(19)日本国特許庁(JP)　(12)特 許 公 報(B2)　(11)特許番号
特許第6789614号
(P6789614)

(45)発行日 令和2年11月25日(2020.11.25)　(24)登録日 令和2年11月6日(2020.11.6)

(51)Int.Cl.		F I		
H01L 21/8239	(2006.01)	H01L	27/105	447
H01L 27/105	(2006.01)	H01L	43/12	
H01L 43/12	(2006.01)	H01L	43/08	Z
H01L 43/08	(2006.01)	H01L	21/302	105A
H01L 21/3065	(2006.01)	H01L	21/308	F

請求項の数 17　外国語出願　(全 14 頁)　最終頁に続く

(21)出願番号　特願2015-63653(P2015-63653)
(22)出願日　平成27年3月26日(2015.3.26)
(65)公開番号　特開2015-216360(P2015-216360A)
(43)公開日　平成27年12月3日(2015.12.3)
審査請求日　平成30年3月23日(2018.3.23)
(31)優先権主張番号　61/971,032
(32)優先日　平成26年3月27日(2014.3.27)
(33)優先権主張国・地域又は機関　米国(US)
(31)優先権主張番号　14/325,190
(32)優先日　平成26年7月7日(2014.7.7)
(33)優先権主張国・地域又は機関　米国(US)

(73)特許権者　592010081
ラム　リサーチ　コーポレーション
ＬＡＭ　ＲＥＳＥＡＲＣＨ　ＣＯＲＰＯＲＡＴＩＯＮ
アメリカ合衆国，カリフォルニア　９４５３８，フレモント，クッシング　パークウェイ　４６５０
(74)代理人　110000028
特許業務法人明成国際特許事務所
(72)発明者　サマンサ・エス．・エイチ．・タン
アメリカ合衆国　カリフォルニア州９４５５５　フレモント，タン・オーク・ドライブ，５８５３

最終頁に続く

(54)【発明の名称】不揮発性金属材料をエッチングする方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

ハードマスクの下に、かつピン止め層を伴う磁気トンネル接合（ＭＴＪ）スタックの上に、Ｒｕ含有層を配されたスタックをエッチングする方法であって、

ドライエッチングによって、導電材料層を有する前記ハードマスクをパターン形成することと、

前記パターン形成されたハードマスクを使用して前記Ｒｕ含有層をエッチングすることと、

前記ＭＴＪスタックをエッチングすることと、

前記ＭＴＪスタックに誘電体材料を被せることと、

前記ＭＴＪスタックへの被せに続いて、前記ピン止め層をエッチングすることと、

を備え、

前記ハードマスクをエッチングすること、前記Ｒｕ含有層をエッチングすること、前記ＭＴＪスタックをエッチングすること、前記ＭＴＪスタックへの被せを行うこと、および前記ピン止め層をエッチングすることは、１つのプラズマ処理チャンバの中で実施される、方法。

【請求項２】

請求項１に記載の方法であって、

前記ＭＴＪスタックのエッチングは、化学エッチャントガスに代わり、不活性ガスから形成されるプラズマによる低バイアススパッタリングを使用する、方法。

【請求項３】
請求項２に記載の方法であって、
前記低バイアススパッタリングは、１０ボルトから５００ボルトのバイアスを提供する、方法。
【請求項４】
請求項３に記載の方法であって、
前記Ｒｕ含有層をエッチングすることは、ウェットエッチングを提供する、方法。
【請求項５】
請求項４に記載の方法であって、
前記ＭＴＪスタックは、少なくとも１枚のＣｏＦｅ層と、少なくとも１枚のＭｇＯ層とを含む、方法。
【請求項６】
請求項５に記載の方法であって、
前記ピン止め層は、少なくとも１枚のＰｔＭｎ層を含む、方法。
【請求項７】
請求項１に記載の方法であって、
前記Ｒｕ含有層のエッチングは、ヒポクロリットおよび／またはO_3ベースの化学剤を使用する、方法。
【請求項８】
請求項１に記載の方法であって、
前記Ｒｕ含有層をエッチングすることは、ウェットエッチングを提供する、方法。
【請求項９】
請求項１に記載の方法であって、
前記ＭＴＪスタックは、少なくとも１枚のＣｏＦｅ層と、少なくとも１枚のＭｇＯ層とを含む、方法。
【請求項１０】
請求項１に記載の方法であって、
前記ピン止め層は、少なくとも１枚のＰｔＭｎ層を含む、方法。
【請求項１１】
請求項１に記載の方法であって、
前記ＭＴＪスタックをエッチングすることは、不活性衝撃ガスを使用し、これは、化学エッチャントガスを伴うことなく物理的衝撃を提供する、方法。
【請求項１２】
請求項１に記載の方法であって、
前記被せの誘電体材料は、シリコンベースの誘電体材料である、方法。
【請求項１３】
ピン止め層上の磁気トンネル接合（ＭＴＪ）スタック上のＲｕ含有層上のハードマスクを含むスタックをエッチングする方法であって、
ドライエッチングによって、導電材料層を有する前記ハードマスクをパターン形成することと、
前記パターン形成されたハードマスクを使用して前記Ｒｕ含有層をエッチングすることであって、ヒポクロリットおよび／またはO_3ベースの化学剤を使用する前記Ｒｕ含有層のエッチングと、
前記ＭＴＪスタックを前記ピン止め層までエッチングして、前記ＭＴＪスタックをパターン形成することと、
前記ハードマスク、前記Ｒｕ含有層、および前記パターン形成されたＭＴＪスタックの各側壁を、前記ピン止め層の上面まで、誘電体材料で密封することと、
前記ピン止め層をエッチングすることと、
を備える方法。
【請求項１４】

請求項１３に記載の方法であって、
前記ＭＴＪスタックをエッチングすることは、化学エッチャントガスに代わり、不活性ガスから形成されるプラズマによる低バイアススパッタリングを使用し、前記低バイアススパッタリングは、１０ボルトから５００ボルトのバイアスを提供する、方法。
【請求項１５】
請求項１３に記載の方法であって、
前記ＭＴＪスタックは、少なくとも１枚のＣｏＦｅ層と、少なくとも１枚のＭｇＯ層とを含む、方法。
【請求項１６】
請求項１３に記載の方法であって、
前記ＭＴＪスタックを密封することは、シリコンベースの誘電体材料によって前記ＭＴＪスタックを密封する、方法。
【請求項１７】
ハードマスクの下に配されたＲｕ含有層の下に配されたＭＴＪスタックの下にピン止め層を配されたスタックをエッチングする方法であって、
前記ハードマスクをドライエッチングによってエッチングすることと、
前記Ｒｕ含有層をエッチングすることと、
前記ＭＴＪスタックをエッチングすることと、
前記ＭＴＪスタックに誘電体材料を被せることと、
$SOCl_2$／ピリジン混合物、ＨＢｒ／ＤＭＳＯ混合物、またはCCl_4と、ＤＭＳＯ、アセトニトリル、ベンゾニトリル、またはジメチルホルムアミド（ＤＭＦ）の少なくとも１つと、の混合物を含む、貴金属に対して選択性の化学剤によって前記ピン止め層をエッチングすることと、
を備える方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
［関連出願の相互参照］
本出願は、米国特許法第１１９条（ｅ）に基づいて、２０１４年3月２７日に出願され発明の名称を「ＭＥＴＨＯＤＳ ＴＯ ＥＴＣＨ ＡＮＤ ＴＯ ＲＥＭＯＶＥ ＰＯＳＴ ＥＴＣＨ ＭＥＴＡＬＬＩＣ ＲＥＳＩＤＵＥ（エッチングの方法およびエッチング後の金属残留物を除去する方法）」とする米国仮特許出願第６１／９７１，０３２号の優先権を主張する。該出願は、あらゆる目的のために、参照によって本明細書に組み込まれる。
【背景技術】
【０００２】
本発明は、半導体素子の製造中にマスクを通して不揮発性材料の層をエッチングすることに関する。本発明は、特に、金属磁気トンネル接合（ＭＴＪ）スタックをエッチングすることに関する。
【０００３】
半導体ウエハの処理中は、金属を含有する層に特徴がエッチングされることがある。磁気ランダムアクセスメモリ（ＭＲＡＭ）または抵抗性ランダムアクセスメモリ（ＲＲＡＭ（登録商標））素子の形成では、複数の薄い金属層または金属膜を順次エッチングすることができる。ＭＲＡＭの場合は、磁気トンネル接合スタックを形成するために、複数の薄い金属層を形成することができる。
【発明の概要】
【０００４】
上記を実現するためにおよび本発明の目的にしたがって、ハードマスクの下にかつピン止め層を伴う磁気トンネル接合（ＭＴＪ）スタックの上にＲｕ含有層を配されたスタックをエッチングする方法が提供される。ハードマスクは、ドライエッチングによってエッチ

ングされる。Ｒｕ含有層は、ヒポクロリット（次亜鉛素酸塩）および／またはO_3ベースの化学剤を使用してエッチングされる。ＭＴＪスタックは、エッチングされる。ＭＴＪスタックには、誘電体材料が被せられる。ピン止め層は、ＭＴＪへの被せに続いてエッチングされる。

【０００５】

本発明の別の一顕現では、ピン止め層上の磁気トンネル接合（ＭＴＪ）スタック上のＲｕ含有層上のハードマスクを含むスタックをエッチングする方法が提供される。ハードマスク、Ｒｕ含有層、およびＭＴＪスタックは、エッチングされる。ＭＴＪスタックは、密封される。ピン止め層は、エッチングされる。

【０００６】

本発明の別の一顕現では、ハードマスク層の下に配されたＲｕ含有層の下に配されたＭＴＪスタックの下にピン止め層を配されたスタックをエッチングする方法が提供される。ハードマスクは、ドライエッチングによってエッチングされる。Ｒｕ含有層は、エッチングされる。ＭＴＪスタックは、エッチングされる。ＭＴＪスタックには、誘電体材料が被せられる。ピン止め層は、$SOCl_2$／ピリジン混合物、ＨＢｒ／ＤＭＳＯ混合物、またはCCl_4とＤＭＳＯ、アセトニトリル、ベンゾニトリル、またはジメチルホルムアミド（ＤＭＦ）の少なくとも１つとの混合物を含む、貴金属に対して選択性の化学剤によってエッチングされる。

【０００７】

本発明のこれらのおよびその他の特徴は、下記の図面と併せて以下の発明の詳細な説明のなかでさらに詳しく説明される。

【図面の簡単な説明】

【０００８】

本発明は、添付の図面において、限定的なものではなく例示的なものとして示され、図中、類似の参照符号は、同様の要素を指すものとする。

【０００９】

【図１】本発明の一実施形態を示したハイレベルフローチャートである。

【００１０】

【図２Ａ】本発明の一実施形態にしたがって処理されるスタックを示した概略図である。

【図２Ｂ】本発明の一実施形態にしたがって処理されるスタックを示した概略図である。

【図２Ｃ】本発明の一実施形態にしたがって処理されるスタックを示した概略図である。

【図２Ｄ】本発明の一実施形態にしたがって処理されるスタックを示した概略図である。

【図２Ｅ】本発明の一実施形態にしたがって処理されるスタックを示した概略図である。

【図２Ｆ】本発明の一実施形態にしたがって処理されるスタックを示した概略図である。

【図２Ｇ】本発明の一実施形態にしたがって処理されるスタックを示した概略図である。

【００１１】

【図３】エッチングに使用可能なエッチングリアクタを示した概略図である。

【００１２】

【図４】本発明の実施形態において使用されるコントローラを実現するのに適したコンピュータシステムを示した図である。

【発明を実施するための形態】

【００１３】

次に、本発明は、添付の図面に示されたその幾つかの好ましい実施形態を参照にして、詳細に説明される。以下の説明では、本発明の完全な理解を与えるために、数々の具体的詳細が明記されている。しかしながら、当業者にならば、本発明が、これらの詳細の一部または全部を伴わなくても実施可能であることが明らかである。また、本発明を不必要に不明瞭にしないために、周知のプロセス工程および／または構造の詳細な説明は、省略されている。

【００１４】

理解を促すために、図１は、本発明の一実施形態において使用されるプロセスを示した

ハイレベルフローチャートである。ハードマスクの下にかつ磁気トンネル接合（ＭＴＪ）スタックの上にＲｕ含有層を配されたスタックを伴う基板が提供される。ハードマスクは、エッチングされるまたは開口される（工程１０４）。Ｒｕ含有層は、ヒポクロリットおよび／またはオゾンベースの化学剤を使用してエッチングされる（工程１０８）。ＭＴＪスタックは、エッチングされる（工程１１２）。エッチングされたＭＴＪスタックは、密封される（工程１１６）。磁気ピン止め層は、エッチングされる（工程１２０）。このような磁気ピン止め層は、あらゆる目的のために参照によって本明細書に組み込まれるDevelopment of the magnetic tunnel junction MRAM at IBM: From first junctions to a 16-Mb MRAM demonstrator chip, IBM J. RES. & DEV. VOL. 50 NO. 1 JANUARY 2006で説明されている。

【００１５】

実施例

図２Ａは、スタック２００を示した断面図であり、このスタックは、この実施例では、磁気ランダムアクセスメモリ（ＭＲＡＭ）のために使用される。この実施例では、スタック２００のボトム層は、基板を覆って形成されるタンタルベリリウム（ＴａＢｅ）層２０４である。ＴａＢｅ層２０４を覆ってプラチナマンガン（ＰｔＭｎ）層２０８が形成される。ＰｔＭｎ層２０８を覆って第1のコバルト鉄（ＣｏＦｅ）層２１２が形成される。第1のＣｏＦｅ層２１２を覆って第1のルテニウム（Ｒｕ）層２１６が形成される。第1のＲｕ層２１６を覆って第2のＣｏＦｅ層２２０が形成される。第2のＣｏＦｅ層２２０を覆って第1の酸化マグネシウム（ＭｇＯ）層２２４が形成される。第1のＭｇＯ層２２４を覆って第3のＣｏＦｅ層２２８が形成される。第3のＣｏＦｅ層２２８を覆って第2のＭｇＯ層２３２が形成される。第2のＭｇＯ層２３２を覆ってチタン（Ｔｉ）層２３６が形成される。Ｔｉ層２３６を覆って第4のＣｏＦｅ層２４０が形成される。第4のＣｏＦｅ層２４０を覆って第1のタンタル（Ｔａ）層２４８が形成される。第1のＴａ層２４８を覆って第2のＲｕ層２５２が形成される。第2のＲｕ層２５２を覆って第2のＴａ層２５６が形成される。第2のＴａ層２５６を覆って窒化チタン（ＴｉＮ）層２６０および窒化シリコン（ＳｉＮ）層２６４を含むマスクがパターン形成される。この実施例では、第1のＣｏＦｅ層２１２および第1のＴａ層２４８を含むこれら両者の間の層が、磁気トンネル接合（ＭＴＪ）層２６８を形成する。ＰｔＭｎ層２０８およびＴａＢｅ層２０４は、ピン止め層２７０を形成する。ピン止め層２７０は、その他の材料で形成されてもよい。

【００１６】

一実施形態では、１つのプラズマエッチングチャンバの中で、全ての処理を実施することができる。図３は、このような一実施形態を実施するために使用可能なエッチングリアクタを示した概略図である。本発明の１つ以上の実施形態において、エッチングリアクタ３００は、チャンバ壁３５０によって囲われたエッチングチャンバ３４９内に、ガス入口を提供するガス分配板３０６と、チャック３０８とを含んでいる。エッチングチャンバ３４９内において、スタックを上に形成される基板３０４が、チャック３０８の上に位置決めされる。チャック３０８は、基板３０４を保持するために、静電チャック（ＥＳＣ）としてＥＳＣ源３４８からのバイアスを提供することができる、または基板３０４を保持するために、別の把持力を使用することができる。加熱ランプなどの熱源３１０が、金属層を加熱するために提供される。エッチングチャンバ３４９には、分配板３０６を通じて前駆体ガス源３２４がつながれる。

【００１７】

図４は、本発明の実施形態において使用されるコントローラ３３５を実現するのに適したコンピュータシステム４００を示したハイレベルブロック図である。コンピュータシステムは、集積回路、プリント回路基板、および小型携帯用端末から巨大スーパコンピュータに至る数多くの物理的形態をとることができる。コンピュータシステム４００は、１つ以上のプロセッサ４０２を含み、さらに、（グラフィックス、テキスト、およびその他のデータを表示するための）電子ディスプレイ装置４０４と、メインメモリ４０６（例えばランダムアクセスメモリ（ＲＡＭ））と、記憶装置４０８（例えばハードディスクドライ

ブ）と、着脱式記憶装置４１０（例えば光ディスクドライブ）と、ユーザインターフェース装置４１２（例えばキーボード、タッチ画面、キーパッド、マウス、またはその他のポインティングデバイスなど）と、通信インターフェース４１４（例えばワイヤレスネットワークインターフェース）とを含むことができる。通信インターフェース４１４は、リンクを通じてコンピュータシステム４００と外部装置との間でソフトウェアおよびデータが移行されることを可能にする。システムは、また、上記の装置／モジュールを接続された通信インフラストラクチャ４１６（例えば通信バス、クロスオーバー、またはネットワーク）も含んでいてよい。

【００１８】

通信インターフェース４１４を通じて伝達される情報は、ワイヤもしくはケーブル、光ファイバ、電話回線、携帯電話リンク、無線周波数リンク、および／またはその他の通信チャネルを使用して具現化可能な信号搬送通信リンクを通じて通信インターフェース４１４によって受信可能である電子信号、電磁信号、光信号、またはその他の信号などの信号の形態をとることができる。このような通信インターフェースによって、１つ以上のプロセッサ４０２は、上述された方法の工程を実施する過程においてネットワークから情報を受信するまたはネットワークに情報を出力することができると考えられる。さらに、本発明の方法の実施形態は、プロセッサ上のみで実行することができる、または処理の一部分を共有する遠隔プロセッサと連携してインターネットなどのネットワークを通じて実行することができる。

【００１９】

「非一時的なコンピュータ読み取り可能媒体」という用語は、一般に、メインメモリ、二次メモリ、着脱式記憶装置、ならびにハードディスク、フラッシュメモリ、ディスクドライブメモリ、ＣＤ－ＲＯＭ、およびその他の形態の永続メモリのような記憶装置などの媒体を言い、搬送波または信号などの一過性の対象を含むと見なされてはならない。コンピュータコードの例には、コンパイラによって作成されるなどのマシンコード、およびインタープリタを使用してコンピュータによって実行される高水準コードを含むファイルがある。コンピュータ読み取り可能媒体は、搬送波に盛り込まれたコンピュータデータ信号によって伝送されプロセッサによって実行可能である一連の命令を表すコンピュータコードであってもよい。

【００２０】

ハードマスクが、エッチングされるまたは開口される（工程１０４）。この実施例では、ハードマスクは、Ｔａ層２５６である。Ｔａ層２５６をエッチングするためのマスクとして、ＳｉＮ層２６４およびＴｉＮ層２６０が使用される。この実施形態では、Ｔａ層２５６をエッチングするために、プラズマエッチングが使用される。この実施形態では、エッチングガスとしてCl_2を使用するドライエッチングを使用することができる。図２Ｂは、Ｔａ層２５６がエッチングされた後のスタック２００を示した断面図である。

【００２１】

第２のＲｕ層２５２が、ヒポクロリットおよび／またはオゾンベースの化学剤を使用してエッチングされる（工程１０８）。一実施形態では、ヒポクロリットおよびオゾン化学剤をベースにしたエッチングを提供するために、プラズマエッチングを使用することができる。別の一実施形態では、ヒポクロリットおよびオゾンベースの化学剤は、ウェットエッチングに使用することができる。このような一実施形態では、第２のＲｕ層２５２をエッチングする前に、酸化シリコン残留物を除去するために希釈フッ化水素（ｄＨＦ）による事前洗浄を使用することができる。第２のＲｕ層２５２をエッチングするためのウェットエッチングでは、ＮａＣｌＯ水溶液を使用することができる。この実施例では、Ｒｕエッチングは、ＮａＣｌＯ水溶液を使用してウェットエッチングされる。その他のヒポクロリットエッチングプロセスには、ｐＨ＞１２であるＮａフリー溶液中のＨＣｌＯ、有機溶媒中の有機ヒポクロリットＲ－ＯＣｌ、Ｒを含むアルキル（$-CH_3$、$-CH_2CH_3$、$-C(CH_3)_3$など）、シクロアルキル、または芳香族カルボニルがある。図２Ｃは、第２のＲｕ層２５２がエッチングされた後のスタック２００を示した断面図である。ｐＨ＞１

２であるオゾン含有水溶液を使用したＲｕウェットエッチングの例には、オゾン飽和ＮａＯＨ、NH_4OH、または水酸化テトラメチルアンモニウム溶液がある。

【００２２】

ＭＴＪスタック２６８は、ピン止め層内への落ち込みを伴ってエッチングされる（工程１１２）。落ち込みは、ＭＴＪとピン止め層との境界を密閉するために、引き続き誘電体による被せを行うことを可能にする。この実施形態では、ＭＴＪスタック２６８をエッチングするために、低バイアスイオンスパッタリングが使用される。この実施形態では、この工程中に使用されるガスは、基本的にアルゴン（Ａｒ）からなる。好ましくは、低バイアスは、１０ボルトから５００ボルトの間のバイアスを提供する。より好ましくは、低バイアスは、２０ボルトから３００ボルトの間である。最も好ましくは、低バイアスは、１００ボルトから２００ボルトの間である。化学エッチャントガスを伴わずに不活性衝撃ガスのみを伴う低バイアスイオンスパッタリングは、ＭＴＪ堆積が少ないＭＴＪエッチングを提供することが、予期せず見いだされた。化学エッチャントガスは、化学反応を使用してエッチングを行う成分を伴うガスである。不活性衝撃ガスは、エッチングのために化学反応を使用するのではなく、物理的衝撃のみを使用する。図２Ｄは、第２のＭＴＪスタック２６８がエッチングされた後のスタック２００を示した断面図である。

【００２３】

エッチングされたＭＴＪスタック２６８は、誘電体材料からなる共形絶縁層２７２を堆積させることによって密封される（工程１１６）。この被せ層２７２は、底部層をエッチングするための後続プロセスによって引き起こされていただろう損傷をＭＴＪスタックが受けないようにするために、開口されたＭＴＪスタックを封じ込める。等しく重要なのは、被せ層が、後続の層をエッチングするプロセスを、ＭＴＪスタック２６８をエッチングするプロセスからも隔離することである。ＭＴＪの損傷として共通する２つのカテゴリには、ＭＴＪ不足の原因となる、ＭＴＪ側壁に再堆積するエッチング生成物、およびＭＴＪ層と反応して磁気特性を低下させる、エッチング化学剤がある。したがって、被せ層を伴うことなくスタック全体がエッチングされていた従来のプロセスでは、ＭＴＪスタックが損傷された。H_2O、酸素、ハロゲンベースの化学剤によるエッチング、またはプラズマシステムによるエッチングなど、ＭｇＯまたはＣｏＦｅＢを損傷させるいかなるエッチングプロセスも許容不可能である。適切な被せ層の選択は、開口されたＭＴＪを、後続のプロセスフローにおける不具合または劣化から隔離することを可能にする。理想的な被せ層は、したがって、後続の層をエッチングするためにおよびＭＴＪの電気／磁気特性を劣化から維持するためにＭｇＯ／ＣｏＦｅＢと相溶性のないものを含む多岐にわたるプロセスを活用するための窓を開くものである。ＳｉＮ、ＳｉＣ、ＳｉＣＮ、SiO_2、ＳｉＯＣ、$SiOCH_3$、$SiOCH_xCH_3$、Ｓｉなどのシリコンベースの誘電体膜、炭素ベースの誘電体膜（炭素、ポリマ）、窒化化合物（ＢＮ）など、多岐にわたる絶縁性被せ層が選択可能である。この実施例では、SiO_2およびＳｉＮを伴う被せ層が、実例として挙げられている。エッチングされたスタックを覆ってSiO_2の層を堆積させるために、SiH_4およびO_2からプラズマが形成される。別の一実施形態では、ＳｉＮの層が堆積される。図２Ｅは、SiO_2の堆積層２７２が堆積された後のスタック２００を示した断面図である。

【００２４】

堆積層２７２は、ＭＴＪスタック２６８の側壁が密封された状態で下位のＰｔＭｎ層２０８を露出させるために、エッチバック（開口）される。この実施形態では、堆積層を開口させるために、CF_4およびＡｒによるプラズマ開口プロセスが使用される。図２Ｆは、堆積層２７２が開口された後のスタック２００を示した断面図である。堆積層２７２の底部は、完全に除去されている。堆積層２７２の側壁は、薄くはなるかもしれないが、依然、ＭＴＪスタック２６８を密封したままである。

【００２５】

ピン止め層２７０は、エッチングされる（工程１２０）。一実施形態では、ピン止め層２７０は、ドライプラズマエッチングによってエッチングされる。別の一実施形態では、

ピン止め層２７０は、ウェットエッチングを使用してエッチングされる。例として、様々な比率で塩化チオニル（ＳＯＣｌ$_2$）を伴うピリジン混合物、およびアセトニトリルが例として挙げられるがそれには限定されない有機溶媒に希釈された混合物が挙げられる。ＰｔＭｎおよびその他の貴金属含有ピン止め層をエッチングするために、ＨＢｒとＤＭＳＯとの混合物も使用される。ＰｔＭｎおよびその他の貴金属含有ピン止め層をエッチングするために、ＣＣｌ$_4$と、ＤＭＳＯ、アセトニトリル、ベンゾニトリル、またはジメチルホルムアミド（ＤＭＦ）の少なくとも１つとの混合物も使用される。図２Ｇは、ピン止め層２７０がエッチングされた後のスタック２００を示した断面図である。スタック２０２をＭＲＡＭにするためには、堆積層２７２を除去するなどのさらなる処理工程を使用することができる。

【００２６】

本発明の一部の実施形態は、従来の技術に勝る多くの利点をもたらす。例えば、ＭＴＪスタック２６８を密封することによって、ピン止め層のエッチング中（工程１２０）におけるＭＴＪスタック２６８の損傷が回避される。また、ＭＴＪスタック２６８のエッチングのために、化学エッチングまたは高バイアスイオンスパッタリングに代わって低バイアスイオンスパッタリングを使用することによって、ＭＴＪスタック２６８の損傷がさらに軽減される。ＭＴＪスタック２６８の化学エッチングは、ＭＴＪスタック２６８層の一部を損なうだろう。低バイアスイオンスパッタリングは、ＭＴＪスタック２６８材料の再堆積を抑えられることが、予期せず見いだされた。再堆積される材料は、層間の短絡を引き起こす恐れがあるので、再堆積されるＭＴＪ材料の低減は、デバイスの品質を向上させる。このような再堆積材料の除去は、ＭＴＪ層を損傷させる恐れがある。ＭＴＪスタック２６８の損傷は、ＭＲＡＭの磁気特性に対し、望ましくない変化を引き起こすだろう。第２のＲｕ層２５２のエッチングのためにヒポクロリットおよび／またはオゾンベースの化学剤を使用すると、Ｒｕ層２５２に対する選択エッチングが向上されることが、予期せず見いだされた。これは、ＭＴＪスタック２６８のエッチングに使用されるものとは異なるエッチングレシピを必要とする。Ｒｕは、極めて不活性である。ヒポクロリットは、不活性なＲｕを酸化させるために必要とされる強い酸化剤である。これら２つの工程における異なる選択エッチングは、結果として、ＭＴＪスタック２６８の損傷および再堆積を低減させる。その他の実施形態では、ＭＴＪスタック２６８は、その他の層を含んでいてよい、または別の順番であってよい、またはさらに多いもしくは少ない層を有していてよい。ＭＴＪスタック２６８は、ＭＲＡＭを形成するために不可欠な形態である。

【００２７】

本発明は、幾つかの好ましい実施形態の観点から説明されているが、本発明の範囲に含まれるものとして、代替形態、置換形態、変更形態、および代わりとなる様々な均等物がある。また、本発明の方法および装置を実現する多くの代替のやり方があることも、留意されるべきである。したがって、以下の添付の特許請求の範囲は、本発明の真の趣旨および範囲に含まれるものとして、このようなあらゆる代替形態、置換形態、および代わりとなる様々な均等物を含むことを意図される。

本発明は、たとえば、以下のような態様で実現することもできる。

適用例１：

ハードマスクの下に、かつピン止め層を伴う磁気トンネル接合（ＭＴＪ）スタックの上に、Ｒｕ含有層を配されたスタックをエッチングする方法であって、

ドライエッチングによって前記ハードマスクをエッチングすることと、

前記Ｒｕ含有層をエッチングすることであって、該エッチングは、ヒポクロリットおよび／またはＯ$_3$ベースの化学剤を使用する、ことと、

前記ＭＴＪスタックをエッチングすることと、

前記ＭＴＪスタックに誘電体材料を被せることと、

前記ＭＴＪへの被せに続いて、前記ピン止め層をエッチングすることと、

を備える方法。

適用例２：

適用例１の方法であって、

前記ＭＴＪのエッチングは、化学エッチャントガスに代わり、不活性ガスから形成されるプラズマによる低バイアススパッタリングを使用する、方法。

適用例３：

適用例２の方法であって、

前記低バイアススパッタリングは、１０ボルトから５００ボルトのバイアスを提供する、方法。

適用例４：

適用例３の方法であって、

前記Ｒｕ含有層をエッチングすることは、ウェットエッチングを提供する、方法。

適用例５：

適用例４の方法であって、

前記ＭＴＪスタックは、少なくとも１枚のＣｏＦｅ層と、少なくとも１枚のＭｇＯ層とを含む、方法。

適用例６：

適用例５の方法であって、

前記ピン止め層は、少なくとも１枚のＰｔＭｎ層を含む、方法。

適用例７：

適用例６の方法であって、

前記ハードマスクをエッチングすること、前記Ｒｕ含有層をエッチングすること、前記ＭＴＪ層をエッチングすること、前記ＭＴＪ層への被せを行うこと、および前記ピン止め層をエッチングすることは、１つのプラズマ処理チャンバの中で実施される、方法。

適用例８：

適用例７の方法であって、

前記ＭＴＪスタックをエッチングすることは、不活性衝撃ガスを使用し、これは、化学エッチャントガスを伴うことなく物理的衝撃を提供する、方法。

適用例９：

適用例８の方法であって、

前記被せの誘電体材料は、シリコンベースの誘電体材料である、方法。

適用例１０：

適用例１の方法であって、

前記Ｒｕ含有層をエッチングすることは、ウェットエッチングを提供する、方法。

適用例１１：

適用例１の方法であって、

前記ＭＴＪスタックは、少なくとも１枚のＣｏＦｅ層と、少なくとも１枚のＭｇＯ層とを含む、方法。

適用例１２：

適用例１の方法であって、

前記ピン止め層は、少なくとも１枚のＰｔＭｎ層を含む、方法。

適用例１３：

適用例１の方法であって、

前記ハードマスクをエッチングすること、前記Ｒｕ含有層をエッチングすること、前記ＭＴＪ層をエッチングすること、前記ＭＴＪ層への被せを行うこと、および前記ピン止め層をエッチングすることは、１つのプラズマ処理チャンバの中で実施される、方法。

適用例１４：

適用例１の方法であって、

前記ＭＴＪスタックをエッチングすることは、不活性衝撃ガスを使用し、これは、化学エッチャントガスを伴うことなく物理的衝撃を提供する、方法。

適用例１５：

適用例１の方法であって、

前記被せの誘電体材料は、シリコンベースの誘電体材料である、方法。
適用例１６：
ピン止め層上の磁気トンネル接合（ＭＴＪ）スタック上のＲｕ含有層上のハードマスクを含むスタックをエッチングする方法であって、
前記ハードマスク、前記Ｒｕ含有層、および前記ＭＴＪスタックをエッチングすることと、
前記ＭＴＪスタックを密封することと、
前記ピン止め層をエッチングすることと、
を備える方法。
適用例１７：
適用例１６の方法であって、
前記ＭＴＪをエッチングすることは、化学エッチャントガスに代わり、不活性ガスから形成されるプラズマによる低バイアススパッタリングを使用し、前記低バイアススパッタリングは、１０ボルトから５００ボルトのバイアスを提供する、方法。
適用例１８：
適用例１６の方法であって、
前記ＭＴＪスタックは、少なくとも１枚のＣｏＦｅ層と、少なくとも１枚のＭｇＯ層とを含む、方法。
適用例１９：
適用例１６の方法であって、
前記ＭＴＪスタックを密封することは、シリコンベースの誘電体材料によって前記ＭＴＪスタックを密封する、方法。
適用例２０：
ハードマスク層の下に配されたＲｕ含有層の下に配されたＭＴＪスタックの下にピン止め層を配されたスタックをエッチングする方法であって、
前記ハードマスクをドライエッチングによってエッチングすることと、
前記Ｒｕ含有層をエッチングすることと、
前記ＭＴＪスタックをエッチングすることと、
前記ＭＴＪスタックに誘電体材料を被せることと、
$SOCl_2$／ピリジン混合物、ＨＢｒ／ＤＭＳＯ混合物、またはCCl_4と、ＤＭＳＯ、アセトニトリル、ベンゾニトリル、またはジメチルホルムアミド（ＤＭＦ）の少なくとも１つと、の混合物を含む、貴金属に対して選択性の化学剤によって前記ピン止め層をエッチングすることと、
を備える方法。

【図１】

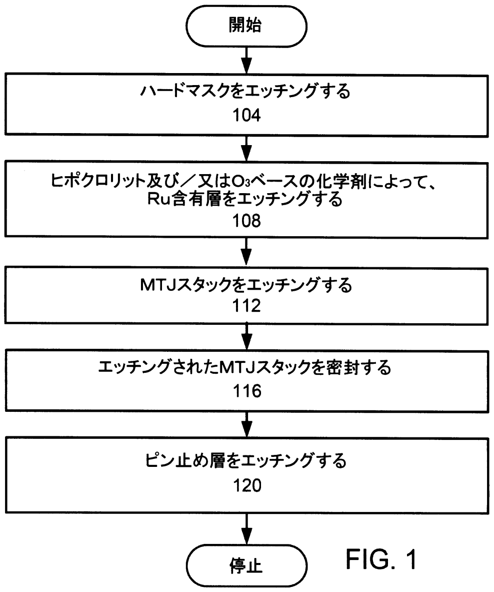

FIG. 1

【図２Ａ】

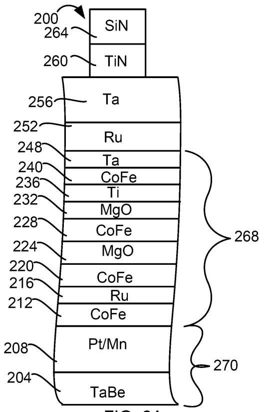

FIG. 2A

【図２Ｂ】

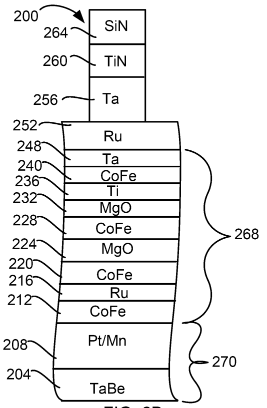

FIG. 2B

【図２Ｃ】

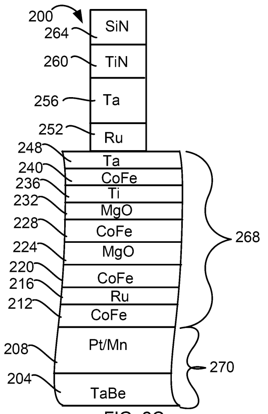

FIG. 2C

【図２Ｄ】

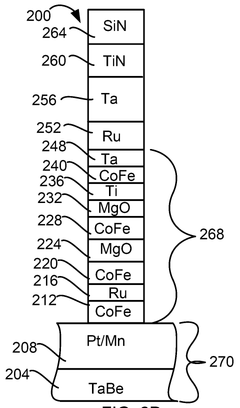

FIG. 2D

【図２Ｅ】

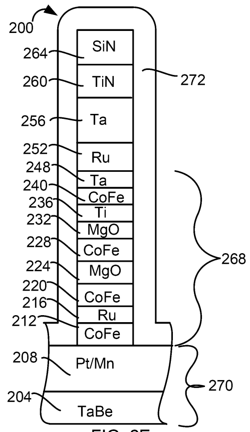

FIG. 2E

【図２Ｆ】

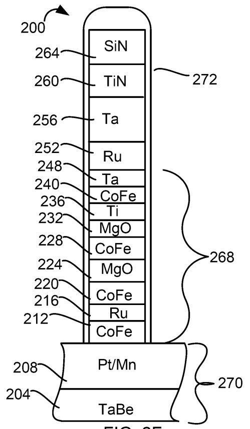

FIG. 2F

【図２Ｇ】

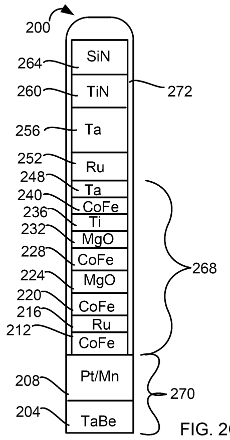

FIG. 2G

【図３】

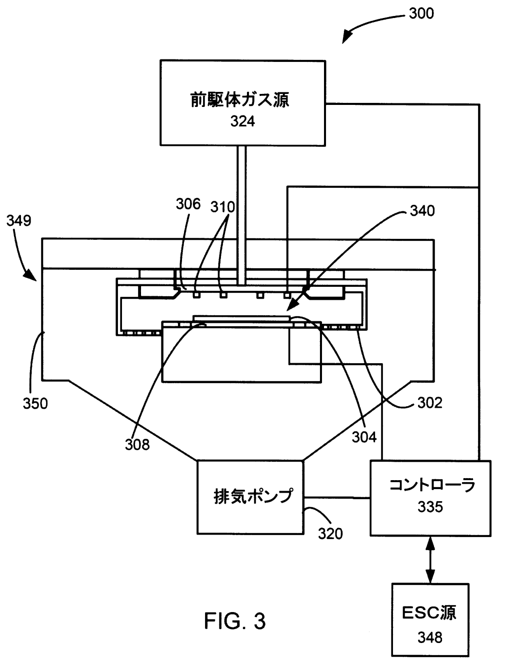

FIG. 3

【図４】

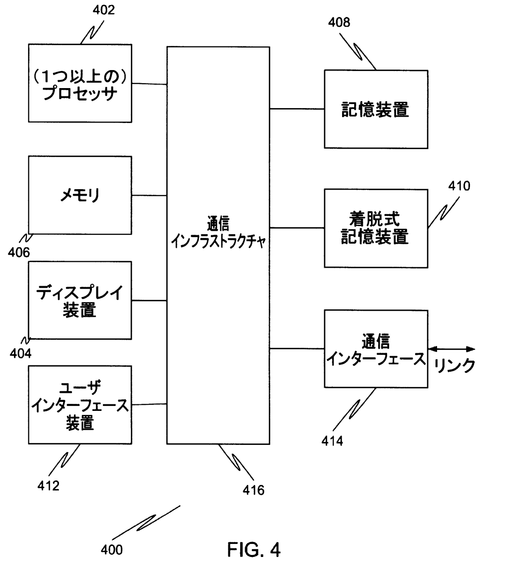

FIG. 4

フロントページの続き

(51)Int.Cl.　　　　　　　　　　　　ＦＩ
Ｈ０１Ｌ　21/308　　(2006.01)

(72)発明者　ウェンビン・ヤン
アメリカ合衆国　カリフォルニア州９４５３６　フレモント，ローウェル・プレイス，４５０
(72)発明者　メイファァ・シェン
アメリカ合衆国　カリフォルニア州９４５３９　フレモント，ペリー・コモン，６９４
(72)発明者　リチャード・ピー．・ジャネク
アメリカ合衆国　カリフォルニア州９４６０６　オークランド，ニュートン・アベニュー，３１９
(72)発明者　ジェフリー・マークス
アメリカ合衆国　カリフォルニア州９５０７０　サラトガ，カーメリアン・グレン・コート，１４５７８
(72)発明者　ハーミート・シン
アメリカ合衆国　カリフォルニア州９４５３９　フレモント，ベッカード・プレイス，４４３
(72)発明者　トルステン・リル
アメリカ合衆国　カリフォルニア州９５０５７　サンタ・クララ，ミューア・アベニュー，８８

審査官　宮本　博司

(56)参考文献　特開２００４－３３２０４５（ＪＰ，Ａ）
特開２００１－２４０９８５（ＪＰ，Ａ）
特開２０１３－０１６５８７（ＪＰ，Ａ）
特開２００７－１５８３６１（ＪＰ，Ａ）
特開２０１２－０３８８１５（ＪＰ，Ａ）
特表２０１３－５２４５１５（ＪＰ，Ａ）
特開２００６－０６０１７２（ＪＰ，Ａ）
特開２００９－２５３３０３（ＪＰ，Ａ）
特表２０１２－５０８４７１（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｈ０１Ｌ　２１／８２３９
Ｈ０１Ｌ　２１／３０６５
Ｈ０１Ｌ　２１／３０８
Ｈ０１Ｌ　２７／１０５
Ｈ０１Ｌ　４３／０８
Ｈ０１Ｌ　４３／１２