

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4889152号
(P4889152)

(45) 発行日 平成24年3月7日(2012.3.7)

(24) 登録日 平成23年12月22日(2011.12.22)

(51) Int.Cl.	F 1
HO 1 F 41/14 (2006.01)	HO 1 F 41/14
HO 1 J 37/317 (2006.01)	HO 1 J 37/317 E
G 11 B 5/84 (2006.01)	G 11 B 5/84 Z
HO 1 J 37/20 (2006.01)	HO 1 J 37/20 F

請求項の数 16 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2000-569422 (P2000-569422)
(86) (22) 出願日	平成11年9月7日(1999.9.7)
(65) 公表番号	特表2002-524828 (P2002-524828A)
(43) 公表日	平成14年8月6日(2002.8.6)
(86) 国際出願番号	PCT/US1999/020470
(87) 国際公開番号	W02000/014768
(87) 国際公開日	平成12年3月16日(2000.3.16)
審査請求日	平成18年9月6日(2006.9.6)
(31) 優先権主張番号	09/150,274
(32) 優先日	平成10年9月9日(1998.9.9)
(33) 優先権主張国	米国(US)

(73) 特許権者	507414535 ビーコ・インスツルメンツ・インコーポレーテッド アメリカ合衆国・ニューヨーク・11803・プレーン・ビュー・ターミナル・ドライヴ・1
(74) 代理人	100104411 弁理士 矢口 太郎
(74) 代理人	100158621 弁理士 佐々木 義行
(74) 代理人	100133503 弁理士 関口 一哉

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】電磁界発生器および操作方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板上における磁性材料の堆積を制御するためのデバイスであって、中央開口部を有し、相互に間隔を保って配置された2つの略平坦なオープンフレーム電磁アセンブリと、

前記オープンフレーム磁気アセンブリに巻かれ、第1の方向に第1の磁界を生成するために間隔を保って配置された第1対の電磁部材と、

前記オープンフレーム磁気アセンブリに巻かれ、第2の方向に第2の磁界を生成するために間隔を保って配置された第2対の電磁部材と、

前記第1対の電磁部材に供給される電流を前記第2対の電磁部材とは独立に制御し、前記第1及び第2の磁界から選択可能に配向された磁界を生成するためのコントローラと、10
を有することを特徴とするデバイス。

【請求項 2】

前記基板のまわりの磁界均一性を強化するように前記第1アセンブリに磁気的に組み合わされた第2オープンフレーム電磁アセンブリを更に有することを特徴とする請求項1に記載のデバイス。

【請求項 3】

前記2つのオープンフレーム電磁アセンブリは2対の直交電気巻線が一緒に巻き付けられていることを特徴とする請求項1に記載のデバイス。

【請求項 4】

各対がそれぞれ直交する電気巻線で構成される 2 対の電気巻線が前記 2 つのオープンフレーム電磁アセンブリの各々に巻き付けられていることを特徴とする請求項 1 に記載のデバイス。

【請求項 5】

ターゲットから基板上への磁性材料の堆積を制御する方法であって、この方法は、

中央開口部を有する略平坦なオープンフレーム電磁アセンブリであって、前記オープンフレーム電磁アセンブリの隅の上方に磁界整形磁極片を有するオープンフレーム電磁アセンブリと、電流を印加されたときに第 1 の方向に第 1 の磁界を生成するために間隔を保つて配置され、前記オープンフレーム磁気アセンブリの回りに巻かれた第 1 対の磁気部材と、電流を印加されたときに第 2 の方向に第 2 の磁界を生成するために間隔を保つて配置され、前記オープンフレーム磁気アセンブリの回りに巻かれた第 2 対の磁気部材と、前記第 1 対及び第 2 対の磁気部材に接続された可変電流源であって、半波整流された交流、直流電流バイアスされた交流、及び直流からなるグループから選択された可変電流源と、前記第 1 対の磁気部材に供給される電流を前記第 2 対の磁気部材とは独立に制御し、前記第 1 及び第 2 の磁界から選択可能に配向された磁界を生成するためのコントローラと、を有する電磁界発生器内にサンプルを置くステップと、

前記電磁界発生器を用いて前記サンプルのまわりに磁界パターンを作成するステップと、

前記サンプル上に前記磁界の影響を受ける材料を堆積させるように供給源を操作するステップと、

を有し、

前記電磁界発生器は、相互に間隔を保つて配置された複数のオープンフレーム電磁アセンブリを有する

ことを特徴とする方法。

【請求項 6】

イオンビーム堆積システムにおいて電磁界発生器を使用する方法であって、

前記電磁界発生器を用いてウェーハのまわりに選択的に可変である磁界パターンを生成するステップであって、前記電磁界発生器が電磁材料のまわりに 4 個の電気コイルを巻きつけることによって形成され角が切り欠かれた矩形磁気フレームと、前記ウェーハの下に位置する中央開口部を備えた実質的にプレート型をした磁気アセンブリを有し、前記プレート型磁気アセンブリが前記中央開口部にかかるか又はここを通過することのない 4 個の電気巻線を有し、電流がコイル巻線へ選択的に供給されるときに磁気フレーム電気コイル及びプレート型磁気アセンブリコイル巻線の配向が可変磁界パターンを選択的に生成するステップと、

イオン供給源を用いて標的から磁性材料をウェーハ上にスパッタリングするステップであって、前記材料スパッタリングが選択的に可変である磁界パターンにより影響されるステップと、

を備えることを特徴とする方法。

【請求項 7】

磁性材料のイオンビーム堆積を制御する方法であって、

電磁界発生器内にウェーハを置くステップと、

前記電磁界発生器を用いて前記ウェーハのまわりに選択的に可変である磁界パターンを生成するステップであって、前記電磁界発生器が電磁材料のまわりに 4 個の電気コイルを巻きつけることによって形成され角が切り欠かれた矩形の磁気フレームと、前記ウェーハの下に位置する中央開口部を備えた実質的にプレート型をした磁気アセンブリを有し、前記プレート型磁気アセンブリが前記中央開口部にかかるか又はここを通過することのない 4 個の電気巻線を有し、電流がコイル巻線へ選択的に供給されるときに磁気フレーム電気コイル及びプレート型磁気アセンブリコイル巻線の配向が 2 つの実質的に直交する磁界配向を選択的に生成するステップと、

10

20

30

40

50

材料を標的から前記ウェーハ上にスパッタリングするようにイオン供給源を操作するステップであって、前記ウェーハおよび前記のスパッタリングする材料が前記磁界により影響されるステップと、

を備えることを特徴とする方法。

【請求項 8】

前記磁界パターンの強さと方向は、前記中央開口部の付近の領域で略均一であることを特徴とする請求項1に記載のデバイス。

【請求項 9】

第1の前記オープンフレーム電磁アセンブリの中央開口部は、第2の前記オープンフレーム電磁アセンブリの中央開口部よりも小さいことを特徴とする請求項1に記載のデバイス。10

【請求項 10】

第1及び第2の一対の電磁部材に接続された少なくとも1つの電流源をさらに具備し、該電流源は、交流、半波整流された交流、直流電流バイアスされた交流、直流、パルス化された直流、正及び負のパルス化された直流、正のパルス化された直流、直流バイアスされたパルス化された直流からなるグループから選択された電流源であることを特徴とする請求項1に記載のデバイス。

【請求項 11】

前記少なくとも1つの電流源は、前記第1の対の電磁部材に接続された第1の電流源と、前記第2の対の電磁部材に接続された第2の電流源とを含み、前記第1及び第2の電流源は、独立に制御されることを特徴とする請求項10に記載のデバイス。20

【請求項 12】

前記第1電流が正弦波であって、 $A * \sin(\omega * t)$ によって記述され、前記第2電流が正弦波であって、 $A * \cos(\omega * t)$ によって記述され、ここにAは電流の大きさであり、オメガは角速度であり、tは時間であり、前記第1と第2の電流の組合せが角速度オメガの回転磁界を生成することを特徴とする請求項11に記載のデバイス。

【請求項 13】

前記基板あるいはターゲット上に間欠的にイオンビーム電流を生成するためのイオンビーム発生器と共に使用され、前記コントローラは、前記イオンビーム電流と所定の位相関係を持って前記可変電流源にパルス電流を発生させることを特徴とする請求項10に記載のデバイス。30

【請求項 14】

第1及び第2の磁界の双方は、前記イオンビーム電流から約90°位相がずれていることを特徴とする請求項13に記載のデバイス。

【請求項 15】

第1及び第2の磁界は、約10Hz未満の周波数でパルス化されていることを特徴とする請求項13に記載のデバイス。

【請求項 16】

ウェーハのまわりに選択的に可変である磁界パターンを生成するための電磁界発生器であって、40

角が切り欠かれた矩形磁気フレームと、

前記矩形磁気フレームの周りに巻かれた第1の電気コイルと、

前記矩形磁気フレームに対向して配置された実質的にプレート型をした磁気アセンブリであって、ウェーハの下に位置する中央開口部を備えたものである、前記実質的にプレート型をした磁気アセンブリと、

前記実質的にプレート型をした磁気アセンブリに巻かれた第二の電気コイルと、

前記第一及び第二の電気コイルに接続した少なくとも一つの可変電流源と

を有し、

前記実質的にプレート型をした磁気アセンブリは前記中央開口部の周囲に巻線のない領50

域を有し、前記第一及び第二の電気コイルは、前記少なくとも一つの可変電流源が前記第一及び第二の電気コイルに選択的に電流を流した際に、実質的に直行する2つの電界配向による選択的に可変である磁界パターンをウェーハ周囲に生成するように配置されるものである。

電磁界発生器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

(発明の分野)

本発明は磁性材料の堆積に関する。更に詳細には、本発明は、磁性材料の堆積を改良するための電磁界発生器および操作方法に関する。

10

【0002】

(発明の背景)

堆積方式（例えば、イオンビーム、物理的蒸気、および、蒸着）は、多くの異なるタイプの基質上に多種多様な材料の高品質薄膜を堆積することが可能である。例えば、薄膜磁気ヘッドに用いられる磁気抵抗性（MR）および巨大磁気抵抗性（GMR）薄膜の堆積のような強磁性薄膜への適用では、通常、外部磁界の印加により磁気モーメントを特定方向に向けることを必要とする。必要とされる磁界強度は通常20 - 100ガウスである。

【0003】

しかしながら、磁界とプラズマの間の相互作用の故に、プラズマデポジション（蒸着）方式に対しては、DC磁界は面倒であることが発見されている。この種の相互作用は、例えば、プラズマの均一性が低下する結果として、堆積された磁気薄膜の厚さの均一性を低下させる。10 - 15ガウス程度の低レベルであってさえも、磁界とイオンビームとの相互作用に起因して、堆積チャンバ内における磁界がイオンビーム堆積処理に悪影響を及ぼすことも、我々は発見している。イオンビームデポジションに際して、磁界妨害は、薄膜汚染を引き起こすイオンビームを広げる作用、又は、変位させる作用の原因となる。更に、通常、基質上に蓄積されたあらゆる電荷を中和するように作用するイオンビームチャンバ内の電子は磁界によって極く容易にトラップされ得る。この種のトラップ作用は、基質上の露出されたあらゆる絶縁表面、又は、例えば磁気抵抗センサなどの、基質ウェーハに埋め込まれたあらゆる静電放電感応デバイス構造の中和作用のロスを引き起こす。イオン支援堆積処理が用いられる場合には支援イオンビームが基質を直撃するので、前述のトラップ作用の影響は特に重要である。

20

【0004】

磁界発生源を妨害することなしに、または、サンプル上またはチャンバ内に電荷を蓄積させることなしに支援磁界が存在する堆積システムにおける磁性材料堆積方法が必要とされる。

30

【0005】

(発明の概要)

本発明に従って、磁性材料堆積のための電磁界発生器および操作方法について記述する。電磁界発生器は、基質上に第1の方向の磁界を生じさせるために間隔を保持して配置された第1対（ペア）の磁気部材および基質上に第2の方向の磁界を生じさせるために間隔を保持して配置された第2対の磁気部材を備えたオープンフレーム電磁アセンブリを有する。電磁界発生器は、第1アセンブリと間隔を保って配置され、基質上の磁界均一性を強化するために第1アセンブリに磁気的に組み合わされた第2電磁アセンブリを有することが好ましい。本方法が含むステップを次に示す。即ち、少なくとも2つの選択可能な磁界配向を持つ電磁界発生器内にサンプルを置くステップと、電磁界発生器によって影響されるサンプル上に材料を堆積するための例えばイオン源またはプラズマ源などの供給源を操作するステップと、電磁界発生器を用いて磁性材料の堆積を制御するためにサンプルの周りに磁界パターンを生成するステップである。

40

【0006】

電磁界発生器に供給される異なる電流信号により、結果として異なる磁界を発生すること

50

で、堆積した材料を制御する様々な方法についても記述する。電流には、交流電流、パルス化された正／負直流電流、指数的に減衰する交流電流、半波整流された交流電流、パルス化された正の直流、正の直流バイアス、正の直流電流バイアスを持つパルス化された直流、時間的に整相された磁界およびイオン発生器操作電流が含まれる。

【0007】

一目的は、オープンフレーム／ベースプレートを組合わせた電磁界発生器が一辺6インチの正方形または直径8インチの円形全体に亘る許容角度が0.5度である測定された磁界方向性を供給することにある。これは、最小限度の方向性誤差をもつ配向された磁気薄膜の堆積を可能にする。

【0008】

更に別の一目的は、異なる方向に配向された磁気薄膜の交互配置された層の堆積を可能にする任意のあらゆる方向に磁界を方向付けする能力を提供することにある。

【0009】

更に他の一目的は、堆積された薄膜を消磁するために、磁界の配向を回転するように連続的に変更する能力を提供することにある。

【0010】

更に別の一目的は、サンプル全体に亘って磁界均一性が+/-5%の均一な磁界領域を提供することにある。

【0011】

更に他の一目的は、オープンフレーム最上部プレートの隅を切り欠くことによって重量を軽減することにある。隅を切り欠くことにより、磁界発生器を収容するために、チャンバ内に必要とされるスペースの対角部の寸法も減少する。オープンフレーム設計は、電磁界発生器が能動堆積部位を包囲し、それによって、能動堆積部位を邪魔しない状態に保持することも可能にする。従って、電磁界発生器はスペッタリングされた材料が蓄積することから保護される。これは、磁界発生器をピーク稼働状態に維持するために必要な保守整備レベルを低くする。

【0012】

本発明全体がここに要約されることを意図するものでなく、本発明の特徴、態様、及び、利点は以下の記述および図面に記載されていて、これらから明白である。

【0013】

【発明の実施の形態】

本発明は様々な代替実施形態を用いて、装置について記述し、また、材料堆積を制御する操作方法について記述する。

【0014】

(装置)

基質(基板)、ウェーハ、及び、サンプル(標本)という用語は、本明細書を通じて互換可能に用いられるものとする。オープンフレーム部材(メンバ)という用語は記述的であって、本明細書及び特許請求の範囲内においては更に大きい開口部位を有する部材を表すことを意図するものである。従って、オープンフレーム部材は実質的に中実(中空でない)な部材と対照され、実質的に中実である部材はオープンフレーム部材よりも小さい開口部位を持つものと理解される。「実質的」または「実質的に」という用語も本明細書および特許請求の範囲において用いられ、特定の定量的定義を一切用いることなしに幾らかの改変を許容することを意図するものである。

【0015】

先ず図1では、本発明に係る電磁界発生器の第1実施形態が図示される。詳細に記述すれば、本発生器は、基板115上に第1方向の磁界を生成するために間隔を保って配置された第1の対(ペア)の磁気部材120と、基板上に第2方向の磁界を生成するために間隔を保って配置された第2の対(ペア)の磁気部材130を備えたオープンフレーム部材110を有する。第1磁界と第2磁界が直交するように磁気部材120は磁気部材130に垂直に配置されることが好ましい。オープンフレーム110は、例えば、様々な軟鋼のう

10

20

30

40

50

ちのいずれかによって構成されてもよい。

【0016】

図11A及び11Bを参照すると、コイル120と130の直交対は、直角に配向された磁気薄膜の堆積を可能とするように選択的に駆動される。図11Aにおいて、コイル120が電力供給されるときには、第1の方向に磁界が形成される。図11Bにおいて、コイル130が電力供給されるときには、第2の方向に磁界が形成される。両コイルに同時に電力を供給すると、2つのコイルに流れる電流の比率に比例した方向性を持つ任意の磁界配向を生じる。

【0017】

図2は、本発明の第2の実施形態に係る4コイル2オープンフレーム電磁界発生器の斜視図である。コイル210と215は、中央開口部240内に磁界を誘起するようにオープンフレーム部材220と230に巻きつけられる。対向するコイル対210と215を用いて直角に方向付けされた磁界が付加される。誘起された磁界は、中央開口部240内において最も均一であるが、ウェーハ又は基質(図示されず)が最も好適に配置される位置である開口部の上の位置にも伸延する。各隅に配置される4個の磁極片250は、電磁界の整形を助け、特に中央開口部240の上の磁界の均一性を増大させる。磁極片250は、例えば、軟鋼によって構成される。他の構成要素とともにパッケージに実装するために、オープンフレーム部材220及び230は角を丸めるか又は切り欠いても差し支えない。

【0018】

本発明の第3の実施形態に従って磁極片250を備えた図3は、8コイル2オープンフレーム電磁界発生器の斜視図である。この実施形態は、図2に示す第2実施形態と異なり、オープンフレーム310にはコイル対330と335が巻き付けられ、オープンフレーム320にはコイル対340と345が巻き付けられる。各オープンフレームに関して個別コイルを用いることにより、この実施形態においては、各コイルを流れる電流の個別制御を可能にし、それにより、各コイルによって生成される磁界全体に亘り制御性が向上される。他の構成要素とともにパッケージに実装するために、オープンフレーム310と320は角を丸めるか又は切り欠いても差し支えない。

【0019】

図2および図3に示す実施形態の代替実施形態において、電気巻線210、215、330、335、340、345は、埋め込まれた巻線またはパターン化された電極により置き換え可能である。

【0020】

図4は8コイル2オープンフレーム電磁界発生器の斜視図である。この構成において、電磁界発生器400は、中央開口部430を有するベースプレート410を備える。この構成において、中央開口部430はウェーハチャック(図示せず)及び他の機械的および電気的フィードスルー(貫通部品)を収容する。中央開口部430は、機械的接続のために、巻線のない領域420によって囲まれている。ベースプレート410の残りの部分には、既に説明したように直交磁界を誘起するために、コイル対480と485が巻き付けられることが好ましい。他の構成では、基質またはウェーハチャック及び必要なフィードスルーハーは電磁界発生器400の側方から支持され、中央開口部430をなくすことができる。

【0021】

図4において、オープンフレーム部材450は、基質上に第1の方向の磁界を生成するために間隔を保って配置される第1対の磁気部材440と、基質上に第2の方向の磁界を生成するために間隔を保って配置される第2対の磁気部材445とを有する。オープンフレーム部材450は中央開口部460を備える。他の構成要素とともにパッケージに実装するために、最上部プレート450は角を丸めるか又は切り欠いても差し支えない。最上部プレート450及びベースプレート410は、それらのプレートと他の機械的および電気的構成要素の間に基質またはウェーハチャックを収容するために、間隔を保って配置され

10

20

30

40

50

る。ベースプレート 410 は、サンプル上に更に均一な磁界を生成するために、最上部プレート 450 の磁力線を所要方向に補強し、他の方向における望ましくない成分を部分的にキャンセルするような方向に向けられた磁力線を有する。ベースプレート 410 は、最上部フレーム 450 によって提供される磁界を直線化および強化する。

【0022】

図 4 には磁極片が示されていないが、図 2 及び図 3 に示すように、磁極片を使用し、配向されても差し支えない。図 4 の装置と共に使用する場合には、磁極片は電磁界を整形し、装置の磁界の均一性を増加する。

【0023】

ウェーハチャック（図示せず）は、ウェーハが最上部プレート 450 によって作られた磁界の中央 470 の直ぐ上に位置するように中央開口部 460 内に配置されることが好ましい。これは、磁界の均一性に関して好ましい場所である。ただし、清浄性（スパッタリングされた材料が電磁界発生器に付着しないようにする）及びシャドウイングを含む他の要因を考慮すると、基質は、磁界の均一性を実質的に犠牲にすることなく磁界の中心部 470 の上に配置しても差し支えない。

【0024】

図 5 A は、本発明の一実施形態に係る電磁界発生器およびウェーハチャックユニット 500 の斜視図である。オープンフレーム装置 510 は、オープンフレーム 220（図 2）または 310（図 3）または 450（図 4）の形をした磁界発生器の最上部プレートを収容する。この構成において、ウェーハ 530 は、誘起された磁界の中心のわずかに上であって、オープンフレーム装置 510 の中間平面のわずかに下に配置されることが好ましい。ウェーハ 530 は、ウェーハチャック 560 に添付されたクリップ 520 によって所定場所に保持される。

【0025】

オープンフレーム装置 510 は、水冷され、チャンバの基本圧力と大気の間の圧力、例えば、 10^{-3} Torr まで差動的にポンピングされる。オープンフレーム装置 510 は、カバープレート 540 上にサポート 570 によって支持される。サポート 570 の 1 つは中空であり、オープンフレーム装置 510 用の電気的および機械的なフィードスルーを収容する。カバープレート 540 は、電磁界発生器のオープンフレーム 230（図 2）または 320（図 3）またはベースプレート 410（図 4）を囲む。下側エレメントのタイプには関係なく、電磁界発生器のベース部分はカバープレート 540 の下方に所在し、電気巻線（図 4 における 480 および 485）に関連した絶縁材料は真空チャンバにとって潜在的汚染物質であるので、まわりの真空チャンバから分離されるか又は大気圧に維持される。

【0026】

カバープレート 540 は、図 5 A では隠れて見えない中央開口部を備える。図 5 B に示すように、ウェーハチャック 560 のシャフト 555 は、カバープレート 540 の開口部を貫通する。図 5 A に示される残りの支持構造物 550 は、ウェーハチャックアセンブリの標準構成要素であるユニット 500 用として必要な機械的および電気的フィードスルーを収容することが好ましい。

【0027】

図 5 B は、分かり易くするためにオープンフレーム装置 510 が露出された状態における、ウェーハチャック 560 および図 5 A の電磁界発生器の最上部プレートの斜視図である。ウェーハシート 565 とベースプレート 535 の開口部 545 を貫くシャフト 555 によって支持された状態のウェーハチャック 560 が図示される。ベースプレート 535 は、オープンフレーム 210（図 2）、320（図 3）、または、410（図 4）の構成であっても差し支えない。一例として、電気巻線対 440 と 445（図 4）が図面から省略された状態のベースプレート構成 410（図 4）を示す。ウェーハシート 565 は、ウェーハ 530 の温度制御を維持するための加熱、及び／又は、冷却エレメントを含むこともあり得る。

10

20

30

40

50

【0028】

図5Aにおいて、電磁界発生器／ウェーハチャックユニット500の磁界発生に関係しない部分は非磁性材料製であることが好ましい。例えば、ウェーハチャック560、クリップ520、ウェーハシート（図5Bにおける565）、シャフト（図5Bにおける555）、カバープレート540、および、オープンフレーム装置510を含む、ウェーハから3ないし4インチの範囲内のウェーハを直接囲む構造体は、非磁性ステンレス鋼合金321、316、または310、アルミニウム、または、銅製であることが好ましい。ウェーハチャック560の残りの構造体は、同様に、これらの非磁性材料321、316、または310製であるか、又は、ステンレス鋼合金304製であっても差し支えない。ステンレス鋼合金304は、強い磁界に曝されると、経年的に磁化されるので、ウェーハ530の近くに配置するべきではない。10

【0029】

ここに記載されている諸例では2磁気エレメント設計が用いられている。この場合、各磁気エレメントは異なる巻き回数「n」の磁化巻線を備え、エレメントを流れる最適電流「I」を供給するために個別電源によって電力供給される。この例および他の諸例のように、磁束が電流に比例する実施形態においては、軟質の磁気コアは最大電流において磁気的に飽和しないものと仮定する。そうでなければ、電流変化に比例して磁束が変化することは不可能である。

【0030】

更に別の実施形態においては、各磁気エレメントに電源供給するために1つの単一電源が用いられる。あらゆる磁気エレメントが生成する磁束は「n」又は「I」のどちらかに正比例し、従って、磁気エレメント#1からの任意の点における磁束はn1およびI1に比例し、磁気エレメント#2からの任意の点における磁束はn2およびI2に比例する。従って、n1、n2、I1、及び、I2のあらゆる組合せに関して、磁気エレメントが電流I2によって電力供給された場合に、巻回数n1で電流I1の場合と同じ磁束を生成するように、このエレメントにおける巻回数をn1からn1'に調節可能である。この方法によれば、両方の磁気エレメント用に同一電源を使用できる。20

【0031】

必要とされる新規な巻回数は次式で算定できる。

【0032】

$$n1' = n1 * I1 / I2$$

本実施形態の一例において、I1が6アンペアでn1が185回、I2が8アンペアでn2が288回である場合に、同じ電源（I1=I2=8アンペア）を用いて、同じ結果を達成するためには、巻回数（n1）は $6/8 * n1$ 即ち139回に変更される。30

【0033】

上記の例ではただ2個の磁気エレメントが用いられたが、本技法は多数の磁気エレメントにも同様に適用されることに注意されたい。

【0034】

図12において、1つのコイルの実効巻回数を調節する簡単な方法を示す。摺動接点600は、実効巻回数をえるように、コイル601に沿って接点を調節可能にする。図12に示す方法と類似の方法を用いて、図1、2、3、4、5A、5B、11A、または、11Bに示すあらゆるコイルの実効巻回数を調節可能である。この方法によれば、実効巻回数は広範囲に亘って変更可能であり、従って、単一電源を使用して、可変磁束を提供することが可能である。40

【0035】

(操作方法)

本発明の一態様にしたがい、電磁界発生器は、堆積（デポジション）に際して、周期的またはパルス化された方法で駆動可能である。即ち、電磁界発生器へ印加される電流は周期的パターンでオン／オフを繰り返される。本発明の周期的方法のいくつかの実施形態を図6から図9に示す。これらの異なる方法は、一方向の1つの単一磁界生成に適用可能であ50

り、或いは、2つの電源電流間の位相を制御することにより、異なる方向に磁界を生成するためには使用可能である。

【0036】

図6(A)は、交流(AC)としての電磁界発生器電流を示す。図6(B)において、電磁界発生器電流は正および負(+/-)のパルス化された直流(DC)である。図6(C)は消磁手順用に振幅が指数的に減衰する図6(A)の交流電磁界発生器電流を示す。図7(A)は半波整流された交流電流を示す。図7(B)はパルス化された正(+)の直流電流を示す。図7(C)は正の直流電流バイアスを示す。その代りに負の直流電流バイアスを使用しても差し支えない。図8(A)は正の直流電流バイアスを用いる交流電流操作を示す。図8(B)は正の直流電流を用いるパルス化された直流電流操作を示す。図9は電磁界発生器とイオンビーム電流の間の位相差を用いるパルス化された正(+)の直流電流を示す。

10

【0037】

図6(A)の交流電流および図6(B)のパルス化された正および負(+/-)の直流電流は正味ゼロ平均磁界効果をイオンビームに提供し、例えばNiFeをベースとする薄膜、例えばNiFeCr、NiFeRh、NiFeTa、またはアモルファスCoをベースとする合金材料などの軟質隣接層(SAL)薄膜と共に最も有効に利用される。図6(C)は、磁気取付け具を以前に使用したことにより磁化された取付け具溶接の敏感な部品を消磁するために、基質と共に或いは基質なしで有利に利用可能な、振幅が指数的に減衰する交流電流を示す。

20

【0038】

図7(A)の半波整流された交流電流および図7(B)のパルス化された正(+)の直流電流は、全処理時間の一部期間中、磁界を印加しない堆積(デポジション)を提供し、磁界の全印加効果を減少させ、表面を中性電荷可能にする。本技法は、一方向性反強磁性体、例えば、NiO、FeMn、または、MRヘッドに使われるNiCoO又はPtMn、PtPdMn、IrMn、および、PtIrMnなどの反強磁性薄膜に特に適用可能である。図6(A)及び6(B)に示す周期的方法は単軸性磁気薄膜堆積(一軸であるが「アップ」と「ダウン」の両配向)を提供するが、図7(A)及び7(B)の周期的方法は、図7(C)の直流電流バイアスを用いると、一方向性磁気薄膜堆積(一配向のみ)を提供することに留意されたい。

30

【0039】

幾らかの材料によっては、堆積処理期間全体を通じて方向性磁界(DCバイアス)の印加が必要なこともあります。図8(A)に示す正の直流電流バイアスを用いた交流電流操作および図8(B)に示す正の直流電流バイアスを用いたパルス化された直流電流操作は堆積処理期間全体を通じて或るレベルの方向付け磁界を維持する。交流電流成分またはパルス化された成分を付加することにより、必要とされる直流電流バイアスを最小限に留どめ、それによって、プラズマ又はイオンビームのあらゆる歪みを最小化することが可能である。従って、図8(A)および8(B)に示す実施形態は非常に広い範囲に亘って異なるタイプの磁気薄膜に適用可能である。

40

【0040】

図9は、電磁界発生器電流とイオンビーム又はプラズマ供給源電流の間の位相差を用いたパルス化された正(+)の直流電流操作を示す。本発明の一態様によれば、イオン供給源および電磁界は循環可能であり、2つのサイクル間の位相差は特定の値に調節可能である。イオンビーム又はプラズマ供給源がオンであるときには磁気標的材料がスパッタリングされ、イオンビーム又はプラズマ供給源がオフであるときにはスパッタリングは発生しない。2つのサイクルの相対位相を調節することにより、堆積処理時間のうちの磁界が印加される部分(期間)が制御可能である。

【0041】

例えば、イオンビーム又はプラズマ供給源への磁界の影響を最小限化するために、図9に示すように90度の位相差を使用できる。この場合、スパッタリングに際して磁界は印加

50

されないので、イオンビームは磁界によって影響されることがない。薄膜の適切な配向を確保するには、操作周波数範囲は、磁界のピーク状態から次のピーク状態までの遅延時間が1つ又は2つの磁気薄膜単一層を堆積するために必要な時間よりも長くない程度に充分に高い周波数で、且つ磁性構造の渦電流加熱を妨げる程度に充分に低い周波数に限定されることが好ましい。これらの必要条件は、 t が秒で表した堆積時間であるものとしたときの所要周波数が約10Hz未満で且つ約1/tより大きい範囲でなければならないことに帰結される。この周波数範囲(秒で表した堆積時間の逆数(Hz)から10Hzまでの範囲)は、図6(A)から図9までに示す可変電流技法のいずれにも適用される。

【0042】

図10Aは、図1に示す120及び130のような2つの直交コイル内電流の位相関係を示す。この位相関係は、基質上に連続的な回転磁界配向を生じさせる。図10Aに示す0°コイルの正弦波電流がコイル120に供給され、図10Aに示す90°コイルの正弦波電流がコイル130に供給される場合に結果として生じる磁界は、図10Bに示すように常時回転する。この連続的に回転する磁界配向の一効果は、これを印加された薄膜が消磁されることである。

10

【0043】

図10Aに示すように、0°コイル内電流は式 $A * \sin(\omega * t)$ によって表され、90°コイル内電流は式 $A * \cos(\omega * t)$ によって表される。ここに、 A は電流の振幅であり、オメガは角速度であり、 t は時間である。これら2つの正弦波直交磁界の組合せは、角速度オメガで回転する磁界を生成する。この回転速度を図10Bに示す。

20

【0044】

本発明の種々異なる実施形態について、添付図面を参照して詳細に記述したが、本発明はこれらの実施形態に厳密に限定されるものでないことを理解されたい。更に、図面は説明的な事例を示すものであり、本発明が構想する実施形態のみを記述または例証するものでないことも理解される。当該技術分野における同業者であれば、添付請求の範囲において定義される本発明の範囲または趣旨から逸脱することなく、ここに記述することについて、種々の変更および更なる改変が実施可能なはずである。

【図面の簡単な説明】

【図1】 単一フレーム電磁界発生器の上面図である。

【図2】 磁極片を備えた4コイル2オープンフレーム電磁界発生器の斜視図である。

30

【図3】 磁極片を備えた8コイル2オープンフレーム電磁界発生器の斜視図である。

【図4】 電磁界発生器の斜視図ある。

【図5A】 電磁界発生器およびウェーハチャックの詳細な概略図的斜視図である。

【図5B】 ウェーハチャック及び電磁界発生器の詳細な概略図的斜視図である。

【図6】 (A)は交流(AC)電流を用いた電磁界発生器電流対時間のプロット図であり、(B)は正および負(+/-)のパルス化された直流(DC)電流を用いる電磁界発生器電流対時間のプロット図であり、(C)は振幅が指数的に減衰する交流(AC)電流を用いる電磁界発生器電流対時間のプロット図である。

【図7】 (A)は半波整流済み交流電流を用いる電磁界発生器電流対時間のプロット図であり、(B)はパルス化された正(+)の直流電流を用いる電磁界発生器電流対時間のプロット図であり、(C)は正の直流電流バイアスを用いる電磁界発生器電流対時間のプロット図である。

40

【図8】 (A)は正の直流電流バイアスされた交流電流を用いる電磁界発生器電流対時間のプロット図であり、(B)は正の直流電流バイアスされたパルス化済み直流電流を用いる電磁界発生器電流対時間のプロット図である。

【図9】 電磁界発生器電流とイオンビーム電流の間に位相差を持つパルス化された正(+)の直流電流操作を用いる電磁界発生器電流対時間のプロット図である。

【図10A】 連続的に配向の変わる磁界を生成する2つの直交コイル内電流の位相関係を示す図である。

【図10B】 図10Aに関する磁界配向を示す図である。

50

【図11A】 第1方向に磁界を生成するように電力供給される第1対コイルを有する单一フレーム電磁界発生器の上面図である。

【図11B】 第2方向に磁界を生成するように電力供給される第2対コイルを有する单一フレーム電磁界発生器の上面図である。

【図12】 コイルの実効巻回数を変えるための摺動接触を示す図である。

【図1】

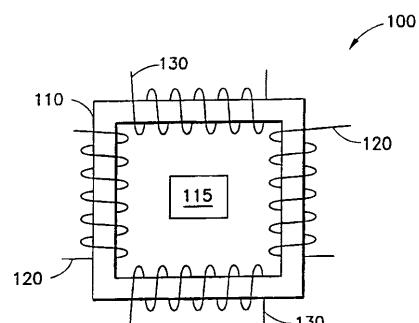


FIG.1

【図2】

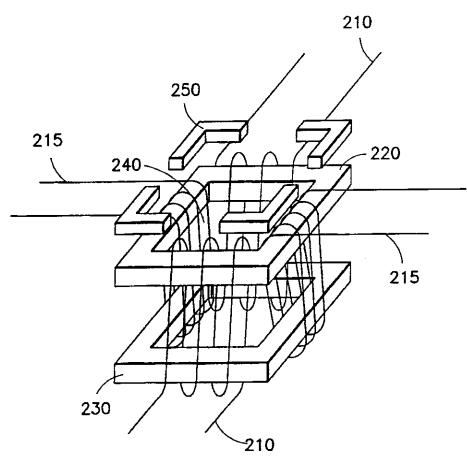


FIG.2

【図3】

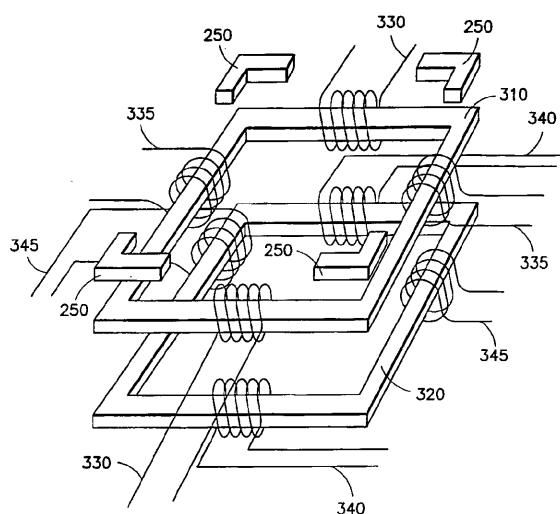


FIG.3

【図4】

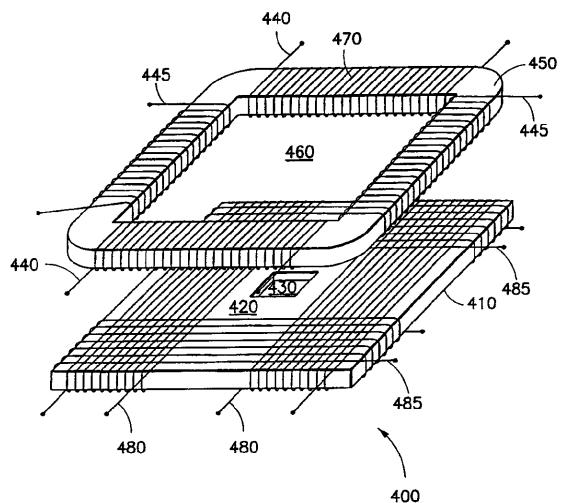


FIG.4

【図5A】

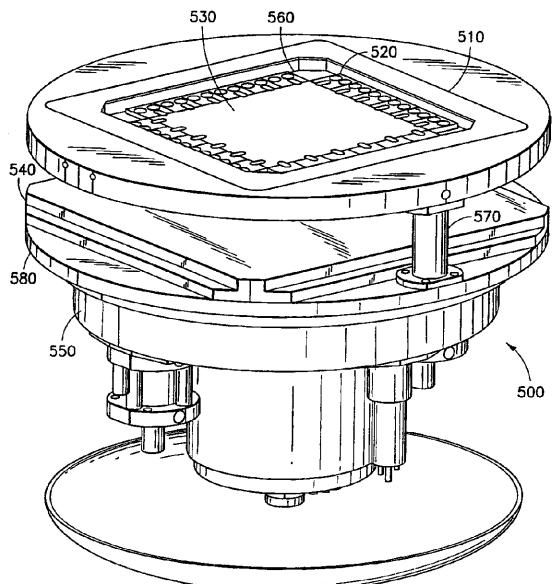


FIG.5A

【図5B】

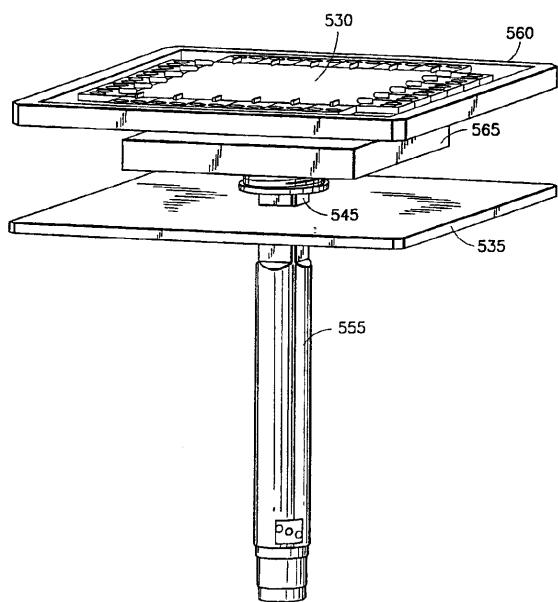
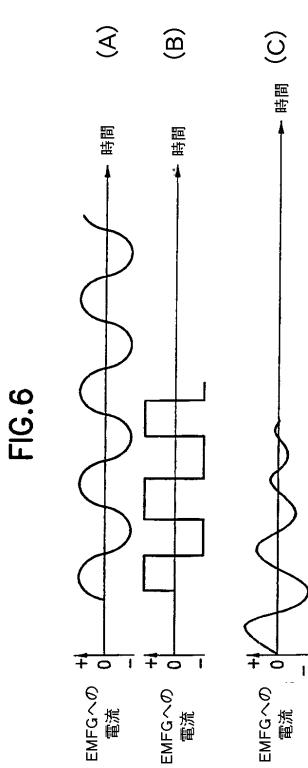
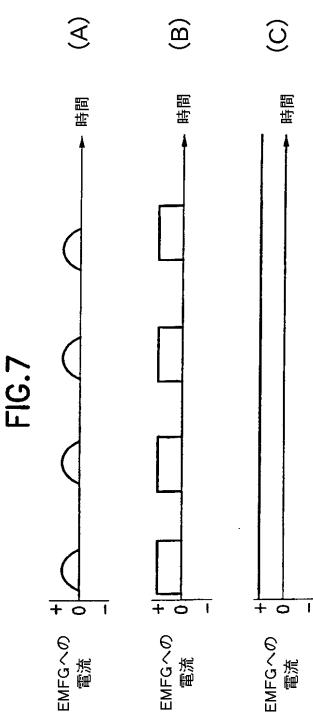


FIG.5B

【図6】



【図7】



【図9】

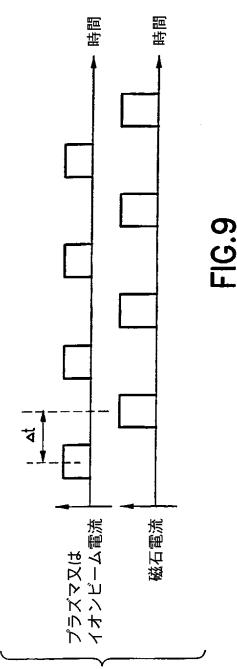
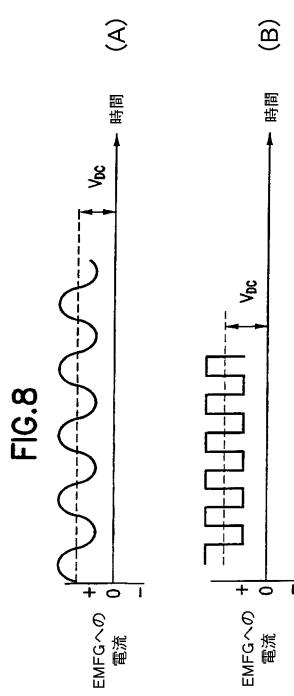


FIG.9

【図8】



【図10A】

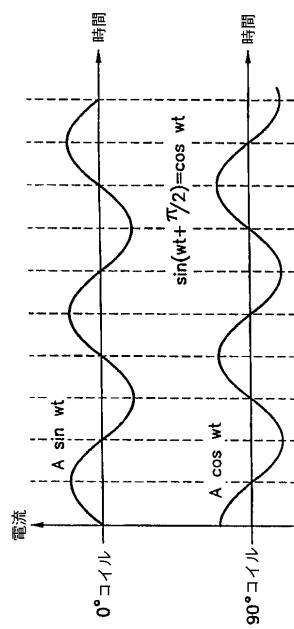


FIG.10A

【図10B】

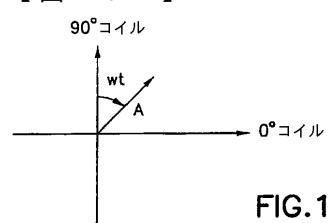


FIG.10B

【図 1 1 A】

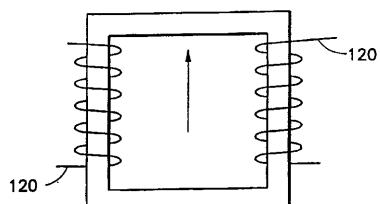


FIG.11A

【図 1 1 B】

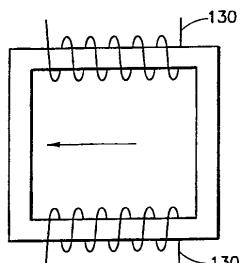


FIG.11B

【図 1 2】

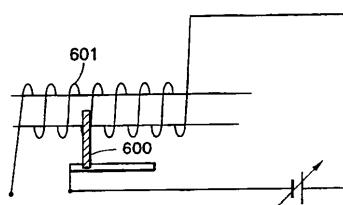


FIG.12

フロントページの続き

- (72)発明者 ヘッジ , ハリ , エス .
アメリカ合衆国 ニューヨーク州 11367 , フラッシング , 79 アヴェニュー 149
- 05 #721
- (72)発明者 リスカ , ミハイ , エス .
アメリカ合衆国 ニューヨーク州 11050 , ポート ワシントン , アンドヴァー ロード
17
- (72)発明者 ヘイズ , アラン , ヴィー .
アメリカ合衆国 ニューヨーク州 11721 , センターポート , オネオンタ コート 5
- (72)発明者 ネイヴィー , アブラハム , ジェイ .
アメリカ合衆国 ニューヨーク州 11427 , ベルローズ , 231 ストリート 80 - 1
5
- (72)発明者 フレムジェン , ロジャー , ピー .
アメリカ合衆国 ニューヨーク州 11731 , イースト ノースポート , キャサリン スト
リート 115

審査官 酒井 朋広

- (56)参考文献 特開昭60-150613 (JP, A)
特開平03-087365 (JP, A)
国際公開第97/042649 (WO, A1)
特開平05-251255 (JP, A)
特開平11-026230 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C23C 14/00 -14/58
H01F 10/00 -10/32
41/14 -41/34