用いてリアルタイムに検出することができる。ボロメータとは、光を温度に変換する検出器である。図3に示される実施の形態において、フォトダイオード127は、ある実施の形態ではレーザアセンブリ126の一部であり得る。フォトダイオード127は、各変換器上に製造可能であり、記録ヘッド内のレーザパワーまたはエネルギーを測定するために使用可能である。図3において変換器118内の矢印は、レーザアセンブリ126から光近接場変換器129へと光導波ガイド119を通るレーザエネルギーの経路を示す。図示されるように、レーザアセンブリ126からレーザエネルギーが発せられ、光近接場変換器129からのエネルギーが媒体108の一部分を加熱する。別の実施の形態では、ボロメータ131が光導波ガイド119に結合され、記録ヘッド118におけるレーザ出力パワーを測定し得る。

【0021】

熱アシスト磁気記録ドライブ内のレーザダイオードには、3つの一般的な動作モードが存在する。アイドル状態では、ダイオードは、完全にオフであるか非活性状態（印加電流がない状態）である。データ書き込み時には、ダイオードは、完全にオンであるか、媒体108へデータの記録または消去を行なうために十分な電流が印加されている活性状態である。書き込み準備時には、レーザダイオードは、部分的にオンであるか、媒体108へのデータの記録または消去を行なうには不十分な電流がバイアスされた状態である。

【0022】

図4は、ある実施の形態に従う、製造プロセス中に熱アシスト磁気記録装置118内のレーザのための校正テーブルを生成する方法を示すブロック図240である。ブロック242では、熱アシスト磁気記録装置118は動作温度に設定される。この動作温度は、データ記憶システムが正常動作中に動作するために必要な温度範囲内の任意の環境温度に設定することができる。ブロック244において、しきい値レーザ電流（ I_{THR} ）が決定される。 I_{THR} は、レーザダイオード126が光を出力する、すなわちレーザ発振を開始するときの最小電流である。以下で図6A、図6Bおよび図6Cに示される方法は、しきい値レーザ電流を決定する例示的方法である。

【0023】

図5は、異なる動作温度において、検出されたレーザ出力パワーに対する印加レーザ電流の関係を説明するための例示的グラフである。図示されるように、熱アシスト磁気記録装置118は、しきい値点においてレーザパワーすなわち光の出力を開始する。このしきい値点は、熱アシスト磁気記録装置118の動作温度に応じて異なる。図6Aは、ある実施の形態に従う、製造プロセス中に熱アシスト磁気記録装置118のしきい値レーザ電流（ I_{THR} ）を決定する方法を示すブロック図244aである。図6Bは、他の実施の形

10

20

30

40

50

態に従う、製造プロセス中に熱アシスト磁気記録装置 118 のしきい値レーザ電流 (I_{THR}) を決定する方法を示すブロック図 244b である。図 6C は、さらに他の実施の形態に従う、製造プロセス中に熱アシスト磁気記録装置 118 のしきい値レーザ電流 (I_{THR}) を決定する方法を示すブロック図 244c である。

【0024】

図 6A のブロック 262a において、レーザダイオード 126 にレーザ電流 (I) が印加される。ブロック 264a において、レーザ電流 I が印加された状態でレーザダイオード 126 が光を出力しているか否かが判定される。YES の場合、この方法はブロック 266a に進み、印加レーザ電流 I が校正テーブルにおけるしきい値電流 (I_{THR}) として取得される。NO の場合、この方法は、印加レーザ電流を定数 などのある定数だけ増加させ、レーザダイオード 126 にレーザ電流 I を印加するためにブロック 262a へと戻る。定数 は、たとえば 0.275 mA である。しかしながら、定数 として他の値を用いることも可能であり、プリアンプ 107 に応じて変更することができる。この方法は、レーザダイオード 126 が光を出力するまで印加レーザ電流 I を定数 ずつ増加させ続ける。この光は、たとえばフォトダイオードまたは光検出器 127 により検出することができる。

【0025】

図 6B の別の実施の形態では、ブロック 262b において、レーザダイオード 126 にレーザ電流 I が印加される。ブロック 264b において、デュアルエンド抵抗温度係数 (DETCR: Dual-Ended Temperature Coefficient of Resistance) センサ (図 3 には図示せず) の DC 電圧の傾きが、スライダ 122 の空気軸受面上の温度を上昇させる光近接場変換器 129 出力により変化しているか否かが判定される。YES の場合、この方法はブロック 266b に進み、印加レーザ電流 I がしきい値電流 (I_{THR}) として取得されて保存される。NO の場合、この方法は、定数 などのある定数だけ印加レーザ電流を増加させ、レーザダイオード 126 にレーザ電流 I を印加するためにブロック 262b へと戻る。定数 は、たとえば 0.275 mA である。しかしながら、定数 として他の値を用いることも可能であり、プリアンプ 107 に応じて変更することができる。この方法は、デュアルエンド抵抗温度係数センサ上の DC 電圧の傾きが変化するまで印加レーザ電流 I を定数 ずつ増加させ続ける。

【0026】

図 6C の別の実施の形態では、ブロック 262c において、レーザダイオード 126 にレーザ電流 I が印加される。ブロック 264c において、ボロメータ 131 などのボロメータの抵抗率の変化が生じたか否かが判定される。YES の場合、この方法はブロック 266c に進み、印加レーザ電流 I がしきい値電流 (I_{THR}) として取得されて保存される。NO の場合、この方法は、定数 などのある定数だけ印加レーザ電流を増加させ、レーザダイオード 126 にレーザ電流 I を印加するためにブロック 262c へと戻る。定数 は、たとえば 0.275 mA である。しかしながら、定数 として他の値を用いることも可能であり、プリアンプ 107 に応じて変更することができる。この方法は、ボロメータ 131 の抵抗率の変化が検出されるまで印加レーザ電流 I を定数 ずつ増加させ続ける。

【0027】

図 4 のブロック図 240 を再び参照して、ブロック 244 において I_{THR} が決定された後、この方法はブロック 246 に進み、最適レーザ電流 (I_{OPT}) を決定する。 I_{OPT} とは、最適 BER を生じさせるレーザダイオード 126 に印加される電流量である。図 8 に示される以下の方法は、最適レーザ電流を決定する方法の一例である。

【0028】

図 7 は、異なる動作温度において、BER に対する動作レーザ電流の関係を示すグラフである。グラフに示されるように、各曲線の最小値が、最適 BER が達成される最適レーザ電流を表す。言い換えると、 I_{OPT} を決定するために、印加レーザ電流が増加する際の BER が監視され、BER が最小値に到達したときの印加レーザ電流が校正テーブル内

10

20

30

40

50

の最適レーザ電流 (I_{OPT}) として取得される。さらに言い換えると、 I_{OPT} は、複数の印加レーザ電流に亘って、媒体上のセクタに書き込まれるデータの BER が最小になるような電流である。

【0029】

この決定を行なうための1つの手法を図8に示す。図8は、ある実施の形態に従う、製造プロセス中に熱アシスト磁気記録装置118の最適レーザ電流を決定する方法を示すブロック図246である。ブロック272において、最高BERが0に設定され、最適BERが0に設定され、カウントが0に設定され、動作電流 (I_{OP}) が0に設定される。ブロック273にて I_{OP} が1だけ増加され、この方法はブロック274に進み、新たな I_{OP} が最大動作電流以下であるか否かを判定する。YESの場合、この方法は、ブロック275へと進む。NOの場合、この方法はブロック281へと進み、最大動作電流を上回ったために当該方法を終了させる。ブロック275において、スクイーズBER (すなわち電流BER) が測定される。ブロック276において、電流BERが最高BERと比較される。電流BERが最高BER以下の場合、この方法はブロック277に進み、最高BERが電流BERに等しく設定される。この方法はブロック273に戻り、 I_{OP} が1だけ増加され、BERを測定するステップが再度実行される。電流BERが最高BERよりも高い場合、この方法はブロック278に進み、カウントが1だけ増加され、最適BERが最高BERに等しく設定される。ブロック279においてカウントが4未満の場合、この方法はブロック273に戻り、 I_{OP} が1だけ増加され、BERを測定するステップが再度実行される。しかしながら、ブロック279においてカウントが4よりも大きい場合、この方法はブロック280にて終了し、最適BERにおける I_{OP} が I_{OPT} となる。

【0030】

図4のブロック図240を再び参照して、ブロック246において I_{OPT} が決定された後、この方法はブロック248に進み、動作温度とともに I_{THR} および I_{OPT} の値が校正テーブルに記憶される。この校正テーブルは、データ記憶システム内の不揮発性メモリなどのメモリに保存されている。上記値が記憶された後、この方法はブロック250に進み、許容可能な性能が2以上の動作温度において達成されたかどうかを判定する。許容可能な性能かどうかはBERおよびATIを用いて判定することができる。YESの場合、この方法は終了し、テストされた動作温度以外の動作温度については校正テーブルに記憶される値が補完される。これは曲線回帰または他の補完方法を用いて行なうことができる。NOの場合、この方法はブロック252に進み、熱アシスト磁気記録装置が使用中の動作温度とは異なる動作温度に変更される。許容可能な装置性能が2以上の動作温度において達成されるまでステップ244, 246, 248が繰り返される。

【0031】

図9は、他の実施の形態に従う、製造プロセス中に熱アシスト磁気記録装置118内のレーザのための校正テーブルを生成する方法を示すブロック図340である。この実施の形態では、様々な理由によりしきい値レーザ電流が利用可能でない。たとえば、フォトダイオード127および/またはデュアルエンド抵抗温度係数 (DETCR) センサが動作中でないか、あるいはヘッド118に含まれない場合がある。ブロック342において、熱アシスト磁気記録装置118は動作温度に設定される。この動作温度は、正常動作中にデータ記録システムが動作するために必要な温度範囲内の任意の環境温度とすることができる。ブロック344において、最適レーザ電流 (I_{OPT}) が決定される。 I_{OPT} は、最適BERを生じさせるレーザダイオード126への印加電流量である。図8に示され説明されたこの方法は、最適レーザ電流を決定する例示的方法である。 I_{OPT} の決定後、この方法はブロック346に進み、データを破損または消去するレーザ電流 (I_{ERA}) を決定する。以下で図11に示される方法は、データを破損または消去するレーザ電流を決定する例示的方法である。

【0032】

図10は、BERに対する消去レーザ電流の関係と、どの動作レーザ電流においてデータが破損するかを示す典型的グラフである。図示されるように、熱アシスト磁気記録装置

10

20

30

40

50

118はレーザパワーすなわち光を出力する。そして、ある時点で、データが書き込まれたデータトラックの測定BERが破損しているデータを示す点に到達する。このしきい値となる点は、熱アシスト磁気記録装置118の動作温度に応じて異なる。

【0033】

図11は、データを破損または消去する製造プロセス中の熱アシスト磁気記録装置118内のレーザ電流(I_{ERA})を決定する方法を示すブロック図344である。ブロック362において、ブロック344にて決定された最適レーザ電流 I_{OPT} と、書き込み電流とがレーザダイオード126に印加される。ブロック363において、データがトラックに書き込まれ、BERが測定される。ブロック364において、書き込み電流が0に設定され、動作電流(I_{OPT})が低い値に設定される。ブロック365において、ブロック363にて確立されたBERでデータトラック上にデータが書き込まれる。ブロック366において、データトラック上に書き込まれた新たなデータから新たなBERが測定される。ブロック368において、この方法は、BERの変化、すなわち新たに測定された値と確立された値とのBERの差がしきい値よりも大きいか否かを判定する。たとえば、しきい値は0.15とすることができる。YESの場合、この方法はブロック370に進み、 I_{OP} が I_{ERA} として取得される。NOの場合、 I_{OP} がある定数、たとえば定数だけ増加される。そして、ブロック278において、確立されたBERにてデータをデータトラックに再び書き込み、書き込まれたトラック上の新たなBERを測定するように、 I_{OP} がレーザダイオード126に印加される。定数は、たとえば0.275mAである。しかしながら、定数として他の値を用いることも可能であり、プリアンプ107に応じて変更することができる。ステップ362, 364, 366は、確立されたBERからの新たなBERの変化がしきい値よりも大きくなるまで繰り返し実行される。

【0034】

図9のブロック図340を再び参照して、ブロック348において、設定動作温度とともに I_{OPT} 値および I_{ERA} 値が校正テーブルに記憶される。校正テーブルは、データ記憶システム内の不揮発性メモリなどのメモリに保存される。上記値が記憶された後、この方法はブロック350に進み、許容可能な性能が2以上の動作温度において達成されたかどうかを判定する。許容可能な性能かどうかはBERおよびATIを用いて判定される。YESの場合、この方法は終了する。そして、校正テーブルに記憶された値が、テストされた温度以外の動作温度のために補完される。これは、曲線回帰または他の補完方法を用いて行なうことができる。NOの場合、この方法はブロック352に進み、これまで使用された動作温度とは異なる動作温度に熱アシスト磁気記録装置が変更される。許容可能な装置性能が2以上の動作温度で達成されるまでステップ344, 346, 346が繰り返し実行される。

【0035】

構成的特徴および/または方法的動作に特有の言葉で上記主題を説明したが、添付の特許請求の範囲に定義された主題は、上述の特定の特徴または動作に必ずしも限定されないことが理解されるべきである。むしろ、上述の特別な特徴および動作は、特許請求の範囲を実施するための形態の例示として開示されたものである。

【図 1】

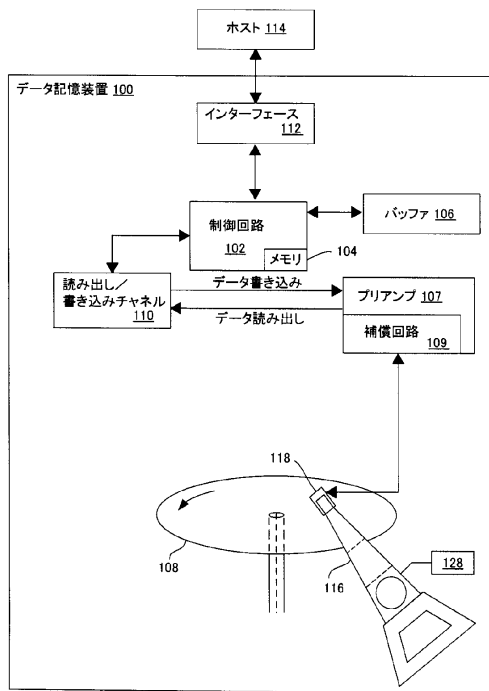


FIG. 1

【図 2】

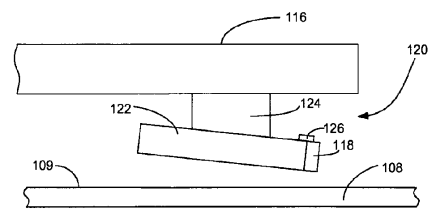


FIG. 2

【図 3】

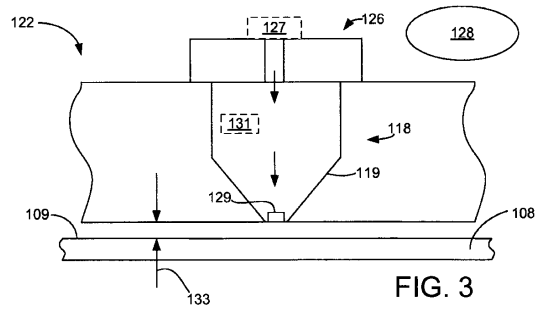


FIG. 3

【図 4】

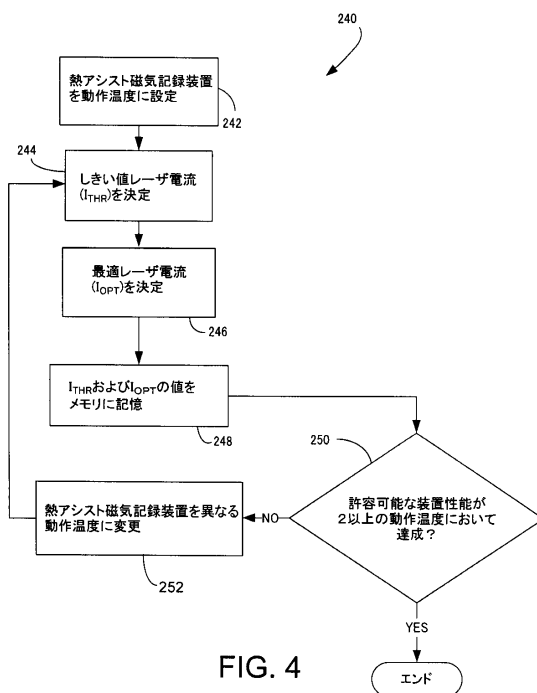


FIG. 4

【図 5】

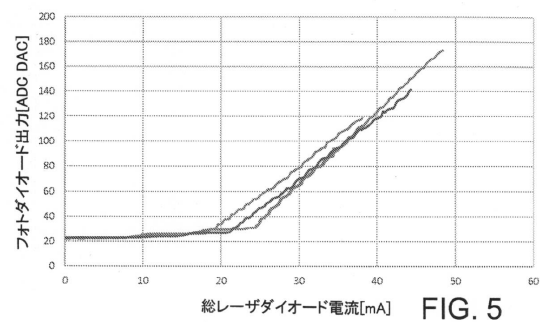


FIG. 5

【図 6 A】

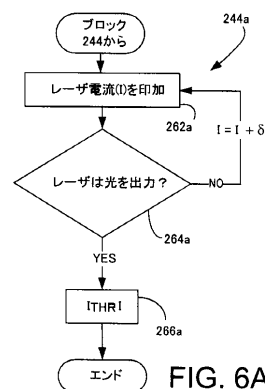
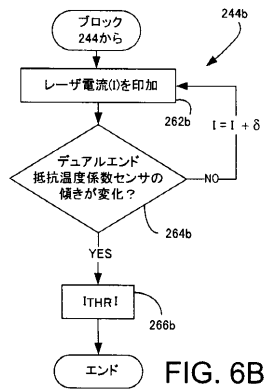
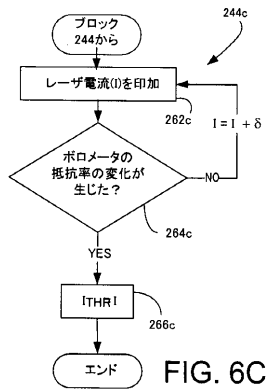


FIG. 6A

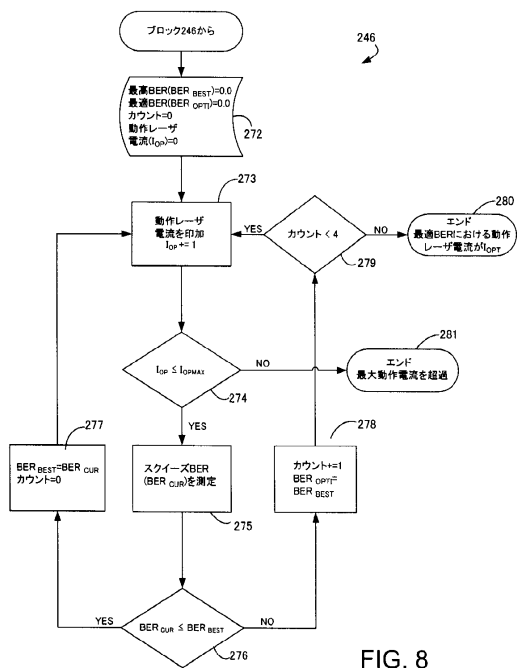
【図 6 B】



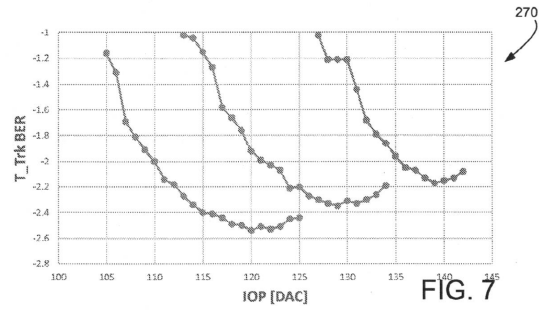
【図 6 C】



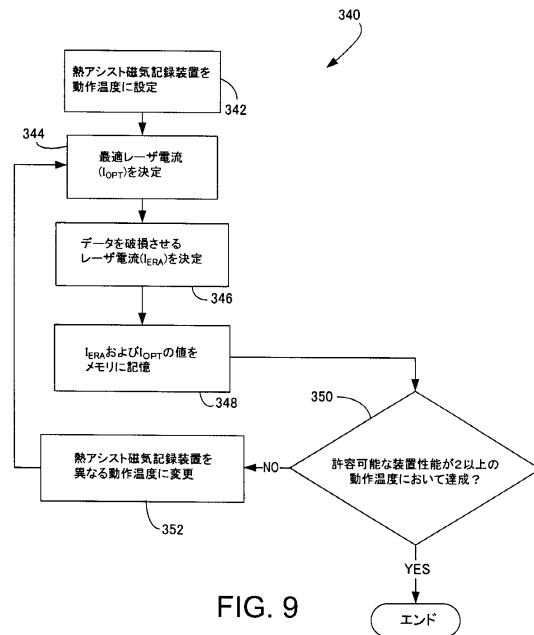
【図 8】



【図 7】



【図 9】



【図 10】

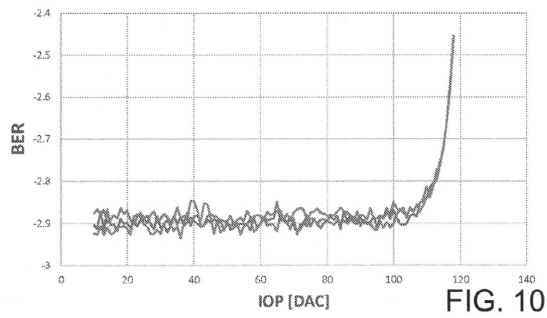


FIG. 10

【図 11】

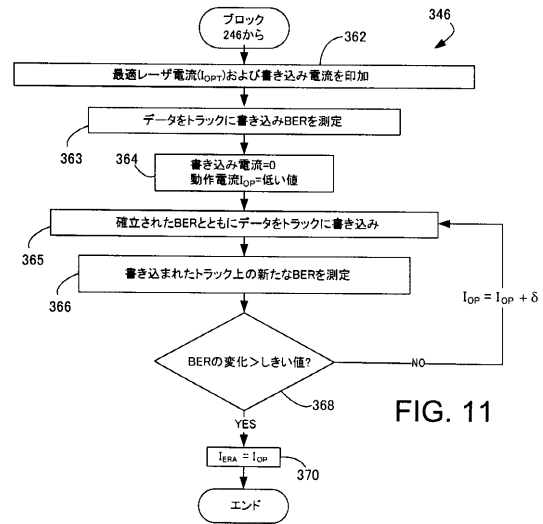


FIG. 11

フロントページの続き

- (72)発明者 アルフレード・エス・チュウ
アメリカ合衆国、 5 5 3 7 2 ミネソタ州、プライヤー・レイク、キャッスルゲート・ウェイ・ノース・ウェスト、 1 4 4 7 2
- (72)発明者 ジェyson・ダブリュ・リダーリング
アメリカ合衆国、 5 5 3 7 2 ミネソタ州、プライヤー・レイク、フェアローン・ショアーズ・トレイル・サウス・イースト、 1 5 1 8 8
- (72)発明者 ドリュー・エム・マードー
アメリカ合衆国、 5 5 4 3 8 ミネソタ州、ブルーミントン、ハンブシャー・アベニュー・サウス、 1 0 6 5 0、アパートメント・ 1 1 6
- (72)発明者 ファチョウ・ルー
アメリカ合衆国、 5 5 3 4 7 ミネソタ州、エデン・プレイリー、マウント・カーブ・ロード、 1 0 7 9 3
- (72)発明者 ルー・ブ・リン
アメリカ合衆国、 5 5 0 6 8 ミネソタ州、ローズマウント、ドラムクリフ・サークル、 4 0 6 9

審査官 中野 和彦

- (56)参考文献 特開 2 0 1 3 - 0 7 7 3 6 7 (J P , A)
米国特許出願公開第 2 0 1 4 / 0 1 1 9 1 6 4 (U S , A 1)
米国特許第 0 8 8 5 4 9 2 9 (U S , B 1)
特開 2 0 0 9 - 0 2 0 9 4 7 (J P , A)
特開 2 0 0 5 - 2 2 2 6 6 9 (J P , A)
特開 2 0 1 1 - 2 5 8 2 5 5 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G 1 1 B 5 / 0 2
G 1 1 B 5 / 3 1