

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4637220号
(P4637220)

(45) 発行日 平成23年2月23日(2011.2.23)

(24) 登録日 平成22年12月3日(2010.12.3)

(51) Int.Cl. F I
G 1 1 B 5/31 (2006.01) G 1 1 B 5/31 A
 G 1 1 B 5/31 Z

請求項の数 6 (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2008-242582 (P2008-242582)	(73) 特許権者	000005049
(22) 出願日	平成20年9月22日 (2008.9.22)		シャープ株式会社
(65) 公開番号	特開2009-205789 (P2009-205789A)		大阪府大阪市阿倍野区長池町2番2号
(43) 公開日	平成21年9月10日 (2009.9.10)	(74) 代理人	110000338
審査請求日	平成21年1月27日 (2009.1.27)		特許業務法人原謙三国際特許事務所
(31) 優先権主張番号	特願2008-19741 (P2008-19741)	(72) 発明者	佐藤 純一
(32) 優先日	平成20年1月30日 (2008.1.30)		大阪府大阪市阿倍野区長池町2番2号
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		シャープ株式会社内
		(72) 発明者	村上 善照
			大阪府大阪市阿倍野区長池町2番2号
			シャープ株式会社内
		(72) 発明者	江藤 秀樹
			大阪府大阪市阿倍野区長池町2番2号
			シャープ株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電磁場発生素子、情報記録再生ヘッド、及び情報記録再生装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

光が導体に照射されることにより前記導体に近接場光を発生させ、かつ、前記導体を通過する電流により磁場を発生させる電磁場発生素子において、

前記導体は、

前記光が照射されることにより前記近接場光を発生し、かつ、前記電流を狭窄して狭窄された電流により前記磁場を発生する狭窄部を有しており、

前記導体に関して、前記近接場光及び前記磁場を作用させる対象物と対向する方向と、前記狭窄部において前記電流が流れる方向との両方に垂直な方向に、軟磁性体を設けており、

前記導体には、前記狭窄部を底部とする溝部が形成されており、

前記溝部における間隙は、前記狭窄部において前記電流が流れる方向における寸法が、前記光の波長よりも短く、

前記軟磁性体は、軟磁性絶縁体であり、

前記対象物に対向する方向と、前記狭窄部において前記電流が流れる方向との両方に垂直な方向における前記軟磁性体の寸法が、10nm以上1000nm以下であり、

前記軟磁性体は、

前記対象物に対向する方向における寸法が、前記狭窄部において前記電流が流れる方向における寸法、および、前記対象物に対向する方向と前記狭窄部において前記電流が流れる方向との両方に垂直な方向における寸法の両方と異なっており、

前記軟磁性体は、

前記対象物に対向する方向における寸法が、前記狭窄部において前記電流が流れる方向における寸法、および、前記対象物に対向する方向と前記狭窄部において前記電流が流れる方向との両方に垂直な方向における寸法の両方よりも長い形状を有しており、

前記軟磁性体の飽和磁化が、0.2 T以上1 T以下であり、

前記軟磁性体は、フェライトを含む半透明膜であり、

前記狭窄部と前記軟磁性体との間隔が、100 nmを超え、かつ200 nm以下であり

前記軟磁性体は、前記対象物に対向する方向と前記狭窄部において前記電流が流れる方向との両方に垂直な方向において、前記狭窄部、前記軟磁性体の下部に設けられる間隙部分、および前記軟磁性体が順次積層されるように、前記間隙に形成されていることを特徴とする電磁場発生素子。

10

【請求項2】

前記狭窄部に対して、前記対象物の移動する方向に前記軟磁性体が設けられていることを特徴とする請求項1に記載の電磁場発生素子。

【請求項3】

前記軟磁性体の位置は、前記対象物の線速度に応じて決定されていることを特徴とする請求項1または2に記載の電磁場発生素子。

【請求項4】

請求項1～3のいずれか1項に記載の電磁場発生素子を備え、

20

前記電磁場発生素子が前記近接場光及び前記磁場を作用させる前記対象物は、磁気記録媒体であり、

前記磁気記録媒体の所望位置に記録された情報を再生するための再生手段をさらに備えることを特徴とする情報記録再生ヘッド。

【請求項5】

前記再生手段は、前記導体を通過する電流を測定する電流測定手段であり、

前記電流測定手段が測定した、前記導体を通過する電流の変化に応じて、前記磁気記録媒体に記録された前記情報の再生が行われることを特徴とする請求項4に記載の情報記録再生ヘッド。

【請求項6】

30

請求項4または5に記載の情報記録再生ヘッドを備えることを特徴とする情報記録再生装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、導体から磁場（磁化）及び近接場光を発生する電磁場発生素子、情報記録再生ヘッド、及び情報記録再生装置に関するものである。特に、本発明は、磁性層に対して、光（熱源）によって加熱された領域に記録再生を行う磁気記録装置に好適に用いられ、光と磁気とを利用して記録を行う電磁場発生素子、情報記録再生ヘッド、及び情報記録再生装置に関するものである。

40

【背景技術】

【0002】

HDD（Hard Disk Drive）に代表される磁気メモリに係る分野においては、更なる高密度化を達成するために、光ビームによる加熱手段を取り入れた記録方法が活発に研究されている。

【0003】

例えば、特許文献1には、高密度磁気記録再生技術の1つとして、略室温に補償温度を有するn形フェリ磁性体からなる記録層が形成された磁気記録媒体及びこれを用いた光ビームによる光アシスト記録再生方式が開示されている。

【0004】

50

前記の方式によれば、記録のときには、磁気記録媒体の局所部を、光照射により加熱する、即ち、光アシストを行う。これにより、前記局所部の保磁力は低下するため、磁気ヘッドによる記録が可能となる。そのため、こうした光アシスト記録再生方式では、磁気ヘッドの発生磁場の強さに比べて高い保磁力を有する磁気記録媒体に対しても記録が可能となる。そして、前記保磁力の高い磁気記録媒体では、熱揺らぎの問題を回避することができるため、超高密度磁気記録が可能となる。なお、ここで「熱揺らぎの問題」とは、例えば室温の熱エネルギーが、磁気記録媒体の磁化方向を乱すことで、前記磁気記録媒体に記録されている情報が消失してしまうといった問題である。

【0005】

さらに、上述した光アシスト記録再生方式の応用例としては、更に小さな磁気ビットを形成し、記録密度の向上を達成するために、光ビームとして近接場光を用いる手法が提案されている。この手法によれば、光アシストによる昇温領域、即ち、前記近接場光のスポット径を、数十nm以下にすることが可能であるため、形成される磁気ビットサイズも数十nm以下にすることができる。その結果、この手法によれば、超高密度記録が可能となる。

【0006】

こうした磁気ヘッドの一例としては、スライダである基板の上に、光源となる半導体レーザー部と、狭窄部を有する導体部と、を形成した電磁場発生素子を備える磁気ヘッド（情報記録再生ヘッド）が開示されている。特許文献2に係る電磁場発生素子は、光源と、電流が狭窄される狭窄部を有した導体が積層された基板とを有し、光源からの光が狭窄部に照射されると、狭窄部に近接場光を発生する。

【0007】

特許文献3には、ギャップを介して1対の構造体（構造体としては、軟磁性体が好適に用いられる）を設け、当該ギャップから近接場光及び磁化を印加する磁気ヘッド（光アシスト磁気記録ヘッド）が開示されている。

【特許文献1】特開平4-176034号公報（1992年6月23日公開）

【特許文献2】特開2004-303299号公報（2004年10月28日公開）

【特許文献3】特開2002-298302号公報（2002年10月11日公開）

【特許文献4】特開2007-128573号公報（2007年5月24日公開）

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

ところで、基板の上に、光源となる半導体レーザー部と、狭窄部を有する導体部と、を形成した電磁場発生素子を備える磁気ヘッドに係る技術の他の一例を、図7(a)・(b)を用いて説明すれば、以下の通りである。

【0009】

図7(a)は、特許文献2に係る電磁場発生素子の変形例としての電磁場発生素子の正面図、即ち、前記変形例としての電磁場発生素子が磁気記録媒体と向き合う面を図示した図である。図7(b)は、同図(a)の、1Z-1Z線における断面を図示する模式図である。

【0010】

図7(a)・(b)に示す電磁場発生素子では、記録のとき、光源である半導体レーザー部11から狭窄部19に向けて光12を照射する。図7(b)に示す間隙20の幅Wは、200nm程度であり、400nm以上である光12の波長に比べて狭小である。そのため、光12は、間隙20に進入することができないが、導体13の表面を、表面プラズモン14として伝導する。導体13における狭窄部19の端部まで伝導した表面プラズモン14は、近接場光15として発光する。そして、電磁場発生素子では、光12の照射と同時に、狭窄部19に電流16を流し、磁場71を発生させる。

【0011】

以上の動作により、前記図7(a)・(b)に示す電磁場発生素子では、近接場光15

10

20

30

40

50

により磁気記録媒体を加熱し、保磁力が低減した部分に、磁場 7 1 を印加する。これにより、前記図 7 (a) ・ (b) に示す電磁場発生素子を備える磁気ヘッドでは、光アシスト磁気記録を可能とする。

【 0 0 1 2 】

なお、図 7 (a) 中、参照符号 1 0 で示されている部材は、基板である。

【 0 0 1 3 】

しかしながら、前記図 7 (a) ・ (b) に示す電磁場発生素子では、光照射の強度、即ち、磁気記録媒体の記録領域の温度を十分に高くする必要があるため、消費電力が高くなるという問題が発生する。

【 0 0 1 4 】

以下では、この問題について説明を行う。

【 0 0 1 5 】

図 7 (a) ・ (b) に示す電磁場発生素子では、自身から発生される磁場の強さが、例えば 17.3 kA/m (0.0218 T に相当) である。そのため、高い保磁力を有する磁気記録媒体に記録を行うためには、前記磁気記録媒体の記録領域の温度を比較的高温まで加熱することで、その保磁力を 17 kA/m 程度にまで低減させる必要がある。さらに、図 7 (a) ・ (b) に示す電磁場発生素子を備えた磁気ヘッドでは、近接場光の照射域と磁場印加域とが概ね一致する。

【 0 0 1 6 】

しかしながら、磁気ヘッドにおいて、高速回転する磁気記録媒体に光を照射した場合には、光照射域と、前記光照射により温度上昇が最大になる磁気記録媒体の位置とが僅かに異なるという現象が発生する。

【 0 0 1 7 】

ここで、光照射域と前記光照射により温度上昇が最大になる位置とが僅かに異なる理由を、図 8 (a) ~ (d) を用いて定性的に説明する。なお、説明の便宜のため、図 8 (a) ~ (c) では、不連続な時系列で移動 (回転) している磁気記録媒体が昇温された場合についての説明を行う。また、図 8 (d) では、連続な時系列で移動 (回転) している磁気記録媒体が昇温された場合についての説明を行う。

【 0 0 1 8 】

図 8 (a) では、磁気記録媒体に照射される照射光 8 1 a と、照射光 8 1 a により前記磁気記録媒体が昇温する範囲 (昇温部) 8 2 a と、を示している。また、図 8 (b) では、同図 (a) に示す状態から、所定の時間が経過した状態において磁気記録媒体に照射される照射光 8 1 b と、照射光 8 1 b により前記磁気記録媒体が昇温する範囲 (昇温部) 8 2 b と、前記昇温部 8 2 a と、を示している。図 8 (b) から分るとおり、前記所定の時間だけ光が照射された磁気記録媒体では、昇温部 8 2 a の他に昇温部 8 2 b を有することになる。ここで、磁気記録媒体の昇温域は、昇温部 8 2 a と昇温部 8 2 b の合計した領域になるため、昇温域の中心位置及び昇温域において温度上昇が最大になる位置は、照射光 8 1 b におけるこれらの位置に対して、磁気記録媒体の移動方向に僅かにずれる。さらに、図 8 (b) からさらなる時間が経過した状態でも同様に、磁気記録媒体は、照射光 8 1 c が照射されることによって、昇温部 8 2 a 、 8 2 b の他に、昇温部 8 2 c をさらに有することになる (図 8 (c) 参照) 。

【 0 0 1 9 】

ここで、連続して昇温された場合の昇温状態を図 8 (d) に示すと、磁気記録媒体では、照射光 8 1 によって昇温された昇温部 8 2 を有することになる。図 8 (d) における点線は、光照射により温度上昇が最大になる位置であり、照射光 8 1 の位置に比べ、磁気記録媒体の移動方向にずれている。

【 0 0 2 0 】

なお、前記ずれの量は、磁気記録媒体の線速度が $10 \sim 30 \text{ m/s}$ の場合、数 $10 \sim 200 \text{ nm}$ 程度になると予想される。また、前記ずれは、磁気記録媒体の回転数に比例して大きくなるため、前記線速度が増加すれば、それに比例して、前記ずれ量も増加すると考

10

20

30

40

50

えられる。

【0021】

そのため、「磁気記録媒体の記録局所部分の温度を上げることにより保磁力を低下させて記録を行う」という、光アシスト磁気記録の原理を考慮すると、本来、磁場印加域は、近接場光の照射域ではなく、近接場光の照射により温度上昇が最大になる位置と一致することが好ましい。

【0022】

本発明は、上記の問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、近接場光による光アシスト磁気記録再生において、消費電力の低減が可能である電磁場発生素子、情報記録再生ヘッド、及び情報記録再生装置を提供することにある。

10

【課題を解決するための手段】

【0023】

本発明に係る電磁場発生素子は、上記の問題を解決するため、光が導体に照射されることにより前記導体に近接場光を発生させ、かつ、前記導体を通過する電流により磁場を発生させる電磁場発生素子において、前記導体に関して、前記近接場光及び前記磁場を作用させる対象物と対向する方向と、前記電流が流れる方向とに垂直な方向に、軟磁性体を設けたことを特徴としている。

【0024】

ところで、軟磁性体は、磁場が印加されることで、
(印加される磁場の強さ) × (軟磁性体の透磁率 μ)
に比例する、強度の非常に高い磁場が発生する。

20

【0025】

そこで、本願発明者らは、電磁場発生素子において、動いている対象物の線速度を考慮した上で、近接場光の照射により温度上昇が最大になる対象物の位置に高い磁場を発生させるような位置に、軟磁性体を設けることを考え、上記の構成を案出した。即ち、本発明に係る電磁場発生素子では、前記軟磁性体を、導体に関して、近接場光及び磁場を作用させる前記対象物と対向する方向と、電流が流れる方向とに垂直な方向に設けた。

【0026】

なお、ここで「導体に関して、対象物と対向する方向」とは、対象物と導体との直線距離が最短となる方向を意味する。また、ここで軟磁性体とは、前記磁場の強さにて磁化反転が可能な程度に保磁力が低い磁性体のことを意味しており、例えば、 63.7 kA/m (0.08 T に相当)以下の保磁力を有する磁性体が用いられている。

30

【0027】

このため、本発明に係る電磁場発生素子では、近接場光による光アシスト磁気記録再生において、好適に使用される。即ち、本発明に係る電磁場発生素子が、光アシスト磁気記録再生を行う情報記録再生ヘッドに設けられる場合は、磁気記録を行うべき磁気記録媒体の線速度に応じて、近接場光の照射により温度上昇が最大になる位置と磁場印加域とを容易に一致させることが可能となる。このため、従来の電磁場発生素子を備える情報記録再生ヘッドのように、低い磁場、及び昇温域と磁場印加域とのずれを補うために、光照射の強度、即ち、磁気記録媒体の記録領域の温度を十分に高くする必要はなくなり、結果として、消費電力の低減が可能となる。

40

【0028】

また、本発明に係る電磁場発生素子は、前記導体は、前記光が照射されることにより前記近接場光を発生し、かつ、前記電流を狭窄して狭窄された電流により前記磁場を発生する狭窄部を有していることを特徴としている。

【0029】

上記の構成によれば、導体の狭窄部では、電流が狭窄されるため、前記導体からは、十分に高い磁場が発生される。これにより、電磁場発生素子では、導体に流される電流の値が小さい場合であっても、前記十分に高い磁場を発生させることが可能となるため、さらなる消費電力の低減が可能となる。

50

【0030】

また、本発明に係る電磁場発生素子は、前記導体には、前記狭窄部を底部とする溝部が形成されており、前記溝部における間隙は、前記電流が流れる方向における寸法が、前記光の波長よりも短いことを特徴としている。

【0031】

上記の構成によれば、狭窄部に光を照射することにより、前記狭窄部において前記近接場光を発光させることができる。

【0032】

また、本発明に係る電磁場発生素子は、前記軟磁性体は、軟磁性絶縁体であることを特徴としている。なお、ここで軟磁性絶縁体とは、導体と比較して電気が通りにくい軟磁性体 10 を意味しており、例えば、0.1 cm以上の抵抗率を有する軟磁性体のことを意味する。

【0033】

上記の構成によれば、軟磁性体は、電気抵抗が高い部材として設けられているため、たとえ前記軟磁性体と導体とが接触している場合であっても、前記軟磁性体に電流は流れない、即ち、電流がショートしない。また、この場合は、本発明に係る電磁場発生素子を、比較的容易な作製方法により作製することができる。

【0034】

また、本発明に係る電磁場発生素子は、前記軟磁性体と前記導体とが離間されていることを特徴としている。なお、ここで「軟磁性体と導体とが離間されている」状態とは、軟磁性体と導体とが例えば10 nm以上離間されており、トンネル電流及び放電等による両者間での電荷移動が、実質的に発生しない状態を意味する。 20

【0035】

上記の構成によれば、軟磁性体が導体である場合でも、前記軟磁性体に電流は流れない、即ち、電流がショートしない。従って、軟磁性体の材料として、金属磁性体を使用することができる。金属磁性体は、透磁率 μ 、飽和磁化等の磁気特性が極めて良好であるため、こうした金属磁性体を軟磁性体として用いることにより、軟磁性体が発生する磁場を容易に向上させることができる。

【0036】

また、本発明に係る電磁場発生素子は、前記軟磁性体の位置は、前記対象物の線速度に応じて決定されていることを特徴としている。 30

【0037】

例えば、電磁場発生素子を備える情報記録再生ヘッドの場合、磁気記録媒体では、照射域と温度上昇が最大になる位置とが、前記磁気記録媒体の回転数（線速度）により10 ~ 200 nm程度ずれる。そのため、軟磁性体と狭窄部との間隔が、即ち、軟磁性体と導体の底部との距離が10 nm以上200 nm以下である場合は、前記磁気記録媒体の回転数（線速度）に合わせて、磁場印加域と近接場光の照射域との距離を最適にすることができる。これらのことを考慮すると、軟磁性体と狭窄部との間隔は、10 nm以上200 nm以下であるのが好ましい。こうして、対象物の線速度に応じて、軟磁性体の位置、即ち、軟磁性体が発生する磁場が最高となる位置が適宜設定されているのが好ましい。 40

【0038】

また、本発明に係る電磁場発生素子は、前記対象物に対向する方向と、前記電流が流れる方向とに垂直な方向における前記軟磁性体の寸法が、10 nm以上1000 nm以下であることを特徴としている。

【0039】

前記対象物に対向する方向と、前記電流が流れる方向とに垂直な方向における前記軟磁性体の寸法、即ち、軟磁性体の厚さが10 nm未満である場合、軟磁性体は保磁力が高くなりすぎ、磁化反転が困難となる。一方、前記軟磁性体の厚さが1000 nmを超える場合、軟磁性体が発生する磁場の領域も約1000 nmとなり、磁場が広がりすぎるため好ましくない。この場合、本発明に係る電磁場発生素子を備える情報記録再生ヘッドでは、 50

磁気記録を行うべき磁気記録媒体に形成される磁気ビットが大きくなってしまいうため、高密度記録には不適となる。これらのことを考慮すると、軟磁性体の厚さは、10～1000nmであるのが好ましい。

【0040】

また、本発明に係る電磁場発生素子は、前記軟磁性体は、前記対象物に対向する方向における寸法と、前記電流が流れる方向における寸法とが異なっていることを特徴としている。

【0041】

即ち、本発明に係る電磁場発生素子は、軟磁性体が前記の関係を有することにより、記録のときに適切に磁場を印加することが可能となる。

10

【0042】

また、本発明に係る電磁場発生素子は、前記軟磁性体は、前記対象物に対向する方向における寸法が、前記電流が流れる方向における寸法よりも長い形状を有していることを特徴としている。

【0043】

即ち、軟磁性体は、前記の関係を有することにより、前記対象物に対向する方向、即ち、電磁場発生素子が情報記録再生ヘッドに備えられる場合における媒体方向が磁化容易方向となる磁気異方性を有することになる。一般的に、磁性体の磁化方向は、磁化容易方向に特に向きやすい。磁場は、環状に発生するため様々な方向を向いているが、軟磁性体が前記の関係を有することにより、軟磁性体の磁化方向は、前記対向する方向に特に向きやすいため、正確、かつ、一様な磁場の印加が可能となる。

20

【0044】

また、本発明に係る電磁場発生素子は、前記軟磁性体は、前記対象物に対向する方向における寸法が、前記電流が流れる方向における寸法よりも短い形状を有していることを特徴としている。

【0045】

即ち、軟磁性体は、前記の関係を有することにより、前記対象物に対向する方向、即ち、電磁場発生素子が情報記録再生ヘッドに備えられる場合における媒体方向が磁化容易方向とならないため、前記方向における残留磁化は、実質的に0となる。そのため、前記方向における磁化反転は容易となり、磁化反転の周波数特性は向上するため、高速記録に適している。

30

【0046】

また、本発明に係る電磁場発生素子は、前記軟磁性体の飽和磁化が、0.2T以上1T以下であることを特徴としている。

【0047】

光アシスト磁気記録においては、光アシストを行った際の磁気記録媒体の保磁力が、通常、約159kA/m(0.2Tに相当)であるため、記録を実行するためには159kA/m以上の磁化の印加が必要である。また、飽和磁化が1Tを超えれば、光アシストの有無に関係なく、軟磁性体の有する磁化のみで記録が実行されてしまう虞があるため、光アシスト磁気記録により、高密度磁気記録を達成するためには、軟磁性体の飽和磁化は、

40

【0048】

また、本発明に係る電磁場発生素子は、前記軟磁性体は、フェライトを含むことを特徴としている。

【0049】

フェライトは、絶縁性を有する軟磁性体であるため、前記軟磁性体がフェライトを含むことにより、前記軟磁性体を、高抵抗かつ高透磁率の磁性体とすることが可能となる。更に、金属であるのが一般的である磁性体内において、フェライトは消衰係数kが小さく、表面プラズモンの伝播の妨げになりにくい。そのため、軟磁性体として、フェライトを用いることにより、非常に良好な磁気特性が得られる。

50

【0050】

また、本発明に係る情報記録再生ヘッドは、前記のいずれかの電磁場発生素子を備えることを特徴としている。具体的に、本発明に係る情報記録再生ヘッドは、前記のいずれかの電磁場発生素子を備え、前記電磁場発生素子が前記近接場光及び前記磁場を作用させる前記対象物は、磁気記録媒体であり、前記磁気記録媒体の所望位置に記録された情報を再生するための再生手段をさらに備えることを特徴としている。

【0051】

特に、本発明に係る情報記録再生ヘッドは、前記再生手段は、前記導体を通過する電流を測定する電流測定手段であり、前記電流測定手段が測定した、前記導体を通過する電流の変化に応じて、前記磁気記録媒体に記録された前記情報の再生が行われるのが好ましい。但し、本発明に係る情報記録再生ヘッドにおける、情報の再生要領はこれに限定されず、例えば、前記再生手段は磁気抵抗効果素子であり、前記電磁場発生素子から発生された磁場を前記磁気抵抗効果素子により変換して得られた電気信号に応じて、前記磁気記録媒体に記録された前記情報の再生が行われてもよい。

10

【0052】

また、本発明に係る情報記録再生装置は、前記のいずれかの情報記録再生ヘッドを備えることを特徴としている。

【0053】

上記の構成によれば、印加磁場が高く、かつ、光照射により温度上昇が最大になる位置と磁場印加域を重ねることができるため、高い効率にて動作する光アシスト磁気記録を行う情報記録再生ヘッド及び情報記録再生装置の実現が可能となる。

20

【発明の効果】

【0054】

本発明に係る電磁場発生素子は、光が導体に照射されることにより前記導体に近接場光を発生させ、かつ、前記導体を通過する電流により磁場を発生させる電磁場発生素子において、前記導体に関して、前記近接場光及び前記磁場を作用させる対象物と対向する方向と、前記電流が流れる方向とに垂直な方向に、軟磁性体を設けた構成である。

【0055】

従って、近接場光による光アシスト磁気記録再生において、消費電力の低減が可能であるという効果を奏する。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0056】

〔実施の形態1〕

まず始めに、本発明に係る電磁場発生素子について、図1～図3に基づいて説明する。

【0057】

図1(a)は、本発明に係る電磁場発生素子の正面図、即ち、後述する本発明に係る情報記録再生ヘッドに備えられる前記電磁場発生素子が磁気記録媒体(対象物)と向き合う面を図示した図である。図1(b)は、同図(a)の、1A-1A線における断面を図示する模式図である。

【0058】

なお、本発明に係る電磁場発生素子の構造を明確に図示するため、図1(a)、及び後述する図3(a)については、磁気記録媒体の図示を省略している。

40

【0059】

また、本願明細書では、単位をSI単位系に統一している。また、本願明細書では、「保磁力」及び「磁場の強さ」の単位をA/m(kA/mを含む)に、「磁場、磁束密度、及び磁化」の単位をT(テスラ)に統一している。

【0060】

また、本願明細書では、導体を流れる電流により発生する磁場の量を「磁場の強さ(A/m)」と称し、この「磁場の強さ」を軟磁性体の透磁率倍した量を「磁化(T)」と称している。

50

【0061】

さらに、前記「磁化」と、前記「磁場の強さ」を真空の透磁率倍した量と、を加算した量は、前記軟磁性体の磁束密度としての「磁場(T)」である。但し、前記「磁場の強さ」を真空の透磁率倍した量は、前記「磁化」と比較して非常に小さいため、前記「磁化」の量と前記「磁場」の量とは、実質的に等しい。そのため、本願明細書では、前記「磁化」を、本発明の電磁場発生素子の発生する「磁場」と称している。

【0062】

図1(a)・(b)に示すとおり、電磁場発生素子1は、半導体レーザ部11と、基板10に積層された導体13と、を備えている。

【0063】

導体13は、基板10に積層された下部導体13aと、前記下部導体13aの一部及び基板10に積層された上部導体13bとからなる。なお、ここでは、導体13が下部導体13aと上部導体13bという2つの部材からなるものとして説明を行っているがこれに限らず、導体13は以下の形状を有する1つの部材として設けられていても当然構わない。そこで、図1(a)及び後述する図3(a)では、便宜的に、下部導体13aと上部導体13bとの境界を、点線により図示している。また、導体13には、下部導体13a及び上部導体13bにより、磁気記録媒体30に対向する方向と、電流16が流れる方向とに垂直な方向に開口し、かつ、前記磁気記録媒体30に対向する方向に伸びる溝部が設けられている。なお、ここで、「磁気記録媒体30に対向する方向」とは、前記磁気記録媒体30と導体13との直線距離が最短となるような方向を意味する。前記溝部を構成している下部導体13aは、狭窄部19となり、導体13に流れる電流16は、この狭窄部19で狭窄される。

【0064】

また、前記溝部には、間隙20が形成されることとなる。間隙20には、例えばSiO₂(酸化シリコン)が充填されている。また、図1(a)に示すとおり、電流16が流れる方向における間隙20の寸法、即ち、間隙20の幅Wは、200nm程度である。

【0065】

なお、導体13は、電気伝導率が高いAu、Pt、Ag、Cu等の金属である。また、基板10の材料としては、Si、Ge等のIV属半導体、GaAs、AlGaAs、GaN、InGaN、InSb、GaSb、AlNに代表されるIII-V属化合物半導体、ZnTe、ZnSe、ZnS、ZnO等のII-VI属化合物半導体、ZnO、Al₂O₃、SiO₂等の酸化物絶縁体、SiN等の窒化物絶縁体、ガラス、プラスチック、等が使用される。

【0066】

ここで、間隙20には、軟磁性体17が設けられている。軟磁性体17としては、例えば、63.7kA/m(0.08T)以下の低い保磁力を有する磁性体を使用される。図1(a)・(b)における軟磁性体17は、電流16が流れる方向における寸法、即ち、軟磁性体17の幅が、図1(a)に示す間隙20の幅Wと等しい。また、図1(a)・(b)における軟磁性体17は、前記磁気記録媒体30に対向する方向における寸法が、図1(b)に示すLである。また、図1(a)・(b)における軟磁性体17は、前記磁気記録媒体30に対向する方向と、電流16が流れる方向とに垂直な方向における寸法、即ち、軟磁性体17の高さ(軟磁性体17の厚さ)が、図1(b)に示すHである。さらに、軟磁性体17と下部導体13aとの間隔は、図1(b)に示すDである。

【0067】

上述したとおり、図1(b)に示す間隙20の幅Wは、200nm程度である。一方、半導体レーザ部11からの光12は、波長が400nm以上であるため、光12は間隙20に進入することができない。しかしながら、このとき光12は、狭窄部19表面、即ち、下部導体13aの上端面に表面プラズモン14を励起させる。励起された表面プラズモン14は、狭窄部19の端部(即ち、図1(b)に示す電磁場発生素子1の左端部)へと伝導し、前記狭窄部19の端部まで伝導されると、近接場光15として発光する。そして

10

20

30

40

50

、電磁場発生素子 1 では、前記光 1 2 の照射と同時に、狭窄部 1 9 に電流 1 6 を流す。電流 1 6 が流されると、狭窄部 1 9 周辺には、図示しない磁場が発生する。

【 0 0 6 8 】

そして、電磁場発生素子 1 では、前記磁場により、軟磁性体 1 7 が磁化される。

【 0 0 6 9 】

ここで、軟磁性体 1 7 は、幅 W、長さ L、及び高さ H が、

長さ L > 幅 W、かつ、長さ L > 高さ H

という関係を有する部材として、間隙 2 0 に設けられている。なお、この理由は、以下のとおりである。

【 0 0 7 0 】

即ち、軟磁性体 1 7 は、前記の関係を有することにより、長さ L の方向、即ち、電磁場発生素子 1 が情報記録再生ヘッドに備えられる場合における磁気記録媒体 3 0 方向が磁化容易方向となる磁気異方性を有することになる。一般的に、磁性体の磁化方向は、磁化容易方向に特に向きやすい。狭窄部 1 9 の底部に発生する磁場 1 8 は、環状に発生するため様々な方向を向いているが、軟磁性体 1 7 が前記の関係を有することにより、軟磁性体 1 7 の磁化方向は、前記磁気記録媒体 3 0 方向を向くことになる。

【 0 0 7 1 】

このことから、軟磁性体 1 7 は、長さ L の方向、即ち、電磁場発生素子 1 が情報記録再生ヘッドに備えられる場合における磁気記録媒体 3 0 方向が磁化容易方向となる磁気異方性を有することになり、これにより、軟磁性体 1 7 は、長さ L の方向に優先的に磁化されることになる。これにより、軟磁性体 1 7 は、

(電流 1 6 が発生させる磁場の強さ) × (軟磁性体 1 7 の透磁率 μ)

に比例する磁場 1 8 を、長さ L の方向に発生する。

【 0 0 7 2 】

なお、詳細については後述するが、磁場 1 8 の印加域は、軟磁性体 1 7 の幅 W 及び高さ H の寸法に応じて変化させることが可能である。さらに、磁化されている間、軟磁性体 1 7 は、常に磁場 1 8 を発生するため、磁場 1 8 の向きを反転するとき電流 1 6 を流す必要こそあるものの、磁場を発生させる毎に狭窄部 1 9 に電流 1 6 を流す必要はない。

【 0 0 7 3 】

但し、記録動作を高速に行う場合は、長さ L を幅 W 以下とすることが好ましい。即ち、軟磁性体 1 7 は、前記の関係を有することにより、長さ L の方向が磁化容易方向とならないため、前記方向における残留磁化は、実質的に 0 となる。そのため、前記方向における磁化反転は容易となり、磁化反転の周波数特性が向上するため、高速記録に適している。

【 0 0 7 4 】

つまり、軟磁性体 1 7 は、長さ L と幅 W とが互いに異なる寸法を有する部材であるのが好ましい。こうした軟磁性体 1 7 が設けられることにより、電磁場発生素子 1、および後述する電磁場発生素子 2 (図 3 (a)、(b) 参照) では、記録のときに適切に磁場を印加することが可能となる。

【 0 0 7 5 】

次に、前記電磁場発生素子 1 の作製方法について説明する。ここでは、従来技術に係る電磁場発生素子との相違点である、狭窄部 1 9 の形成方法及び軟磁性体 1 7 の設置方法について説明を行う。

【 0 0 7 6 】

図 2 (a) に示すとおり、前記電磁場発生素子 1 の作製方法では、始めに、狭窄部 1 9 を構成する下部導体 1 3 a、間隙 2 0 として軟磁性体 1 7 の下部に設けられる下部 SiO₂ 層 2 1、軟磁性体 1 7、及び間隙 2 0 として軟磁性体 1 7 の上部に設けられる上部 SiO₂ 層 2 2 を順次形成した多層膜を基板 1 0 上に形成する。次に、リソグラフィプロセスにより、狭窄部 1 9 の幅 (間隙 2 0 の幅 W の方向) 及び奥行き (軟磁性体 1 7 の長さ L の方向) に相当するパターンを、エッチングもしくはリフトオフにより形成する。次に、前記狭窄部 1 9 の幅及び奥行きに相当するパターンのレジスト層 2 3 を形成する (図 2 (b)

10

20

30

40

50

参照)。次に、エッチングにより、下部 SiO_2 層 21、軟磁性体 17、及び上部 SiO_2 層 22 の一部を除去する(図 2(c)参照)。このとき、前記エッチングは、下部導体 13a に到達するのと同時に、もしくは、下部導体 13a に到達した直後に終了する。次に、上部導体 13b を形成し(図 2(d)参照)、リフトオフによりレジスト層 23 を除去する(図 2(e)参照)。こうして、前記電磁場発生素子 1 の作製方法では、電磁場発生素子 1 を作製する。

【0077】

なお、下部導体 13a 及び上部導体 13b は共に、Au(金)を用いるのが好ましい。Au は消衰係数 k が高いため、プラズモン伝導(プラズモン伝播)に好都合である。また、Au 以外の材料としては、消衰係数 k の高い材料、例えば Ag(銀)、Al(アルミニウム)を使用することができる。

10

【0078】

また、下部 SiO_2 層 21 及び上部 SiO_2 層 22 は、消衰係数 k の低い材料、例えば AlN(窒化アルミニウム)により形成された層に代替可能である。

【0079】

また、上述した電磁場発生素子 1 の作製方法は、容易かつ生産性に優れる作製方法であるが、前記作製方法により電磁場発生素子 1 を作製する場合は、軟磁性体 17 と上部導体 13b とがショートしないように、軟磁性体 17 の材料として、軟磁性絶縁体を用いることが好ましく、さらに好ましくは、マンガン亜鉛フェライト($\text{Mn}_{0.5}\text{Zn}_{0.5}\text{Fe}_2\text{O}_4$)等の、絶縁性の高いフェライトを用いることが好ましい。この詳細については、

20

後述する。

【0080】

また、図 3(a)・(b)に示す電磁場発生素子 2 のとおり、軟磁性体 17 と導体 13 とは、離間されている状態で設けられているのが好ましい。なお、ここで「軟磁性体 17 と導体 13 とが離間されている」状態とは、軟磁性体 17 と導体 13 とが例えば 10nm 以上離間されており、トンネル電流及び放電等による両者間での電荷移動が、実質的に発生しない状態を意味する。図 3(a)・(b)に示す電磁場発生素子 2 では、軟磁性体 17 の幅が、間隙 20 の幅 W よりも小さい幅 W' であり、こうした軟磁性体 17 が設けられることにより、「軟磁性体 17 と導体 13 とが離間されている」状態が実現されている。この場合は、軟磁性体 17 が導体である場合でも、狭窄部 19 を通過する電流がショート

30

【0081】

また、電磁場発生素子 1 を備える情報記録再生ヘッドの場合、前記磁気記録媒体 30 では、光照射域と温度上昇が最大になる位置とが、前記磁気記録媒体 30 の回転数(線速度)により 10~200nm 程度ずれる。そのため、軟磁性体 17 と導体 13 の底部との距離が 10nm 以上 200nm 以下である場合は、前記磁気記録媒体 30 の回転数(線速度)に合わせて、磁場印加域と光照射域との距離を最適にすることができる。このことから、軟磁性体 17 と導体 13 の底部(即ち、狭窄部 19)との距離、即ち、図 1(b)における距離 D は、10nm 以上 200nm 以下であるのが好ましい。つまり、軟磁性体 17 の位置は、前記磁気記録媒体 30 の線速度に応じて決定されているのが好ましい。

40

【0082】

また、磁場を好適に誘導するためには、軟磁性体 17 の厚さ(即ち、図 1(b)における軟磁性体の高さ H)を、10nm 以上 1000nm 以下とするのが好ましい。即ち、軟磁性体 17 の厚さが 10nm 以下である場合、軟磁性体 17 は保磁力が高くなりすぎ、磁

50

化反転が困難となる。一方、軟磁性体 17 の厚さが 1000 nm を超える場合、前記磁気記録媒体 30 に印加される磁場の領域も約 1000 nm となり、磁場が広がりすぎるため好ましくない。この場合、前記電磁場発生素子 1 を備える情報記録再生ヘッドでは、前記磁気記録媒体 30 に形成される磁気ビットが大きくなってしまいうため、高密度記録には不適となる。これらのことを考慮すると、軟磁性体 17 の厚さは、10 ~ 1000 nm であるのが好ましい。

【0083】

また、軟磁性体 17 の飽和磁化は、0.2 T 以上 1 T 以下であるのが好ましい。電磁場発生素子 1 を備える情報記録再生ヘッドの場合、光アシスト磁気記録においては、光アシストを行った際の磁気記録媒体 30 の保磁力が、通常、約 159 kA/m (0.2 T に相当) であるため、記録を実行するためには 159 kA/m、即ち、0.2 T 以上の磁化の印加が必要である。また、飽和磁化が 1 T を超えれば、光アシストの有無に関係なく、軟磁性体 17 の有する磁化のみで記録が実行されてしまう虞があるため、光アシスト磁気記録により、高密度磁気記録を達成するためには、軟磁性体 17 の飽和磁化は、0.2 T 以上 1 T 以下が最適である。

【0084】

〔実施の形態 2〕

ここからは、上述した電磁場発生素子に設けられる軟磁性体の材料として、軟磁性絶縁体であるマンガン亜鉛フェライトを採用した場合の、作製、特性評価結果について、図 4 に基づいて説明する。マンガン亜鉛フェライトは、フェライトの中でも、高い透磁率、高い磁化、及び低い保磁力を有しており、こうした材料は、磁性体コア材料に好適である。

【0085】

なお、ここでは例として、図 1 (a)・(b) に示す電磁場発生素子 1 に設けられる軟磁性体 17 の材料としてマンガン亜鉛フェライトを採用した場合の、作製、特性評価結果について説明する。但し、当然ながら、マンガン亜鉛フェライトは、図 3 (a)・(b) に示す電磁場発生素子 2 に設けられる軟磁性体 17 の材料として採用してもよいことは言うまでもない。

【0086】

軟磁性体 17 としてのマンガン亜鉛フェライト膜は、マンガン亜鉛フェライトを、PLD (Pulsed Laser Deposition: パルスレーザアブレーション) 法により、ガラス基板上に積層して形成した。その後、マンガン亜鉛フェライト膜が積層されたガラス基板を真空中にて 400 °C にまで加熱し、アニール処理を 2 時間施した。

【0087】

こうして形成したマンガン亜鉛フェライト膜の磁気特性を、図 4 のグラフに示す。図 4 のグラフは、試料振動型磁力計 (VSM) により得られた、測定温度を 175 °C とした場合の、マンガン亜鉛フェライト膜の磁気特性を示す磁化曲線 (磁化 M と、外部から加えられる磁場の強さ H と、の関係を示す M-H 曲線) である。図 4 に示す M-H 曲線によれば、マンガン亜鉛フェライト膜の特性としては、比透磁率 $\mu_r =$ 約 10、即ち、透磁率 $\mu =$ 約 1.26×10^{-5} H/m、保磁力 = 約 10.9 kA/m (0.0138 T に相当)、飽和磁化 = 約 0.3 T が得られた。

【0088】

つまり、図 4 のグラフに示す特性を有するマンガン亜鉛フェライト膜は、狭窄部 19 を流れる電流 16 により発生する磁場の強さが 8.75 kA/m 以上である場合に磁化反転される。そして、磁化反転された前記マンガン亜鉛フェライト膜は、約 0.3 T となる磁場 18 を発生する。これは、磁気記録媒体 30 の磁化反転には十分な磁場である。

【0089】

また、前記マンガン亜鉛フェライトは、屈折率 $n = 2.3$ 、消衰係数 $k = 1.0$ の半透明膜である。そのため、たとえ狭窄部 19 と軟磁性体 17 とが接している場合であっても、表面プラズモン 14 の伝導を妨げることはない。

【0090】

10

20

30

40

50

次に、マンガン亜鉛フェライト膜の電気抵抗を測定した。抵抗測定手法に4端子法を採用して、シート抵抗を測定したところ、前記マンガン亜鉛フェライト膜では、約1 cmの抵抗率を得た。このようにマンガン亜鉛フェライト膜の抵抗率は十分に高いため、前記マンガン亜鉛フェライト膜により作製された軟磁性体17は、たとえ上部導体13bに接していたとしても、電流16がショートすることはない。

【0091】

以上のことから、本発明に係る電磁場発生素子に設けられている軟磁性体は、マンガン亜鉛フェライト膜等の軟磁性絶縁体、さらに好ましくは、フェライトを含む軟磁性絶縁体であるのが好ましいということが分かる。

【0092】

〔実施の形態3及び比較例1〕

ここからは、前記電磁場発生素子1において、磁場に関するシミュレーションを行った結果について、図5に基づいて説明を行う。

【0093】

図5(a)は、図1(a)に示す電磁場発生素子1の正面図であって、電流16として100 mAの電流を流したときに発生する磁場の様子を示す図である。なおここでは、電磁場発生素子1において、軟磁性体17の比透磁率 μ_r が10、即ち、透磁率 $\mu = 約 1.26 \times 10^{-5} \text{ H/m}$ であり、かつ、軟磁性体17と下部導体13aとの距離Dが200 nmである、即ち、下部SiO₂層21の厚みが200 nmであるものとして説明を行う。

【0094】

図5(a)によれば、電磁場発生素子1から発生している磁場は、軟磁性体17が設けられている位置において、最も強く発生していることが分かる。つまりこれは、軟磁性体17を使用することにより、磁場の増強が可能になること、及び、磁場の発生位置(換言すれば、磁場が最高となる位置)の制御が可能であることを示している。さらに、図5(a)によれば、軟磁性体17が発生する磁場18の印加域は、軟磁性体17のサイズ、即ち、軟磁性体17の幅W及び軟磁性体17の高さHと概ね等しいことが分かる。

【0095】

一方、図5(b)は、同図(a)において、軟磁性体17の比透磁率 μ_r を1、即ち、透磁率 $\mu = 約 1.26 \times 10^{-6} \text{ H/m}$ とした電磁場発生素子1'における磁場の発生の様子を示す図である。軟磁性体17は、比透磁率 μ_r が1であるため、磁性体としての特性をほとんど有していない。そのため、図5(b)に示す電磁場発生素子1'の特性は、実質的に、図5(a)に示す電磁場発生素子1において軟磁性体17を使用しない場合に概ね等しい。

【0096】

このとき、図5(b)に示す電磁場発生素子1'は、図5(a)における電磁場発生素子1に比べ発生磁場が低く、かつ、電磁場発生素子1'全体において、磁場の分布はなだらかである。なお、図5(b)に示す電磁場発生素子1'において磁場の最も高い部分は、下部導体13aと下部SiO₂層21の境界部分であった。

【0097】

〔実施の形態4及び比較例2〕

ここからは、前記電磁場発生素子1における近接場光15の発生に関して、FDTD(Finite Different Time Domain)シミュレーションを行った結果について、図6に基づいて説明する。

【0098】

入射光である光12の偏光方向は、軟磁性体17の長さLの方向とした。FDTDシミュレーションは、下部SiO₂層21の厚みを200 nm、軟磁性体17の厚さを50 nmとし、軟磁性体17の屈折率 $n = 2.3$ 、軟磁性体17の消衰係数 $k = 1.0$ 、軟磁性体17の比透磁率 μ_r を10として行った。

【0099】

10

20

30

40

50

図6(a)は、電磁場発生素子1の断面図であって、図1(b)に示す電磁場発生素子1と同一の断面を示す図である。また、図6(a)はさらに、近接場光15が発生する様子を図示している。

【0100】

図6(a)によれば、表面プラズモン14が、下部導体13aと下部SiO₂層21との境界を伝導し、かつ、近接場光15は、図6(a)における下部導体13aの左端部にて発生していることが分かる。

【0101】

ここで、電磁場発生素子1では、図5(a)にて示したとおり、軟磁性体17を用いることで、磁場18(図6(a)には図示しない)の発生部を軟磁性体17の位置とすることができる。なお、磁場18の発生部とは、最も磁場の高い磁場18部分を意味する。

10

【0102】

一方、図6(b)は、同図(a)において、軟磁性体17の比透磁率 μ_r を1とした電磁場発生素子1'における近接場光の発生の様子を示す図である。すなわち、図6(b)は、軟磁性体17の比透磁率 μ_r を1としたときのFDTDシミュレーション結果を示している。軟磁性体17は、比透磁率 μ_r が1であるため、磁性体としての特性をほとんど有していない。そのため、図6(b)に示す電磁場発生素子1'の特性は、実質的に、図6(a)に示す電磁場発生素子1において軟磁性体17を使用しない場合に概ね等しい。

【0103】

図6(b)によれば、同図(a)と同様に、表面プラズモン14が、狭窄部19と下部SiO₂層21との境界を伝導し、かつ、近接場光15は、狭窄部19の端部にて発生していることが分かる。つまり、図5(b)に示す結果を勘案すると、軟磁性体17を用いない場合は、近接場光15の発生場所と磁場の発生場所(下部導体13と下部SiO₂層21の境界位置)とが概ね同一となる。

20

【0104】

〔実施の形態5〕

図9は、上記電磁場発生素子1を用いて、磁気記録媒体30(図1(b)参照)の所望位置に記録された情報(以下、「磁気情報」と称する)を再生する様子を示す図である。なお、図9に示す電磁場発生素子1には、検流計(再生手段、電流測定手段)92がさらに備えられている。検流計92は、電磁場発生素子1の導体13を通過する電流を測定するものであり、両端が導体13に接続されている。

30

【0105】

ここからは、電磁場発生素子1を用いて、磁気情報を再生する原理について説明する。

【0106】

電磁場発生素子1を用いた、磁気情報の磁気記録媒体30からの再生動作は、磁気情報の磁気記録媒体30への記録動作の、逆の動作により行われる。

【0107】

即ち、磁気記録媒体30に形成された磁気ビット(図示しない)は、上記再生動作時において、再生すべき該磁気ビットが、軟磁性体17と対向する(即ち、該磁気ビットから導体13までの直線距離が最短となる)。このとき、軟磁性体17は、該磁気ビットから漏洩された磁場により、漏洩された該磁場の方向へと磁化される。ここで、この軟磁性体17の磁化に起因して、軟磁性体17の磁化方向36が変化する場合、導体13には、電磁誘導の法則により、誘導電流(導体を通過する電流)91が流れる。なお、誘導電流91が流れる方向は、軟磁性体17の磁化方向36に応じて決定される。例えば、磁化方向36が磁気記録媒体30に対向する方向(即ち、紙面表裏方向)へと向くと、誘導電流91は、該磁化方向36と垂直な方向、具体的には、紙面と平行な導体13の面において、紙面右回りもしくは紙面左回りに流れる。

40

【0108】

このことから、誘導電流91が流れる方向を測定することで、前記磁気ビットの向きや位置を認識することができる。結果、導体13に誘導電流91が流れる方向の変化に応じ

50

て、電磁場発生素子 1 から、磁気情報を得ることができ、電磁場発生素子 1 を用いた、磁気情報の磁気記録媒体 30 からの再生動作は、実現可能となる。

【0109】

ここで、磁気記録媒体 30 から磁気情報を得て、該磁気情報を再生するためには、導体 13 に流れる誘導電流 91 を測定する必要がある。そして、該測定のためには、図 9 に示すように、導体 13 に検流計 92 の両端を接続し、検流計 92 を用いて、導体 13 に流れる誘導電流 91 を測定すればよい。

【0110】

また、上記再生動作時に、光 12 (図 1 (b) 参照) を照射しながら再生動作を行うことで、記録動作時と同様に、再生すべき上記磁気ビット周辺のみ温度を上昇させることができるため、光アシスト再生方式の実現が可能となる。このような光アシスト再生は、特許文献 1 に記載の技術をはじめとする、例えば磁気記録媒体 30 の記録層の磁性材料として、室温に補償点を有するフェリ磁性体を用いる場合等に、特に有効な再生方式となる。

10

【0111】

なお、図 9 の例では、電磁場発生素子として、図 1 (a) および (b) に示す電磁場発生素子 1 が用いられているが、これに限定されず、図 3 (a) および (b) に示す電磁場発生素子 2 が用いられてもよい。

【0112】

本発明の情報記録再生ヘッドは、本発明に係るいずれかの電磁場発生素子により、光アシストを行いながら磁気情報の記録を行うと共に、再生手段としての検流計 92 をさらに備え、上述した再生原理で磁気情報の再生を行うものである。本発明の情報記録再生ヘッドは、従来の光アシスト情報記録再生ヘッドのように、再生動作のために磁気抵抗効果素子を別途設ける必要が無いため、低コストでの実現が可能となる。また、本発明の情報記録再生ヘッドは、印加磁場を高くすることができ、かつ、光照射により温度上昇が最大になる位置と磁場印加域とを重ねることができるため、高い効率にて動作する光アシスト磁気記録を行う情報記録再生ヘッドの実現が可能となる。

20

【0113】

ここからは、電磁場発生素子 1 を用いて、磁気情報を再生する、上記とは別の原理について説明する。

30

【0114】

図 10 は、上記電磁場発生素子 1 を用いて、磁気情報を再生する別の様子を示す図である。図 11 は、上記電磁場発生素子 1 を用いて、磁気情報を再生するさらに別の様子を示す図である。図 10 および図 11 に示す電磁場発生素子 1 には、磁気抵抗効果素子 (再生手段) 101 がさらに備えられている。磁気抵抗効果素子 101 は、磁場の有無に応じて電気抵抗が変化するものであり、電磁場発生素子 1 から発生された磁場を電気信号に変換するものである。磁気抵抗効果素子 101 は、例えば、周知の GMR (Giant Magnetoresistive Effect: 巨大磁気抵抗効果) 素子により構成される。磁気抵抗効果素子 101 は、電磁場発生素子 1 に接触するように設けられている。具体的に、磁気抵抗効果素子 101 は、図 10 の例では電磁場発生素子 1 の上部に積層されて形成されており、図 11 の例では電磁場発生素子 1 の基板 10 と導体 13 との間に形成されている。図 11 の例の場合は、電磁場発生素子 1 の基板 10 の上部に磁気抵抗効果素子 101 を積層した後、その他の電磁場発生素子 1 を構成する部材 (導体 13 および軟磁性体 17 等) を、例えば図 2 (a) ~ (e) に示す要領で順次積層すればよい。

40

【0115】

電磁場発生素子 1 を、従来の光アシスト情報記録再生装置で使用する場合は、該電磁場発生素子 1 に、磁気抵抗効果素子 101 等の再生素子を設けることにより、再生動作を行うことも可能である。

【0116】

なお、図 10 および図 11 の例では、電磁場発生素子として、図 1 (a) および (b)

50

に示す電磁場発生素子 1 が用いられているが、これに限定されず、図 3 (a) および (b) に示す電磁場発生素子 2 が用いられてもよい。

【 0 1 1 7 】

以上のように、本発明に係る電磁場発生素子は例えば、磁化及び近接場光により記録及び再生を行う情報記録再生ヘッドに好適に用いられるものである。

【 0 1 1 8 】

即ち、図 9 ~ 図 1 1 に示す図面は、本発明に係る情報記録再生ヘッドの概略構成を示す図面であると解釈することができる。

【 0 1 1 9 】

さらに、本発明に係る情報記録再生ヘッドは、磁化及び近接場光により記録及び再生を行う情報記録再生装置に好適に用いられるものであり、上記本発明に係る情報記録再生ヘッドを備えた情報記録再生装置においても、同様の効果が得られる。

10

【 0 1 2 0 】

本発明は、上述した各実施形態に限定されるものではなく、請求項に示した範囲で種々の変更が可能であり、異なる実施形態にそれぞれ開示された技術的手段を適宜組み合わせ得られる実施形態についても本発明の技術的範囲に含まれる。

【産業上の利用可能性】

【 0 1 2 1 】

本発明は、磁化及び近接場光を発生する電磁場発生素子（電磁化発生素子）、情報記録再生ヘッド、及び情報記録再生装置等に好適に利用することができる。

20

【図面の簡単な説明】

【 0 1 2 2 】

【図 1】本発明の実施の形態を示すものであり、図 1 (a) は、本発明に係る電磁場発生素子の正面図であり、図 1 (b) は、同図 (a) の 1 A - 1 A 線における断面図である。

【図 2】図 2 (a) ~ (e) は、前記電磁場発生素子の作製方法を示す図である。

【図 3】本発明の実施の形態を示すものであり、図 3 (a) は、本発明に係る別の電磁場発生素子の正面図であり、図 3 (b) は、同図 (a) の 1 B - 1 B 線における断面図である。

【図 4】マンガン亜鉛フェライト膜の磁気特性測定結果を示すグラフである。

【図 5】図 5 (a) は、前記電磁場発生素子の正面図であって、電流として 1 0 0 m A の電流を流したときに発生する磁場の様子を示す図であり、図 5 (b) は、同図 (a) の電磁場発生素子において軟磁性体の比透磁率 μ_r を 1 とした電磁場発生素子における磁場の発生の様子を示す図である。

30

【図 6】図 6 (a) は、前記電磁場発生素子の正面図であって、前記電磁場発生素子における近接場光の発生に関して、FDTDシミュレーションを行った結果を示す図であり、図 6 (b) は、同図 (a) の電磁場発生素子において軟磁性体の比透磁率 μ_r を 1 とした電磁場発生素子における近接場光の発生の様子を示す図である。

【図 7】図 7 (a) は、特許文献 2 に係る電磁場発生素子の变形例としての電磁場発生素子を示す正面図であり、図 7 (b) は、同図 (a) の 1 Z - 1 Z 線における断面図である。

40

【図 8】図 7 (a)、(b) に係る電磁場発生素子を備える情報記録再生ヘッドにおいて、光照射域と光照射により温度上昇が最大になる位置とが異なる理由を説明する図である。

【図 9】本発明に係る情報記録再生ヘッドの概略構成を示す図であり、上記電磁場発生素子を用いて、磁気記録媒体の所望位置に記録された情報を再生する様子を示す図である。

【図 1 0】本発明に係る別の情報記録再生ヘッドの概略構成を示す図であり、上記電磁場発生素子を用いて、磁気記録媒体の所望位置に記録された情報を再生する別の様子を示す図である。

【図 1 1】本発明に係るさらに別の情報記録再生ヘッドの概略構成を示す図であり、上記電磁場発生素子を用いて、磁気記録媒体の所望位置に記録された情報を再生するさらに別

50

の様子を示す図である。

【符号の説明】

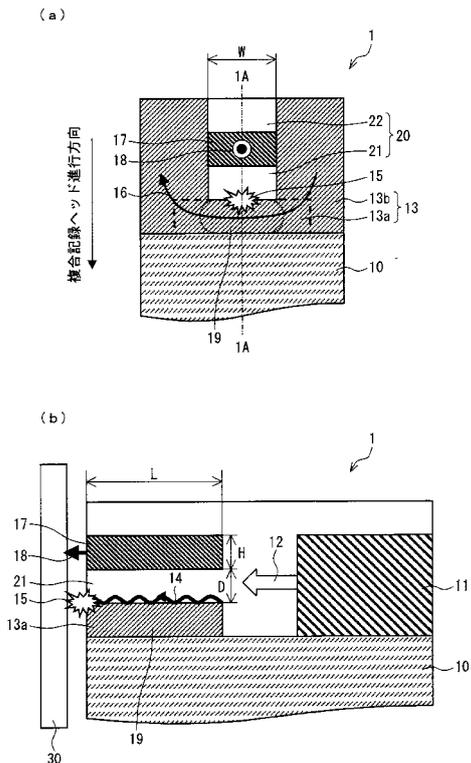
【 0 1 2 3 】

- 1、2 電磁場発生素子
- 11 半導体レーザー部
- 12 光
- 13 導体
- 13a 下部導体
- 13b 上部導体
- 15 近接場光
- 16 電流
- 17 軟磁性体
- 19 狭窄部
- 20 間隙
- 30 磁気記録媒体（対象物）
- 91 誘導電流（導体を通過する電流）
- 92 検流計（再生手段、電流測定手段）
- 101 磁気抵抗効果素子（再生手段）
- 213 情報記録再生ヘッド
- 220 情報記録媒体（対象物）
- 221 情報記録再生装置

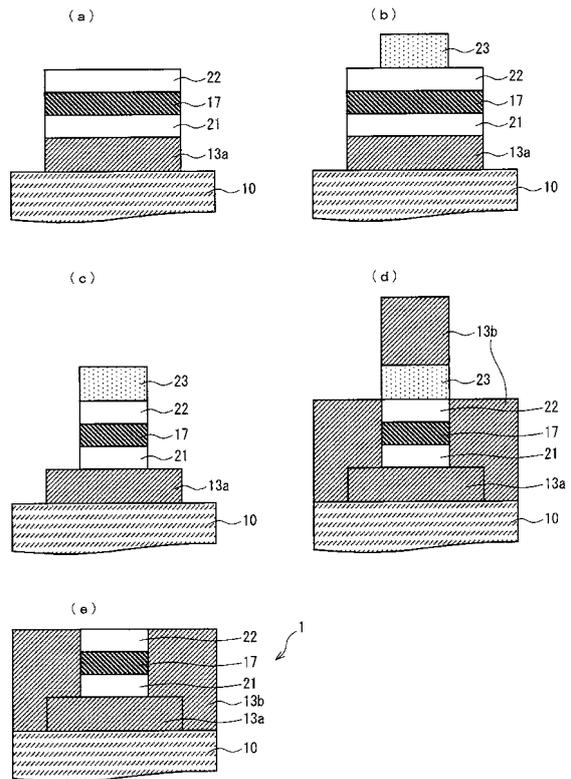
10

20

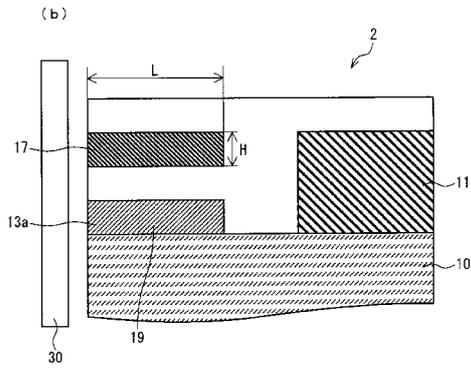
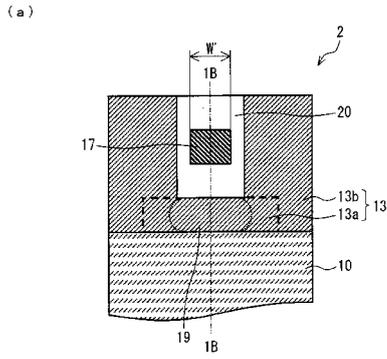
【図1】



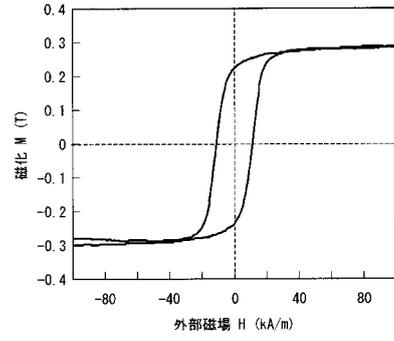
【図2】



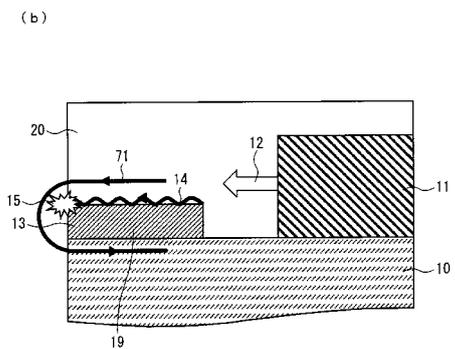
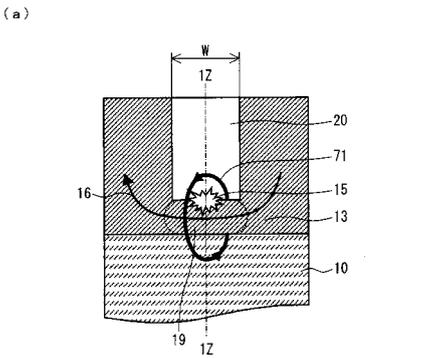
【図3】



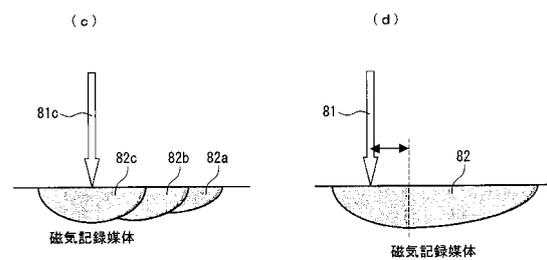
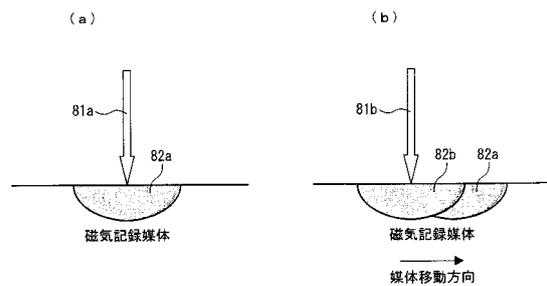
【図4】



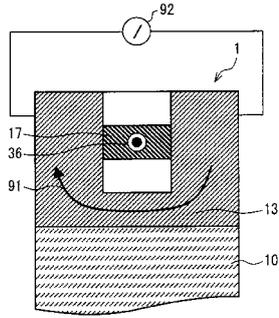
【図7】



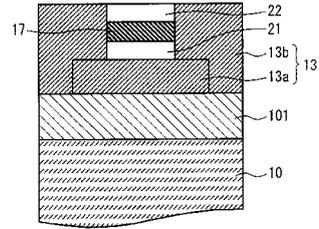
【図8】



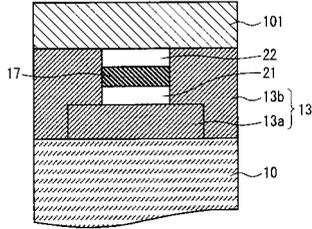
【図 9】



【図 11】

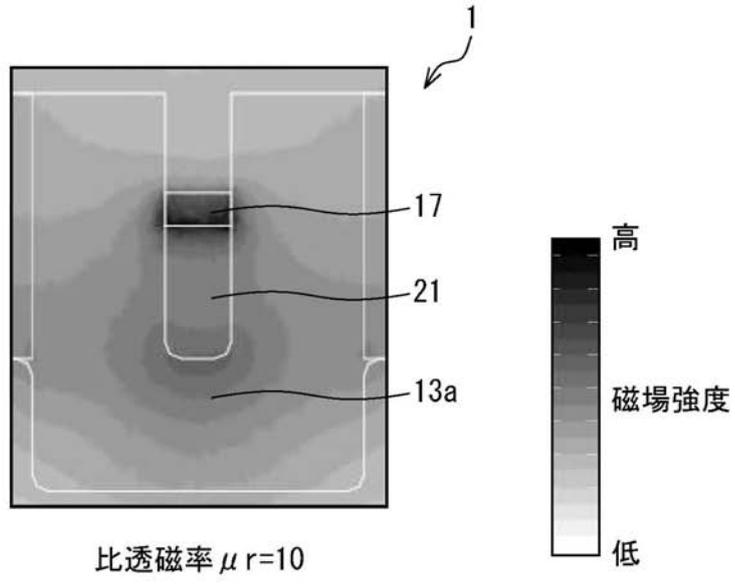


【図 10】

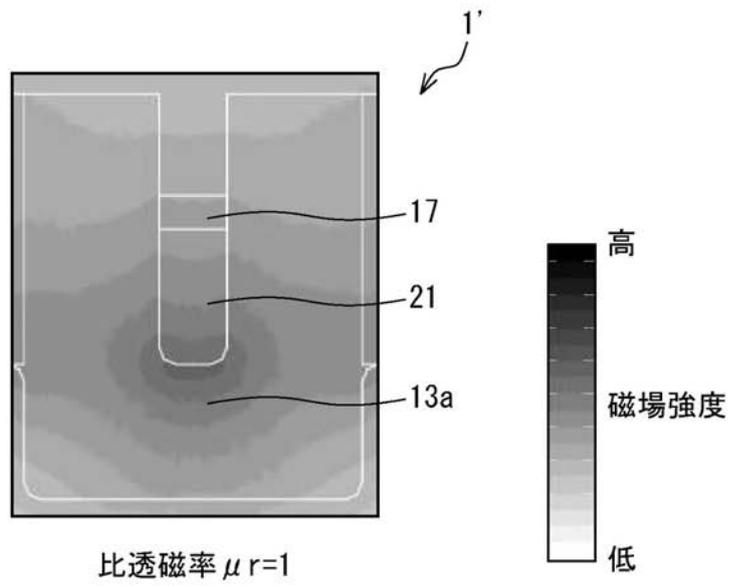


【図5】

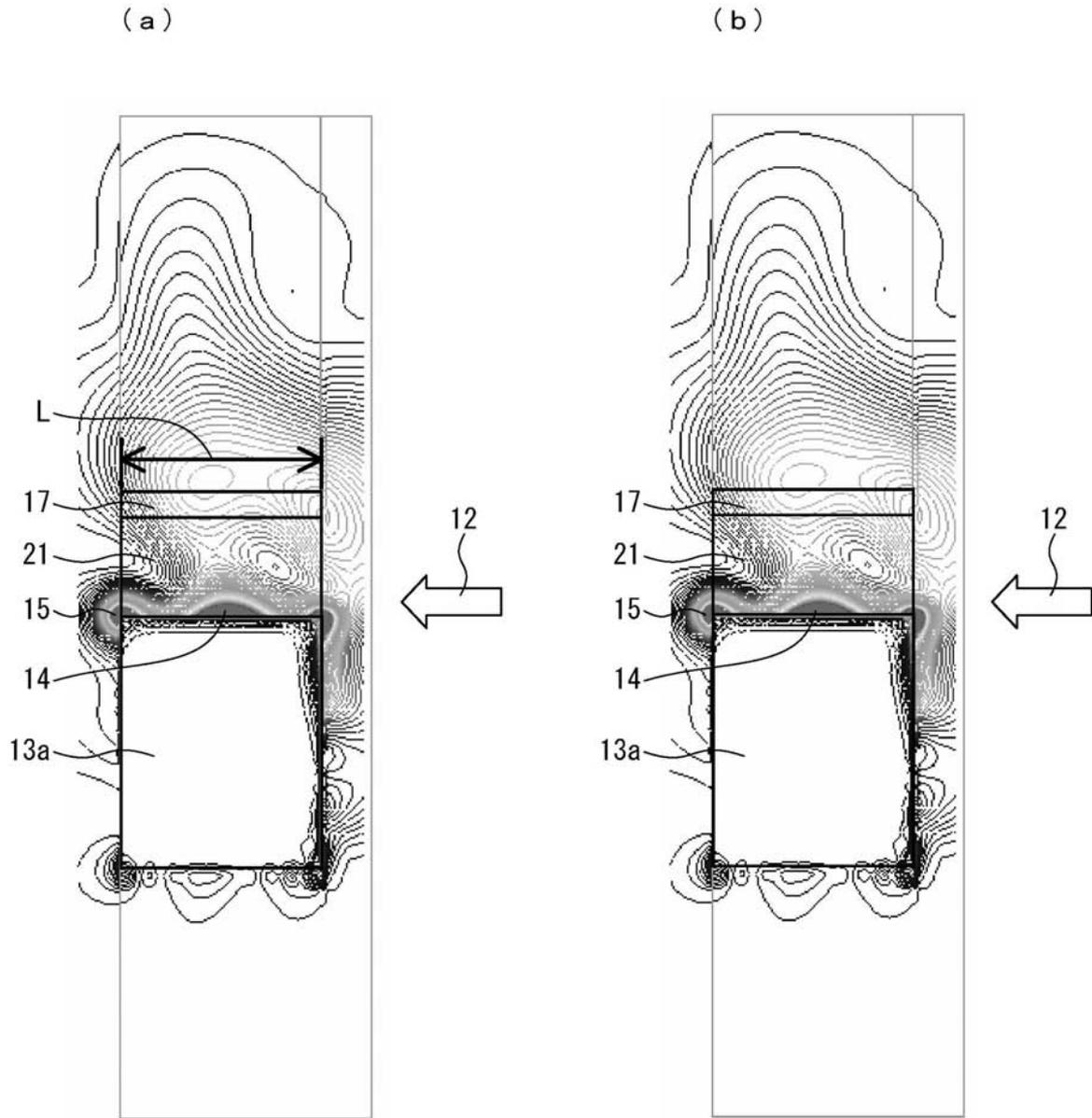
(a)



(b)



【図6】



フロントページの続き

審査官 斎藤 真

- (56)参考文献 特開2006-114099(JP,A)
特開平02-210609(JP,A)
特開2001-291212(JP,A)
特開2007-305184(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G11B 5/00 - 5/024
G11B 5/31
G11B 7/12 - 7/22