

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4463564号
(P4463564)

(45) 発行日 平成22年5月19日(2010.5.19)

(24) 登録日 平成22年2月26日(2010.2.26)

(51) Int.Cl. F I
G 1 1 C 11/14 (2006.01) G 1 1 C 11/14 A
H 0 1 L 43/00 (2006.01) H 0 1 L 43/00

請求項の数 12 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2003-581205 (P2003-581205)	(73) 特許権者	503179285
(86) (22) 出願日	平成15年3月25日(2003.3.25)		イーストゲイト インベストメンツ リミテッド
(65) 公表番号	特表2006-504210 (P2006-504210A)		英領バーミューダ、ハミルトン、シダー
(43) 公表日	平成18年2月2日(2006.2.2)		アベニュー 41、シダー ハウス、ピー、オー、ボックス エイチエム 1179
(86) 国際出願番号	PCT/GB2003/001266	(74) 代理人	100066692
(87) 国際公開番号	W02003/083874		弁理士 浅村 皓
(87) 国際公開日	平成15年10月9日(2003.10.9)	(74) 代理人	100072040
審査請求日	平成17年11月16日(2005.11.16)		弁理士 浅村 肇
		(74) 代理人	100094673
			弁理士 林 拓三
		(74) 代理人	100091339
			弁理士 清水 邦明

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 データ記憶装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

デジタル情報を読み取り可能な形で記憶するデータ記憶装置であって、1つ以上の記憶素子を備え、該記憶素子の各々は、連続伝搬路の状態に形成され磁壁を維持し且つ伝搬することができる平面磁気導管を備え、前記連続伝搬路の各々には少なくとも1つの反転ノードが備えられる記憶装置において、

適切な印加磁界の作用の下で導管に沿って伝搬する磁壁の磁化方向は当該反転ノードにおいて変更され、各反転ノードは、最初の経路から遠ざかるように方向を変え、その後の方向が前記最初の経路に戻る場所である逸脱部を前記導管内に備えることによって逸脱部全体にわたり直接伝搬路が存在することはなく、

前記反転ノードは、導管ループ構造またはかかる構造の位相同形の中にサイクロイド部を備えるデータ記憶装置。

【請求項 2】

請求項 1 記載のデータ記憶装置において、各連続路には少なくとも1つの反転ノードが備えられ、適切な印加磁界の作用の下で前記導管に沿って伝搬する磁壁の磁化方向はこの反転ノードにおいて大幅に反転されるデータ記憶装置。

【請求項 3】

請求項 1 または請求項 2 記載のデータ記憶装置において、各連続路には多数の反転ノードが備えられるデータ記憶装置。

【請求項 4】

請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載のデータ記憶装置において、導管は閉ループ状に形成されて連続伝搬路を備えるデータ記憶装置。

【請求項 5】

請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載のデータ記憶装置において、導管は完全な閉ループでなく反転ノードの連鎖を形成し、データが外観上閉じられたループの周囲を循環することができるように、反転ノードの 2 つの端部間でデータを転送する手段を備え、該手段は、前記連鎖の一方の端部にはデータ書き込み機能を、該連鎖のもう一方の端部にはデータ読み取り機能を備え、更に前記連鎖の出力から前記連鎖の入力に電子的にデータをフィード・バックする追加回路を備えるデータ記憶装置。

【請求項 6】

請求項 1 ~ 5 のいずれかに記載のデータ記憶装置において、逸脱は前記導管の最初の経路から 90 度の逸脱を含むデータ記憶装置。

【請求項 7】

請求項 1 ~ 6 のいずれかに記載のデータ記憶装置において、前記最初の経路からの逸脱は前記導管路に沿って離れるにつれて徐々に行われるデータ記憶装置。

【請求項 8】

請求項 1 記載のデータ記憶装置であって、各ループに備えられたそのようなサイクロイド部を複数備えたデータ記憶装置。

【請求項 9】

請求項 8 記載のデータ記憶装置であって、閉ループ状に形成された磁気導管を多数備え、該閉ループの各々はループ全体に移動する磁壁の磁化方向を急激に反転させるように機能するサイクロイドを複数備えたデータ記憶装置。

【請求項 10】

請求項 1 ~ 9 のいずれかに記載のデータ記憶装置において、各サイクロイドは前記導管の幅の 3 ~ 10 倍の範囲の回転半径を有するデータ記憶装置。

【請求項 11】

請求項 1 ~ 10 のいずれかに記載のデータ記憶装置において、前記磁気導管は適切な基板上に特に全体的に平面の磁気ワイヤを備えるデータ記憶装置。

【請求項 12】

請求項 11 記載のデータ記憶装置において、前記磁気ワイヤは厚さ 2 nm ~ 25 nm、幅 50 nm ~ 1 μm の磁気ナノワイヤを備えるデータ記憶装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、コンピュータ・ファイル、デジタル音楽、デジタル・ビデオ等のようなデジタル情報を記憶するためのデータ記憶装置に関する。特定すれば、本発明は、何度でもデータを書き込み、読み出すことができるデータ記憶装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

近年、媒体の領域をデジタル・データ記憶装置用途の領域用に用いた広範囲のデータ記憶装置が利用できるようになっている。データ記憶装置は、容量、アクセス速度、書き込み／書き換え能力、および（電源あっても、無くても）或る期間に亘ってデータを安定して保持する能力等を含んだ種々の動作特性のいくつかに対応するようになされている。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

公知の記憶装置には、磁気テープ記憶装置、磁気ハード・ディスク記憶装置、および光ディスク記憶装置が含まれる。これらはいずれも、かなり大きな記憶容量、および比較的高速なデータ・アクセスという利点を有し、更にこれらはいずれもデータの素早い書き込み、および書き直しに適應することができる。これらはいずれも、電気機械式または光学

10

20

30

40

50

式読み取り装置形状の可動部を必要とする。このため、そのようなデータ記憶装置媒体を組み込んだ装置を小型化できる範囲は制限され、また大振動環境におけるデバイスの使用は制限される。いずれの場合においても表面媒体はデータ記憶装置にとって非常に重要であるが、関連の機構はあらゆる支持基板の特性もきめ細かく制御することが必要である。従って、かかる装置は、きめ細かく制御された構造であることが必要である。更に、これらはいずれも、デバイス表面にアクセスすることができる読み取り装置が必要であり、このため装置設計の自由度は制限される場合がある。

【課題を解決するための手段】

【0004】

本発明の目的は、別の状況においても自由度を有する代替デジタル・データ記憶装置を提供することである。特定すれば、例えば、小型化が可能であり、さらにノまたはスマート・カード、識別タグ、およびパッチ等の別の装置に組み込むことが可能であり、さらにノまたは柔軟な基板の上で組み込むことが可能であり、さらにノまたは大振動環境において使用することが可能であり、さらにノまたは製造が簡単且つ安価な代替デジタル・データ記憶装置を提供することである。

10

【0005】

本発明の特別な目的は、デジタル・データを緊密且つ効果的に格納し、データを本発明装置に書き込み、且つ何度でも読み戻すことができるようにするデータ記憶装置を提供することである。

【0006】

20

従って、本発明によれば、(コンピュータ・ファイル、デジタル音楽、デジタル・ビデオ等のような) デジタル情報を読み取り可能な形に記憶するデータ記憶装置は、1つ以上の、特別には複数の記憶素子を備える。これら記憶素子の各々は、連続伝搬路の状態に形成され磁壁を持続し且つ伝搬することができる平面磁気導管を備える。この連続路の各々には、少なくとも1つの、あるいは複数の、更に特別には多数の反転ノードが備えられ、適切な印加磁界の作用の下に導管に沿って伝搬する磁壁の磁化方向はこのノードで変えられ、特に大幅に反転される。

【0007】

各導管は連続伝搬路の状態に形成される。従来、導管は閉ループ状に形成されることによってそのような連続伝搬路を備える。かかるループには少なくとも1つの、あるいは複数の、特に多数の反転ノードが備えられる。データは、本機構による閉ループ周囲を移動することができる。本機構については以下で概説する。変種においては、磁気導管は反転ノードの完全な閉ループ・ノード形状ではなく、外観的に閉じられたループの周囲をなお循環することができるようにその2つの端部間でデータを転送させる手段を備えた反転ノードの線形連鎖を形成し、例えば、当該連鎖の一方の端部にはデータ書き込み機能を、もう一方の端部にはデータ読み取り機能を備え、更に連鎖の出力から連鎖の入力に電子的にデータをフィード・バックする追加回路を備える。

30

【0008】

方向を変え、且つ特に回転する磁界のような、適切な印加磁界の作用の下で導管全体に伝搬する磁壁の磁化方向を変え、更に好ましくは磁化方向を大幅に反転させるように適合された導管の構造および形状に、反転ノードは、従来、特徴を備えている。

40

【0009】

しかし、導管方向と、従って磁壁の伝搬する方向とはあらゆるポイントにおいて大幅に断絶することなく変化することが必要である。従って、反転ノードの領域内の、且つ反転ノードを備える導管は、伝搬方向は特に大幅に変えることなく、導管全体に伝搬する磁壁の磁化方向を変化させ、好ましくは磁化方向を大幅に反転させるような構造的特徴を有することが必要である。

【0010】

好適な実施形態では、反転ノードは、反転ノードにおける磁化方向の大幅な反転を含む。反転ノードには、方向は最初の経路から遠ざかるように変化し、次に最初の経路に戻る

50

ように変化する部分が導管に備えられ、これによって逸脱部分には全体に亘って直接伝搬経路は想定できないことが好ましい。特に、逸脱は最初の経路から90度の逸脱を含む。既に示した理由により、最初の経路からの逸脱は導管路に沿って離れるにつれて徐々に行われることが好ましい。

【0011】

例えば、反転ノードは導管ループ構造内にサイクロイド部、とりわけ内向きのサイクロイド部、またはそのような構造の位相同形を含む。

【0012】

各ループには、そのようなサイクロイド部が複数備えられることが好ましい。従って本発明による装置は、閉ループ状に形成された多数の磁気導管を備え、当該磁気導管の各々は複数のサイクロイドを備えて導管全体を移動する磁壁の磁化方向を急激に方向反転させるように機能し、これにより適切な駆動磁界が本発明品の導管に沿って磁壁を伝搬させる際、磁壁の反転ポイントとして機能することが好ましい。

【0013】

各サイクロイドは導管幅の3倍から10倍の範囲の回転半径を有することが好ましい。磁壁がサイクロイドを通過する際、サイクロイドは磁化方向を大幅に変える、例えばほぼ180度反転させることが好ましい。

【0014】

本発明によれば、磁気導管は磁界を制御する作用の下で磁壁を維持し、且つ伝搬することができる構造を有することが必要である。通常の場合、磁気導管は磁性材料から成る連路として形成することができる。従って、本発明による装置内のループは磁気ワイヤ、とりわけ全体的に平面の磁気ワイヤを適切な基板の上に備えることが好ましい。

【0015】

従って、データ記憶装置は多数の平面磁気導管、および特に好ましくは、サイクロイドの閉ループ形状の磁気ワイヤを用いる。とりわけ本発明は、磁気ナノスケール技術を用い、装置は好ましくは、サイクロイドの複数の閉ループ形状に形成された多数の平面磁気ナノワイヤを備える。

【0016】

平面磁気ナノワイヤの幅は1μm未満であって、適切な基板上に形成されることが好ましい。幅は、より細かいナノスケール・ワイヤを用いて装置の記憶容量の改良を図ることと、それにより製造コストが高んで複雑化することのどちらを優先させるかの問題となる。しかしながら、1ミクロン超のワイヤを組み込んだ装置は効果的である可能性はなく、50nmは最新のワイヤ形成技術の費用効果性の実現できそうな下限である。それは技術的効果の限界ではなく、製造技術が改良されれば装置をさらに小型化し、本発明を現実的なものに具現化することができることは強調しておくべきである。

【0017】

ワイヤを磁性材料の薄い層形状の基板上に配置する。ワイヤの厚さを装置の最適性能に合わせて最適化し、一般的には幅の関数とする。特にワイヤの厚さは、一般的にワイヤの幅のおよそ1/40である。ワイヤの厚さは一般的に2nmよりは小さくなく、3nmよりは小さくないことが好ましい。ワイヤの厚さが25nmを越える事は実際にはありえない。

【0018】

ワイヤは、光リソグラフィ、X線リソグラフィ、マイクロコンタクト・プリント、イー・ビーム・リソグラフィ、シャドウ・マスクによる堆積、またはその他の適切な方法によって製造可能である。ワイヤは、パーマロイ($\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$)またはコバルト鉄のような磁性材料、あるいはその他のソフト磁性材料から製造される。

【0019】

上述の反転ノードを組み込んだデータ記憶装置に、方向を適切に変える磁界、特に回転する磁界を、以下に一層詳細に述べる操作方法で印加することによって反転ノードにはメモリ機能が与えられる。各々が1つ以上の反転ノードを組み込んだ複数のループ・アレイ

10

20

30

40

50

を備えることによって、本発明による装置はデータを環状に連続して格納することができるようになる。

【0020】

本発明の装置にデータを書き込み、これを何度でも読み戻すことが可能である。磁気テープ記憶装置または磁気ハード・ディスク記憶装置とは異なり、本発明には可動部分は不要である。従って小型化が容易に可能であり、大振動環境においても使用可能である。本発明の原理は極めて単純であり、製造コストを低く抑えることができる。更に、本発明品は、未使用時にはメモリにデータを保持するための電力は不要である。

【0021】

本発明品は平面状の磁気ワイヤのような磁気導管を多数用いる。平面ワイヤを基板上に形成するが、この基板は、超小型電子メモリとは異なり、装置の電子または磁気動作においては何の役割も行わず、単に機械的な支持という基本的な役割を行っているに過ぎない。従来のシリコン基板もなお使用可能であるが、基板の機能は不要であるため、ガラスまたはプラスチックといったシリコン以外の材料も使用可能である。例えば、カプトン、ポリエチレンテレフタレート、またはマイラ型材料のようなポリイミド、アセテート、ポリメチルメタクリレート、その他が挙げられる。プラスチック基板の利点は、低コストであること、および製造が簡単であるだけでなく、機械的に可撓である可能性を有するため、本発明品をスマート・カードのようなプラスチック・カードまたは衣料品に組み込むのに適することである。

【0022】

コンパクト・ディスク、磁気テープ、および磁気ハード・ディスク記憶装置とは異なり本発明品の表面に対する機械的アクセスは不要であるため、多数の基板を互いの上に積み重ねて3次元のメモリ立方体を形成することが可能である。

【0023】

本発明の記憶装置の面密度は適度であって、磁気テープより高密度であるがハード・ディスクより密度は低い。データ読み取り/書き込み速度は、必要に応じ高速とすることが可能であり、ハード・ディスク・ドライブの速度よりも高速とすることも可能である。しかし、本発明はデータを環状に連続的に格納し、所定のデータ・ブロックへのアクセス・タイムは比較的緩やかであるので、適用範囲が限定される本発明は、そのままコンピュータの主ハード・ディスク・ドライブに置き換えられる可能性がある。

【0024】

国際特許出願PCT/GB01/05072は、上述のCowburnおよびWellandによる論文の原理の一部を応用、発展させ、磁性材料のナノメートル・スケール・ドットの連鎖、またはナノメートル・スケールの平面磁気ワイヤからデジタル・ロジック回路を構築することができる方法を記述している。

【0025】

図1において、矢印はゲートを構成する磁性材料の細いストリップ内での磁化方向を示している。ゲート中央の構造は、左からの磁化方向を反転させる。

【0026】

使用の際、ベクトルが装置の平面で時間の経過と共に回転する磁界にゲートを配置する。本発明の装置はいずれの動作理論によっても限定されるものではないが、ワイヤの磁化は、磁気形状の異方性のために一般的に限定され、ワイヤの長軸に沿うことは注目することができよう。これが意味するところは、2つの磁化方向が考えられ、従って自然のバイナリ表現が存在することである。磁壁はワイヤに沿うように印加磁界によって広げられるが、この磁壁によって磁化方向は変更される。印加磁界が回転するということは、角を囲むように磁壁を搬送することが可能であることを意味している。

【0027】

本発明によれば、上述のものに類似するNOTゲートが適切な方法によって製造される。ゲート形状は、本目的に適うように、図1に示す形状に若干の修正を加え、サイクロイド形状を有することが理想的である。ゲートの出力を平面磁気ワイヤのような適切な磁気

導管を用いてその入力に再度接続し、閉ループを形成する。かかるループのアレイは、この好適実施形態による本発明の装置を形成する。それは連続的に接続されたサイクロイドの大きな閉ループ形状に形成された平面磁気ナノワイヤを備え、磁気NOTゲートの連鎖を形成する。各連鎖の最後のNOTゲートの出力は、平面磁気ワイヤによって第1のNOTゲートの入力にフィード・バックされ、データ・シーケンスが循環するための閉ループを形成する。

【0028】

サイクロイドは、適切な回転動作する磁界作用の下で、上述したように、また更に以下においてさらに詳細に説明するように、磁壁がナノワイヤを通して伝搬する際、これらの磁壁を伝搬させるための反転ノードとして機能する。反転出力は回転する印加磁界期間の半分に等しい時間遅延の後にはじめて出現し、これにより各反転ノードは単一メモリセルまたはフリップ・フロップのように見える。従って、サイクロイドのループは連続的円形シフト・レジスタと同一のメモリ機能を有し、本発明によるデータ記憶装置として機能することができる。

【0029】

本発明の別の態様によれば、上述の装置エレメントを1つ以上備えた、また更に時間の変化と共に磁界駆動を制御することができる磁界ドライバを備えたデータ記憶装置を提供することができる。磁界ドライバは、磁界が所定のループの全てのサイクロイドに同時に印加され、更にシステムの全てのループに同時に印加されるように設定されることが好ましい。これによって稼動中の本システムには固有の機能が与えられる。データ・ビットが全て同時に進行するように、ループ全体に一度に磁界を印加する。これは、従来の磁気データ記憶装置の場合のように、書き込みヘッドの下で単に部分的に磁界を印加するのとは対比される。

【0030】

適切な磁界であればいずれも想定可能である。磁界ドライバは、所定のシーケンスで動作する2つの直交する磁界 - 好ましくは交互に現れる - からなる磁界を制御できることが好ましく、時計方向または反時計方向に刻時磁界を形成することが更に好ましい。かかるシステムを用いることによって、データを本発明の第1の態様による記憶装置に格納することが可能である。

【0031】

本システムは、データ記憶装置をメモリ記憶装置および検索システムにおいて用いることができるようにするための適切な電気的および/またはデータ入力および/または出力を備えることができる。

【0032】

これより、本発明の原理による磁気データ記憶装置の動作の例を、図2～図8を参照して例として説明する。

そのような説明のために添付図面の図1～図8が参照される。

【0033】

図2は図1に類似するが、本発明に最適であるように特別に改造され、サイクロイド形状を有するNOTゲートを示す。ゲートはシリコン基板上での5nmの厚さのパーマロイ($\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$)の集束イオンビーム・ミリングによって作成される。明るい白色の陰影だけが磁性材料であり、その他のコントラストはゲート製造中に用いられた多段ミリング工程によるものである。図2Aは、平面磁気ワイヤを用いることによって出力が再び入力に接続され閉ループを形成するゲートを示す。図2Bは、サイクロイド形状を有するゲート構造のクローズアップを示す。印加回転磁界に応答したポイントIおよびIIにおける光磁気測定が図2Cに示されている。入力(トレースI)変化状態と印加回転磁界期間の1/2に等しい出力(トレースII)変化状態との間には1/2サイクルの遅延がある。これはメモリ機能に対応する。

【0034】

図3は、サイクロイドの反転作用、および特にこの遅延の発端を説明する。

【 0 0 3 5 】

低磁界状態では、サブミクロンの強磁性の平面ワイヤ内の磁化方向は、ワイヤの長軸に沿う傾向にある。それは強磁性形状の異方性のためである。2つの対向方向の磁気がワイヤ内において出会う場合、連続する原子磁気モーメントの再編は急激ではなく一定の距離が離れるにつれ徐々に行われることによって磁壁を形成する。

【 0 0 3 6 】

ワイヤに平行に磁界を印加することによって、磁壁は直線的なサブミクロンの磁気ワイヤに沿って伝搬することができることは今や公知である。本発明を用いる場合、サンプル面において時間の経過と共に回転するベクトルと共に磁界を用いることによって、これもまた方向を変え、且つ角を曲がる磁気ワイヤに沿って磁壁を伝搬させることが可能である。時計方向または反時計方向の回転によって磁界のカイラリティが規定される。磁界および角のカイラリティが同じであるとすれば、磁壁は磁気ワイヤの周囲に伝搬するはずである。しかし、角のカイラリティは磁壁の方向によって決まり、所定のカイラリティの回転磁界の中では、磁壁は一方方向に向かって、所定の角を通過するだけである。このことは、一定の信号の流れの方向が存在する必要があるというあらゆる論理システムの重要な要件を満たしている。サブミクロンの磁気ワイヤ内のこれら2つの安定した磁化方向によって2つのブール論理状態を表す固有手段が得られる。これは、回転磁界の印加とともに、記憶装置の各論理ユニット操作の基礎を成すものである。

【 0 0 3 7 】

図3に示されるサイクロイドは反転機能を備え、適切な回転磁界内にある場合のNOTゲート機能を示す。磁界は反時計方向に回転しているものとする。接合部の末端‘P’（図3B）に到達する磁壁は、接合部（図3C）の第1の角を囲むように伝搬し、印加磁界が水平から垂直方向に回転すると末端‘Q’に到達する。‘P’と‘Q’との間の磁化はここでは連続的（図3D）である。次に、磁界ベクトルが対向する水平方向に向かって回転し続けると、磁壁は接合部（図3E）の第2の角周囲に伝搬し、末端‘R’から退出し‘Q’と‘R’との間の連続的磁化に復帰するはずである。接合部直後のワイヤの磁化は、接合部直前のワイヤの磁化と異なり、反転することになる。従って接合部は1/2サイクルの伝搬遅延を伴った所望のNOT機能を果たすことになる。この動作は3点回転を行うことによってその方向を反転させる自動車に類似する。

【 0 0 3 8 】

従って、入力に到達から出力を離れるまでの磁壁間には全体で1/2サイクルの遅延がある。本発明では、この同期遅延は関連付けられたメモリ機能を有し、この機能は多数の磁気NOTゲートを纏めて直列に接続し、次に連鎖の出力を入力にパイピングすることによって活用可能であることを認証する。

【 0 0 3 9 】

図4は、3つのNOTゲートが連鎖状に接続され、連鎖の出力は平面磁気ワイヤによって連鎖の最初にフィード・バックされる本発明の縮小版を示す。磁界を特別に印加することによって2つの異なるデータ・ビット・シーケンスを装置に設定し、次に回転磁界を開始させることによってデータがループ周囲で循環を開始するようにした。

【 0 0 4 0 】

図4BのトレースIは、連鎖の周囲を循環する単純なビット・シーケンスを示す、即ちパターンは回転磁界の5サイクル毎に反復する。図4BのトレースIIは、回転磁界の5サイクル期間でループの周囲を循環する更に複雑なシーケンスを示す。装置は、5ビットのシリアル・シフト・レジスタとして効果的に作用している。データ・ビット・シーケンスは回転磁界のサイクルが終了する度に右方向に1ステップ動作する。これらのデータは反時計方向に回転する磁界を用いることによって得られ、それによってデータは磁界リングの周囲を反時計方向に循環していた。磁界の回転方向を反転させることによって、データは方向を反転させ、更に磁界リングの周囲を時計方向に循環し始めることを発見する。

【 0 0 4 1 】

図5は11個のNOTゲートを用いた本発明の試験を示す。図5Bは、ループの周囲を

10

20

30

40

50

回転磁界の 1 3 サイクルの反復期間で循環する単純なビット・シーケンスを示す。

【 0 0 4 2 】

平面磁気ワイヤの上または下を通る導電リソグラフィック・ワイヤによってデータを各ループに書き込む。ループの一部分に装着された磁気トンネル接合部を用いることによって、あるいはワイヤの角の 1 つに存在する磁壁の電気抵抗を測定することによって、または NOT ゲートの 1 つに存在する磁壁の電気抵抗を測定することによって、データを各ループから読み取る。

【 0 0 4 3 】

図 6 は、これらのデータ入力 / 出力方法の例を示す。データは、リングの上または下を通る導電電気リソグラフィック・ワイヤ (6 1) によってループに書き込まれる。データはループの周囲を矢印 A 方向に循環する。データは、ループ (上部パネル) の 1 ポイントにおける 2 つの電気接点 (6 2) 間に磁気トンネル接合部を形成することによって、または 2 つの電気接点 (6 3) を用いてリング (下部パネル) の小さな部分内に含まれるあらゆる磁壁の抵抗を測定することによって読み出される。

10

【 0 0 4 4 】

本発明の変形 (図示せず) では、磁気導管自体は反転ノードの閉ループを形成せず、代わりに連鎖の一方の端部にはデータ書き込み機能を、且つ連鎖のもう一方の端部には読み出し機能を備えた反転ノードの線形連鎖を形成する。この場合、外部制御回路は、連鎖の出力から連鎖の入力に電子的にデータをフィード・バックし、データは外見上閉じられたループの周囲をなお循環することができるようにする。

20

【 0 0 4 5 】

データ・ループは磁界に位置し、そのベクトルはループの面において $1\text{ Hz} - 200\text{ MHz}$ の範囲の周波数において時間の経過と共に回転する。磁界回転時、磁界の大きさは一定の場合があり、そのとき磁界ベクトルに対し円形の軌跡を形成し、または磁界の大きさは変動する場合があり、そのときは磁界ベクトルに対し楕円形の軌跡を形成する。これを実現するには、面積の小さな装置では、電磁ストリップ・ラインをループの下に配置し、次に交流がストリップ・ラインを通過するようにする。面積がより大きい装置では、ループを保持する基板を 4 チャンネル電磁石の内部に配置する。

【 0 0 4 6 】

磁界の規模は、磁壁を各 NOT ゲートまでずっと押し込むことが確実にできる程に強力であることは必要であるが、データ入力機構とは無関係に新たな磁壁が凝集できるほど強力である必要はない。

30

【 0 0 4 7 】

磁壁を各 NOT ゲートまで押し込むために必要な磁界は、ループの厚さ、ループの幅、およびループを作るために用いられる磁性材料を変更することによって調整可能である。この磁界は、漂遊する周囲の磁界から装置が削除されないほどの大きさであることが必要である。漂遊する磁界の削除が課題となる場合、本発明品はミュメタルを用いることによって保護することが可能である。最適化された装置は $50 - 2000\text{ e}$ の範囲の印加磁界強度を用いる。

【 0 0 4 8 】

本発明は、図 7 に示すように、単一基板上に多数のデータ・ループを備えることができ、電子マルチプレクサおよびデマルチプレクサを用いて正しいループをアドレス指定することができる。データ書き込みドライバおよびマルチプレクサ (7 1) と、データ読み取りデマルチプレクサおよび増幅器 (7 2) との間に多数のループが示される。

40

【 0 0 4 9 】

ループの数と、各ループにおける NOT ゲートの数との間の最適なバランスは、所定の用途にあうように求められる。多数の NOT ゲートをそれぞれ備えた少数のループをパッケージに組み込むことは、非常に容易、且つ安価であるが、製造上の不具合から NOT ゲートの 1 つにでも故障があると、装置全体が故障することになりやすい。また、かかる組み合わせはデータ・アクセスに時間がかかる。所定のデータ・ブロックが読み取り位置の

50

周囲を循環し、この位置に至るまでには、平均して多数のクロックが循環するのを待たねばならないからである。少数のNOTゲートをそれぞれ備えた多数のループは個々のNOTゲートが故障しにくく（故障したゲートを含んだループは、記憶装置の全体容量を大幅に落とすことなく、回路から取り出すことができる）、素早くアクセスすることができるが、読み出しポイントおよび書き込みポイントの数が増え（その結果コスト高になる）、多数のループを単一の集積回路パッケージに組み込むことは複雑化する。本文書の図面はいずれも8個のゲートのループを示している。これは単に比喩として示したものであり、実際には各ループは数千のゲートを含む。

【0050】

本発明に特有の特徴は、データ・ループ配置の際、2次元平面に限定されないことである。コンパクト・ディスク、磁気テープ、および磁気ハード・ディスク記憶装置とは異なり、本発明品の表面には機械的なアクセスは不要である。図8に示すように、基板を互いの基板の上に配置し、3次元のデータ立方体を形成することができる。このことには、はるかに高いデータ記憶装置密度を実現することができるという利点がある。必要に応じ、立方体内の基板は全て同じ印加回転磁界を共有することができる。それによって、層を互いに同期させ、装置を簡略化させることが可能となる。

【0051】

本発明は、単一の連続データ・ストリームを入力/出力するように構成可能であり、または必要に応じ、いくつかのリングまたは層を平行して用いることによって多重ビット幅のデータ・ワード・ストリームを格納することが可能である。

【0052】

アクセス・タイムが低速であるために、本発明はコンピュータの主ハード・ディスクの代替品としては適切ではない。しかしながら、以下の状況およびその他の状況の一部に用途を求めることができる。

- ・MP3プレーヤのようなポケット・デジタル・オーディオ・プレーヤ用のデジタル音楽の一時的格納装置。この用途は、通常連続的に再生されるデジタル情報の安価で、非揮発性の、且つ書換え可能な記憶装置を必要とする。幅200nmの平面ワイヤを用いることによって、NOTゲートは $1\mu\text{m}^2$ の面積を占める。従って、データ連鎖で覆われた 1cm^2 の層1つだけで12バイトの連続的データ記憶装置が得られる。これは12分間毎で、数時間のCD品質の音楽には充分である。層を重ねることによって、数時間のCD品質のオーディオが非常に安価に提供される。

- ・デジタル・カメラにおけるデジタル写真の一時的記憶装置。この機能は現在フラッシュ電子メモリによって達成されているが、これは高価であり、書き換えサイクルの数が限定される。

- ・携帯電話機、パーソナル・オーガナイザ(organiser)、パーム・トップ・コンピュータ、およびスマート・カードの不揮発性オフライン記憶装置。

【図面の簡単な説明】

【0053】

【図1】従来の技術による磁気NOTゲート（上記参照）の概略図である。

【図2】A - Cは、本発明によるデータ記憶装置として用いられるように変更された磁気NOTゲートである。

【図3】A - Eは、図2AのNOTゲートの構造、および回転磁界Hの作用の下でポイントPから入ってくる磁壁に対してNOTゲート構造が及ぼす影響を示す概略図である。

【図4】Aは、環状に接続され5ビットの連続的シフト・レジスタを示す。アスタリスクは図4Bにおいて測定が行われたループ内の点を示す。Bは、回転磁界を印加することによって単純（トレースI）および複雑な（トレースII）ビット・シーケンスがリング周囲を回転するように強制することができる状況を示す。

【図5】Aは、環状に接続され13ビットの連続メモリを形成する11の磁気NOTゲートを示す。アスタリスクは図4Bにおいて測定が行われるループ内の点を示す。Bは、回転磁界の作用の下でループ周囲を循環する単純な13ビットのデータ・シーケンスを示す

10

20

30

40

50

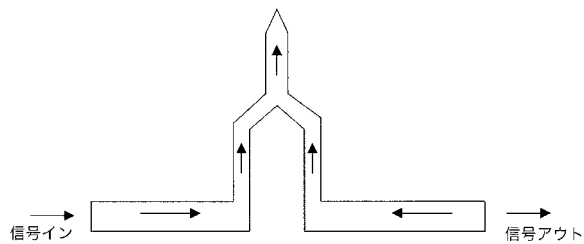
。

【図 6】本発明のデータ書き込みおよび読み出し機構の概略図である。

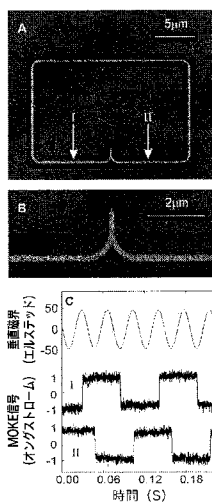
【図 7】電子マルチプレクサおよびデマルチプレクサによって個々にアドレス指定された同一の基板上の多数の磁気ループの概略図である。

【図 8】各々が多数のデータ・ループを含み 3 次元のメモリ立方体を形成する多数の基板の積み重ねの概略図である。

【図 1】

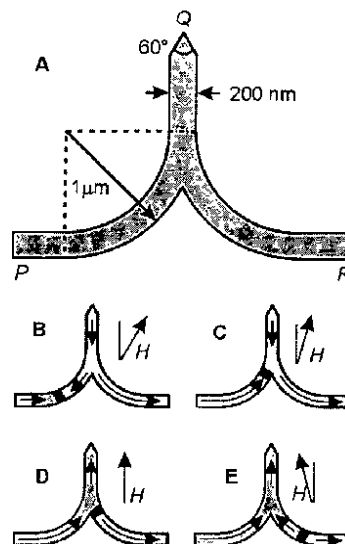


【図 2】

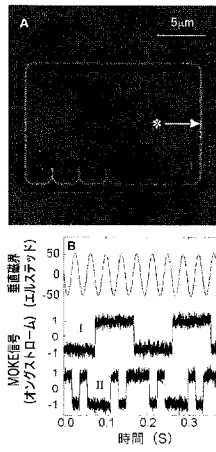


【図 3】

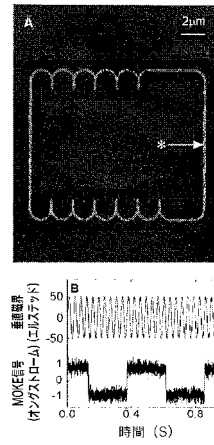
Figure 3



【図 4】

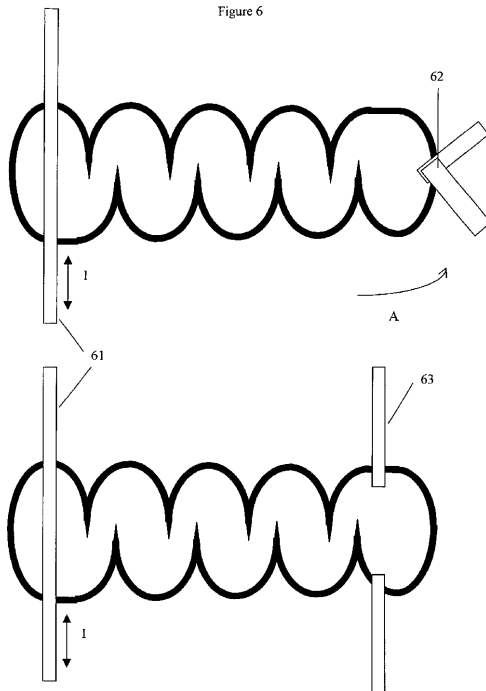


【図 5】



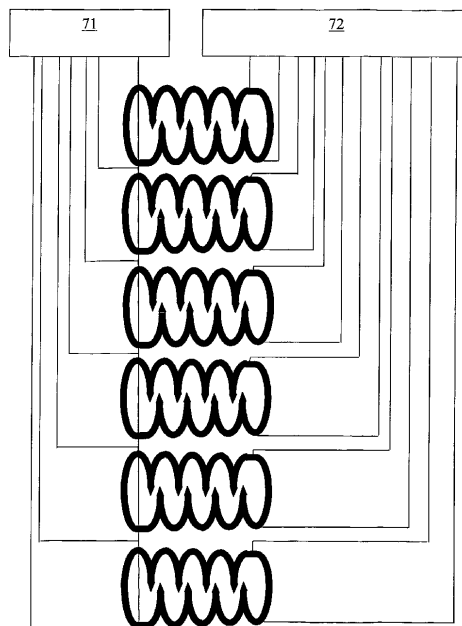
【図 6】

Figure 6



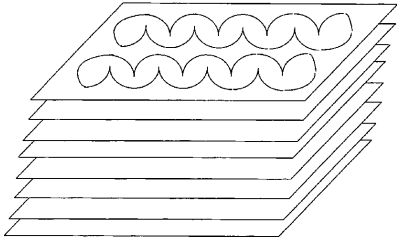
【図 7】

Figure 7



【図 8】

Figure 8



フロントページの続き

(72)発明者 カウバーン、ラッセル、ポール
イギリス国、ダーラム、サウス ロード、 ロチェスター ビルディング サイエンス ラボラト
リーズ、 ユニバーシティ オブ ダーラム、デパートメント オブ フィジックス

審査官 須原 宏光

(56)参考文献 米国特許第03811120(US, A)
国際公開第02/041492(WO, A1)
国際公開第01/031789(WO, A1)
国際公開第02/013208(WO, A1)
T.Taniyama et.al, Control of domain structures and magnetotransport properties in patterned ferromagnetic wires, Applied Physics Letters, 米国, American Institute of Physics, 2000年 1月31日, Vol.76, No.5, P.613-615
T.Ono et.al, 'Magnetization reversal and electric transport in ferromagnetic nanowires', Materials Science and Engineering B, ベルギー, Elsevier, 2001年 7月 5日, Vol.84, P.126-132
D.A.Allwood, R.P.Cowburn et.al, Submicrometer Ferromagnetic NOT Gate and Shift Register, Science, 米国, American Association for the Advancement of Science, 2002年 6月14日, Vol.296, P.2003-2006

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G11C 11/14
H01L 27/10
H01L 43/08
H01F 10/00