

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4982582号  
(P4982582)

(45) 発行日 平成24年7月25日(2012.7.25)

(24) 登録日 平成24年4月27日(2012.4.27)

(51) Int.Cl.		F I
HO 1 L 21/027 (2006.01)		HO 1 L 21/30 5 7 0
HO 1 L 21/3065 (2006.01)		HO 1 L 21/30 5 0 2 C
GO 3 F 7/40 (2006.01)		HO 1 L 21/302 1 0 5 A
		GO 3 F 7/40

請求項の数 9 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2010-83395 (P2010-83395)	(73) 特許権者	000003078 株式会社東芝 東京都港区芝浦一丁目1番1号
(22) 出願日	平成22年3月31日(2010.3.31)	(74) 代理人	110000235 特許業務法人 天城国際特許事務所
(65) 公開番号	特開2011-215371 (P2011-215371A)	(72) 発明者	大沢 裕一 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
(43) 公開日	平成23年10月27日(2011.10.27)	(72) 発明者	伊藤 順一 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
審査請求日	平成23年9月20日(2011.9.20)	(72) 発明者	柏田 沙織 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 マスクの製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

基板上に芯材パターンを形成する工程と、  
前記芯材パターンの上面及び側面を覆うように第1の材料を含む第1の膜を形成する工程と、

前記第1の膜上に第2の材料を含む第2の膜を形成する工程と、

前記芯材パターンの側面に前記第1の膜及び前記第2の膜を含む側壁層が形成され、かつ前記側壁層以外の前記第1の膜及び前記第2の膜が除去されるように、前記第1の膜及び前記第2の膜を異方性エッチングを行う工程と、

前記側壁層の前記第1の膜を等方性エッチングを行う工程と、

前記芯材パターンを除去する工程とを備えることを特徴とする

マスクの製造方法。

【請求項2】

前記異方性エッチングを行う工程は、前記側壁層が、前記芯材パターンの側面に対抗する面の上側の第1領域が第2の材料で構成され、下側の第2領域が第1の材料で構成されるように形成する工程であり、

前記等方性エッチングを行う工程は、前記第2領域が前記第1領域と比べて、前記芯材パターンの側面との平均距離が短くなるように形成する工程であることを特徴とする

請求項1記載のマスクの製造方法。

【請求項3】

前記等方性エッチングを行う工程は、前記第2領域が、前記第1領域のエッジより芯材パターンの側面側にリセスした形状となるように形成する工程であることを特徴とする請求項2記載のマスクの製造方法。

【請求項4】

前記等方性エッチングを行う工程は、前記第2領域が、円弧状に前記芯材パターンの側面に近接する形状であり、前記側壁層と前記基板との接触点では、前記第2領域が前記第1領域のエッジ側に近づく形状となるように形成する工程であることを特徴とする請求項3記載のマスクの製造方法。

【請求項5】

前記等方性エッチングを行う工程は、プラズマエッチング法を用いた工程であることを特徴とする請求項1記載のマスクの製造方法。

10

【請求項6】

前記等方性エッチングを行う工程は、ダウンフローエッチング法を用いた工程であることを特徴とする請求項1記載のマスクの製造方法。

【請求項7】

前記等方性エッチングを行う工程は、前記異方性エッチングする工程に比べて、ラジカル濃度が高い放電を用いる工程であることを特徴とする請求項1記載のマスクの製造方法。

【請求項8】

前記第1の材料は、シリコン窒化物であり、前記第2の材料は、シリコン酸化物であることを特徴とする請求項2記載のマスクの製造方法。

20

【請求項9】

前記第1の材料は、シリコン酸化物であり、前記第2の材料は、アルミ酸化物であることを特徴とする請求項2記載のマスクの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、微細加工用のマスクの製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、携帯型情報機器はじめ多くの情報ストレージデバイスにおいて、メモリ容量の増大はその機能向上へのみならず、ビットあたりの二酸化炭素低減という観点からも環境的に寄与している。

30

【0003】

また、Magnetic Random Access Memory (MRAM)は、磁気を用いた不揮発メモリであるためスタンバイ状態の電力消費量を抑制し、パソコンの大きな省電力化に寄与することが期待されている。

【0004】

ハードディスクドライブや固体メモリの容量上昇は、光露光システム高機能化により1ビットの書き込み・読み出しサイズを小さくすることで達成されてきた。近年、KrFエキシマステッパーからArFエキシマステッパーさらに液浸ArFエキシマステッパーを用いることで、より微細なパターンを描くことが可能となってきた。

40

さらに1ビットサイズを小さくしデバイスの容量を上昇させるために、International Technology Roadmap for Semiconductors (ITRS)では、次世代マスク形成技術としてEUV (Extreme Ultra Violet)光を用いた露光装置や直描電子線露光装置、ダブルパターンングと呼ばれる2回シフト露光を行う技術、そして側壁に形成した薄膜をマスクとして転写する技術が注目されている(例えば、特許文献1参照)。

【0005】

この側壁転写(Sidewall Transfer: SWT)法では、露光法等により形成したガイド(芯材)パターンの辺縁上に凹凸パターンを形成するための形成層(側壁膜)を形成し、エッ

50

チングにより形成層（側壁膜）をトリミングすることで、この層を芯材の側壁に選択的に残存させ、さらに芯材を除去することで形成層による凹凸パターンを形成する方法である。側壁転写技術は、側壁に形成された薄膜をマスク幅として用いるため、その寸法幅限界は原理的には原子レベルと考えられる。

【0006】

この側壁転写法では、垂直に近い角を持つ矩形のマスクパターンの形成が望ましく、角が落ちてしまわないようにすることが必要となる。矩形のマスクパターンの形成には、高いエッチング異方性が要求され、主にドライエッチングが使用される。そのため、ドライエッチング条件において側壁膜に対してエッチング速度の遅い側壁保護膜を形成することで良好な矩形性が得られることが開示されている（例えば、特許文献2参照）。

10

【0007】

ドライエッチングは化学反応を利用した化学的エッチング成分と、粒子の衝突エネルギーを利用した物理的エッチング成分の両方を持っている。そして、化学的エッチング成分は等方的にエッチングが進行し、物理的エッチング成分は異方的にエッチングが進行する。等方的にエッチングが進行すると、高い異方性が得られない。そのため、高い異方性を得るには化学的エッチング成分を抑制することが重要となる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献1】米国特許第4083098号公報

20

【特許文献2】特開2009-130035号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

しかし、物理的エッチング成分を増加させると、芯材や側壁膜自身の陰の影響により側壁膜の裾野がテーパーを引いた形状を取る。この裾野部分を有した側壁マスクは、寸法を規定する部分はその裾野であるため、側壁マスクの形成（エッチング）工程やその下部に形成された下地膜をパターンニングする際に時間的に変動し、ばらつきを発生させうる。このばらつきは1ピットの寸法仕様によっては、歩留まりに関わることとなる。

【0010】

30

本発明は、プロセスマージンの広いばらつきの小さな加工用マスクを提供することが出来るマスクの製造方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明の一観点によるマスクの製造方法は、基板上に芯材パターンを形成する工程と、前記芯材パターンの上面及び側面を覆うように第1材料を含む第1の膜を形成する工程と、前記第1の膜上に第2の材料を含む第2の膜を形成する工程と、前記芯材パターンの側面に前記第1の膜及び前記第2の膜を含む側壁層が形成され、かつ前記側壁層以外の前記第1の膜及び前記第2の膜が除去されるように、前記第1の膜及び前記第2の膜を異方性エッチングを行う工程と、前記側壁層の前記第1の膜を等方性エッチングを行う工程と、前記芯材パターンを除去する工程とを備えることを特徴とする。

40

【発明の効果】

【0012】

本発明のマスクの製造方法によれば、プロセスマージンの広いばらつきの小さな加工用マスクを提供することが出来る。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】(a)、(b)は、本発明の実施例1に係るマスクの製造方法を示す製造工程図である。

【図2】本発明の実施例1に係るマスクの製造方法を示す製造工程図である。

50

【図3】(a)～(d)は、本発明の実施例1に係るマスクの製造方法を示す製造工程図である。

【図4】本発明の実施例1に係るマスクの製造方法を示す製造工程図である。

【図5】(a)、(b)は、本発明の実施例1に係るマスクの製造方法を示す製造工程図である。

【図6】(a)、(b)は、下地膜転写モジュールにおけるエッチング進行過程を示す図である。

【図7】(a)～(d)は、それぞれ、リセス量の裾野テーパ角度依存性、リセス量のエッチング異方性依存性、リセス量の選択比依存性、リセス量のオーバーエッチング量依存性を示す図である。

10

【図8】制御性のレンジを入れ込んだ各パラメータのリセスへの影響を示す表である。

【図9】本発明の実施例1に係るマスクにおけるリセス量のオーバーエッチング依存性を示す図である。

【図10】本発明の実施例1に係るマスクにおける、制御性のレンジを入れ込んだ各パラメータのリセスへの影響を示す表である。

【図11】ケミカルドライエッチングにより形成される窪み形状の例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0014】

以下、図面を参照しながら、本発明の実施形態を説明する。

まず、一般的な側壁転写法において、裾野がある場合に、パターニングの際にはばらつきが生じる理由を説明する。

20

【0015】

図6は、下地膜転写モジュールにおけるエッチング進行過程を示す図である。側壁膜8aを用いて、下地層膜11(膜厚D)をエッチングし、ストッパー膜12表面にてエッチングを止める。仮定として、裾野部分(図中で囲った部分)の初期テーパ(角度 $\theta_1$ )のエッジがそのまま下に転写され、ジャストエッチングでは下地膜11エッジは $R_0$ の位置にあり、さらに、オーバーエッチングが進行するにつれ $R_1$ のリセスが進行する。オーバーエッチングEは下地膜11がジャストエッチング後も存在するとして仮想エッチング表面として記載している。

【0016】

30

裾野テーパは、高さ $W_0$ で初期角度 $\theta_1$ とし、最終角度 $\theta_2$ へは二つのリセス要因(選択比S, エッチング異方性A)で変化する。まず、解析的に側壁膜8aと下地膜11とのRIE選択比S(= Etching rate 比)によるリセス $R_s$ が発生する。さらに、エッチング異方性Aによるリセス $R_A$ が加わり総合リセス $R_2$ (= $R_s+R_A$ )が発生する。 $R_s$ 、 $R_A$ 、 $R_2$ はそれぞれ以下の式で記載される。

【0017】

$$\begin{aligned} R_s &= (D+E)/S \tan^{-1} \theta_1 \\ R_A &= (D+E)/S A \\ R_2 &= R_s + R_A \\ &= (D+E)/S (\tan^{-1} \theta_1 + 1/A) \end{aligned} \quad (1)$$

40

オーバーエッチングによるリセス $R_1$ は、 $R_1$ を底辺とする三角形および $R_2$ を底辺とする三角形の相似から

$$R_1 = E / (D+E) R_2$$

(1)を $R_2$ へ代入して

$$\begin{aligned} R_1 &= [E / (D+E)] [(D+E)/S (\tan^{-1} \theta_1 + 1/A)] \\ &= (E / S) (\tan^{-1} \theta_1 + 1/A) \end{aligned} \quad (2)$$

(2)式をばらつき計算の基本式とした。現実的 $\theta_1$ ( $>70$ 度)の下では、リセス $R_1$ は、オーバーエッチングE、テーパ角度の $\tan^{-1} \theta_1$ に比例、選択比S、エッチング異方性Aに反比例の関係となる。

【0018】

50

図7(a)にリセス量 $R_1$ の裾野テーパ角度 $\theta_1$ 依存性をエッチング異方性Aをパラメータに示す。現実的なテーパ角度の範囲においては、リセス量はテーパ角度と直線的な相関がある。リセス量の絶対値はエッチング異方性Aが大きくなるほど減少するが、ばらつきの原因となる傾きに対しては同じであることがわかる。図中、丸で示した部分は標準条件、横軸の矢印は設定したばらつき範囲を示している。

【0019】

図7(b)にリセス量のエッチング異方性A依存性、図7(c)にリセス量の選択比S依存性、図7(d)にリセス量のオーバーエッチング量依存性を示す。すべてのパラメータに一般的な制御性のレンジ(+/-20%)を入れ込んで各パラメータのリセス $R_1$ への影響を図8の表に示す。以下のように総合ばらつきは計算している。

【0020】

$$\text{総合ばらつき} = (0.190^2 + 0.167^2 + 0.314^2 + 0.603^2)^{1/2}$$

図8に示すように、ばらつき要因としては、オーバーエッチングEが最も大きい。この理由は、側壁マスクを用いた下地膜11へのRIEエッチング時に、側壁膜8aの裾野が逐次的に後退することにある。したがって、この裾野部分を側壁保護膜9aのエッジよりも後退させる「裾野アンダーカット構造」とすることで、側壁膜8aの裾野部分の逐次的なエッチング後退により発生する下地膜11リセスが抑制される。以下に示す実施例1に示すようなプロセスを経て加工を行った場合、原理的に裾野後退が発生しないため、大きなばらつき抑制を行うことができる。

【0021】

図9にオーバーエッチング耐性について裾野がある構造と比較する。裾野がアンダーカットしているということは、実効的にエッチング異方性Aおよび選択比Sが向上したと等価となる。Sに関しては側壁保護膜9aと下地膜、Aに関しては側壁保護膜9aの横方向エッチング速度に対する下地膜11エッチング速度となるため両者とも大幅に向上し、従来A=5、S=5であったものが、A=18、S=10に向上した。その結果、図9に示すようにリセス量は大幅に抑制できる。それらの各ばらつき要因における効果を図10の表に示す。オーバーエッチングにおけるばらつきを大幅に抑制できたことから、総合ばらつきを0.725nmから0.098nmへと従来の約14%へと大幅に抑制できることがわかる。

【実施例1】

【0022】

次に、本発明の実施例に係るマスクの製造プロセスを説明する。

【0023】

図1(a)、(b)、図2、図3(a)~(d)、図4、図5(a)、(b)は本発明の実施例に係るマスクの製造工程図である。

【0024】

まず、例えば、不図示の膜厚0.7mmのシリコン基板上に、図1(a)に示すように、トンネル磁気抵抗効果膜1を形成する。次に、このトンネル磁気抵抗効果膜1の上に、例えば膜厚70nmのTa(タンタル)マスク膜2を形成する。次に、タンタルマスク膜2の上に、例えば膜厚50nmのSiO<sub>x</sub>(酸化シリコン)マスク膜3を形成する。次に、酸化シリコンマスク膜3の上に、例えば膜厚30nmのSi(シリコン)下地膜4を形成する。次に、シリコン下地膜4の上に、例えば膜厚80nmのカーボン芯材膜5を形成する。次に、カーボン芯材膜5の上に、例えば膜厚5nmの酸化アルミ(AlO<sub>x</sub>)マスク膜6を形成する。トンネル磁気抵抗効果膜1、タンタルマスク膜2、酸化シリコンマスク膜3、シリコン下地膜4、カーボン芯材膜5、酸化アルミマスク膜6はそれぞれ、例えばスパッタ法により形成する。次に、酸化アルミマスク膜6上に電子線描画レジストを塗布し、その後電子線描画を行うことによりレジストパターン7を形成する。ここで、レジストパターン7として、例えば、ライン20nm、スペース80nmのパターンを形成するものとする。

【0025】

次に、図1(b)に示されるように、レジストパターン7をマスクとして、酸化アルミマスク膜6を、CHF<sub>3</sub>(三フッ化メタン)ガスによるRIE(Reactive Ion Etching)により

10

20

30

40

50

エッチングを行う。その後、カーボン芯材膜 5 を、酸素ガスによるRIEによりエッチングし矩形形状の芯材パターン 5 a を形成する。このとき、酸素RIEによりレジストパターン 7 は除去される。

【 0 0 2 6 】

次に、芯材パターン 5 a 上に残った酸化アルミ膜 6 a を T M A H (テトラメチルアンモニウムヒドロキシド；商品名NMD3, 東京応化工業) に浸漬して除去する。次に、図 2 に示されるように、芯材パターン 5 a の側面及び上面を覆うようにALD (Atomic Layer Deposition) 法を用いて、例えば15nmの膜厚のSiN (窒化シリコン) 側壁膜 8 を形成し、さらに窒化シリコン側壁膜 8 上に A L D 法を用いて、例えば5nmの膜厚のSiO<sub>x</sub> (酸化シリコン) 側壁保護膜 9 を形成する。

10

【 0 0 2 7 】

次に、図 3 ( a ) に示されるように、三フッ化メタンガスを用いたRIEにて酸化シリコン側壁保護膜 9 を異方性エッチングし、さらにCF<sub>4</sub> (四フッ化メタン) + O<sub>2</sub> (酸素) + CHF<sub>3</sub> (三フッ化メタン) 混合ガスを用いたRIEにて窒化シリコン側壁膜 8 の異方性エッチングを行う。尚、異方性エッチングは、図 3 ( a ) の矢印方向に行う。異方性エッチングの結果、芯材パターン 5 a の上部およびシリコン下地膜 4 上に形成された窒化シリコン側壁膜 8 と酸化シリコン側壁保護膜 9 の積層膜が選択的にエッチングされ、芯材パターン 5 a の側壁に窒化シリコン側壁膜 8 a と酸化シリコン側壁保護膜 9 a を備える酸化シリコン / 窒化シリコン側壁層 10 が形成される。ここで、窒化シリコン側壁膜 8 a の上部 ( 図 3 ( a ) で t で示す領域。 ) および側部 ( 図 3 ( a ) で領域 u で示す裾野部分。 ) にテーパが形成される。一方、酸化シリコン側壁保護膜 9 a はエッチングが抑制されている。

20

【 0 0 2 8 】

図 3 ( b ) に、芯材パターン 5 a の側部に残存した酸化シリコン / 窒化シリコン側壁層 10 の拡大図を示す。酸化シリコン / 窒化シリコン側壁層 10 の芯材パターン 5 a の側面と対向する側面は、上部 ( 図 3 ( b ) に、領域 v で示す。 ) は、酸化シリコン側壁保護膜 9 a で形成され、下部は、窒化シリコン側壁膜 8 a で形成される ( 領域 u で示す ) 。領域 u における高さ w<sub>1</sub> は、領域 t の厚さ W<sub>0</sub> とほぼ等しく、幅は s<sub>0</sub> のテーパ形状である。ここで、酸化シリコン / 窒化シリコン側壁層 10 の芯材パターン 5 a の側面と対向する側面のうち、上部 ( 領域 v ) を第 1 領域 v と称し、下部を第 2 領域 u と称する。また、前述した窒化シリコン側壁膜 8 a の上部 ( 領域 t ) を第 3 領域 t と称する。

30

【 0 0 2 9 】

次に、図 3 ( c ) に示すように、CHF<sub>3</sub> (三フッ化メタン) + O<sub>2</sub> (酸素) + H<sub>2</sub> (水素) 混合ガスを用いたCDE (Chemical Dry Etching) 法を用いた窒化シリコン側壁膜 8 a の等方的なドライエッチングを行い、窒化シリコン側壁膜 8 a を選択的にエッチングする。一方、酸化シリコン側壁保護膜 9 a はエッチングが抑制されている。これにより、窒化シリコン側壁膜 8 a の上部 ( 図 3 ( c ) で t で示す領域。 ) および側部 ( 図 3 ( c ) で u で示す領域。 ) に窪みが形成される。

【 0 0 3 0 】

図 3 ( d ) に、酸化シリコン / 窒化シリコン側壁層 10 の拡大図を示す。図 3 ( b ) に記載した窒化シリコン側壁膜 8 a の側部 u のテーパ形状は、CDE法を用いたエッチングにより、窪み状に凹んだ形状となる。ここで、窒化シリコン側壁膜 8 a の領域 u の凹みは、シリコン下地膜 4 との接点 z において、酸化シリコン側壁保護膜 9 a のエッジ e より、幅 s<sub>1</sub>、酸化シリコン / 窒化シリコン側壁層 10 の芯材パターンの側面にリセスしている。この幅 s<sub>1</sub> のリセスを作り出すことによって、酸化シリコン / 窒化シリコン側壁層 10 ( 側壁マスク ) を用いたシリコン下地膜 4 への転写ばらつきを格段に抑制することが可能となる。

40

【 0 0 3 1 】

次に、図 4 に示すように、酸素ガスを用いたRIEにより、芯材パターン 5 a を除去する。

【 0 0 3 2 】

次に、図 5 ( a ) に示すように、酸化シリコン / 窒化シリコン側壁層 10 をマスクにしてシ

50

リコン下地膜 4 を  $\text{SF}_6$  (六フッ化硫黄) +  $\text{O}_2$  (酸素) 混合ガスによるRIEを用いてエッチングする。

【0033】

次に、図5(b)に示すように、パターニングされたシリコン下地膜 4 a をマスクにして酸化シリコンマスク膜 3 を  $\text{CHF}_3$  (三フッ化メタン) ガスによるRIEを用いたエッチングを行う。次に、パターニングされた酸化シリコンマスク膜 3 a を用いて、タンタルマスク膜 2 を  $\text{Cl}_2$  系ガスによるRIEを用いたエッチングを行う。

【0034】

更に、図示はしないが、タンタルマスク膜 2 を用いて、トンネル磁気抵抗効果膜 1 のパターニングを行うことにより、磁気メモリ用の磁性ドット (MTJ (Magnetic Tunnel Junction)) を形成する。

10

【0035】

本実施例のマスクの製造方法によれば、側壁マスクの側壁膜の裾野部分を側壁保護膜よりもリセスした形状とすることで、プロセスマージンの広いばらつきの小さな加工用マスクを提供することが出来る。

【0036】

なお、以上の実施例において、窒化シリコン側壁膜の代わりに、 $\text{SiO}_x$  (酸化シリコン) 側壁膜を用いて、酸化シリコン側壁保護膜の代わりに  $\text{AlO}_x$  (酸化アルミ) 側壁保護膜を用いることができる。この場合、図3(a)におけるRIEによる異方性エッチングを、 $\text{CHF}_3$  (三フッ化メタン) を用いて、酸化アルミ側壁保護膜、酸化シリコン側壁膜を連続的にエッチングする。また、図3(c)の等方性エッチングを、 $\text{NF}_3$  (三フッ化窒素) +  $\text{N}_2$  (窒素) +  $\text{Ar}$  (アルゴン) ガスによるCDE法を適用する。

20

【0037】

また、等方性エッチングとしては、プラズマエッチング法を用いたエッチング、ダウンフローエッチング法を用いたエッチング、異方性エッチングと比べて、ラジカル濃度が高い放電を用いるエッチングを用いることもできる。少なくとも、図3(c)の等方性エッチングの工程が、図3(a)における異方性エッチングと比べて、側壁膜を等方的にエッチングできればよい。

【0038】

また、等方的なエッチングはAtomic Layer Etching(ALET)などと呼ばれる方法も有用である。ALETはエッチャントとなるガスを導入し、基板表面に吸着させて、その後Arなどで微弱なプラズマを発生させて吸着表面層だけ原子的にエッチングを行う技術である。たとえば、第1の層(側壁膜)としてGaAs、第2の層(側壁保護膜)としてAl酸化物を形成し、 $\text{Cl}_2$  (塩素) ガスを1L(ラングミュアー) 導入した後、 $0.1\text{W}/\text{cm}^2$ 以下のAr放電でGaAs面1原子層だけ後退させることが可能である。これを10回繰り返すことで十分なアンダーカットが得られる。この際、Si下地層の表面に1nm程度のAl酸化物を形成しておくことが望ましい。第1の層(側壁膜)としてGaAsの代わりにZr酸化物を用い、第2の層(側壁保護膜)としてAl酸化物を用い、 $\text{BCl}_3$ ガスをエッチャントガスとして導入吸着させ、Arガスの微弱放電でZr酸化物を選択的に後退させることが出来る。

30

【0039】

さらに本実施例では基板として、シリコン基板のみを想定しているが、T a マスク膜 2、酸化シリコンマスク膜 3、シリコン下地膜 4 を含めて基板と考えても良い。

40

【0040】

次に、図3(c)の等方的なドライエッチング工程後に形成される酸化シリコン/窒化シリコン側壁層10の形状のバリエーションを説明する。

【0041】

酸化シリコン/窒化シリコン側壁層10の第2領域uの窪みは側壁保護膜9aのエッジよりも後退していることが望ましい。例えば、図11(a)に示す円弧状構造、図11(b)に示すような、高さが下がるにつれ単調にリセス量  $s_1$  が増える構造、図11(c)に示すような正テーパ形状などが望ましい。もっとも望ましいのは下地膜4との接点zに向かって

50

(下方に向かうほど)、側壁保護膜9 aのエッジeに近づく構造である。これは、下地膜4をRIEエッチングする場合に、たかだか10-20nm程度であるが高さ $W_1$ の部分にRIEガスが回りこんで下地膜の $s_1$ と記載した部分をエッチングする可能性があるからである。したがって、図1 1(a)や図1 1(c)に記載したように、下地膜のごく近傍では、正テーパーを形成している構造が望ましい。

【0042】

尚、酸化シリコン/窒化シリコン側壁層10の第2領域uの窪みは側壁保護膜9 aのエッジよりも必ずしも全て後退している必要はなく、図1 1(d)に示すようにわずかに突出しても、従来の裾野構造に比べるとリセス抑制の効果がある。尚、この突出量 $S_1$ は $W_1$ の1/3以下が望ましい。

10

【0043】

なお、酸化シリコン/窒化シリコン側壁層10の形状は、以上の形状に限られない。酸化シリコン/窒化シリコン側壁層10の側面のうち、側壁膜8 aの側部uが、側壁保護膜9 aの側部vと比べて、芯材パターン5 aとの平均距離が短くなるような形状であることが好ましい。また、側壁膜9 bの側部u全ての部分が、側壁保護膜9 bの側部vより、芯材パターン5 a側にあれば、更に好ましい。

【0044】

なお、本発明は上記実施例そのままに限定されるものではなく、実施段階ではその要旨を逸脱しない範囲で構成要素を変形して具体化できる。また、上記実施例に開示されている複数の構成要素の適宜な組み合わせにより、種々の発明を形成できる。例えば、実施例に示される全構成要素から幾つかの構成要素を削除してもよい。さらに、異なる実施例にわたる構成要素を適宜組み合わせてもよい。

20

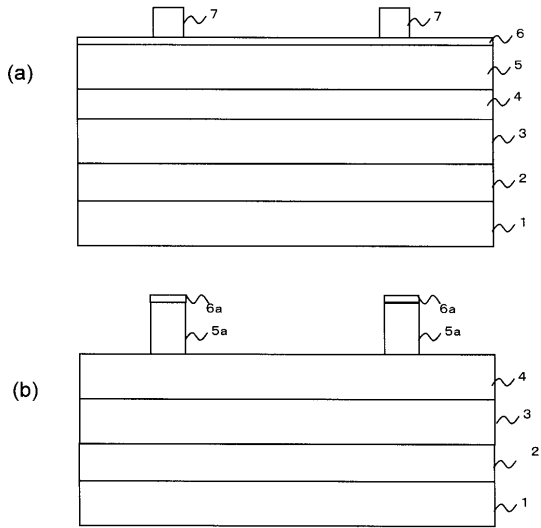
【符号の説明】

【0045】

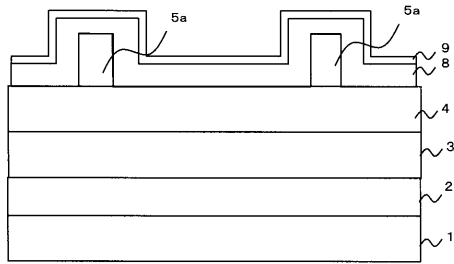
1・・・トンネル磁気抵抗効果膜、2, 2 a・・・タンタルマスク膜、3, 3 a・・・酸化シリコンマスク膜、4, 4 a・・・シリコン下地膜、5・・・カーボン芯材膜、6, 6 a・・・酸化アルミマスク膜、7・・・レジストパターン、5 a・・・芯材パターン、8, 8 a・・・窒化シリコン側壁膜、9, 9 a・・・酸化シリコン側壁保護膜、10・・・酸化シリコン/窒化シリコン側壁層。



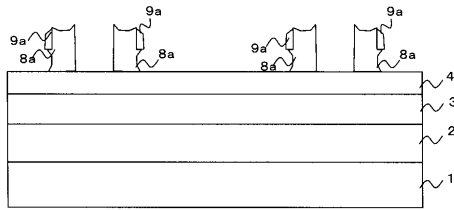
【図1】



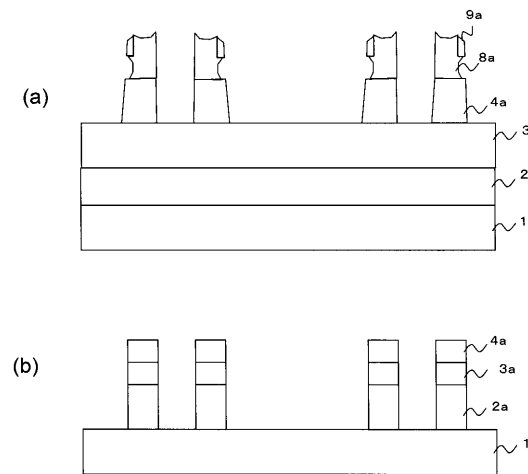
【図2】



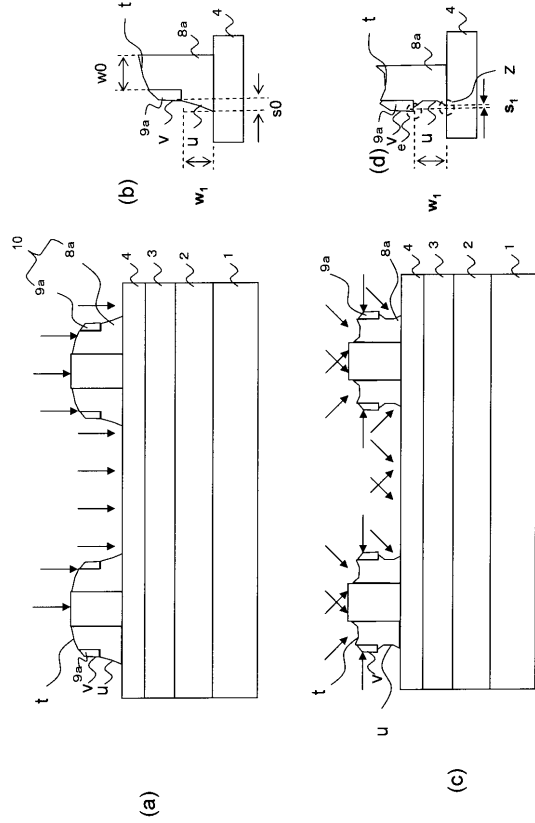
【図4】



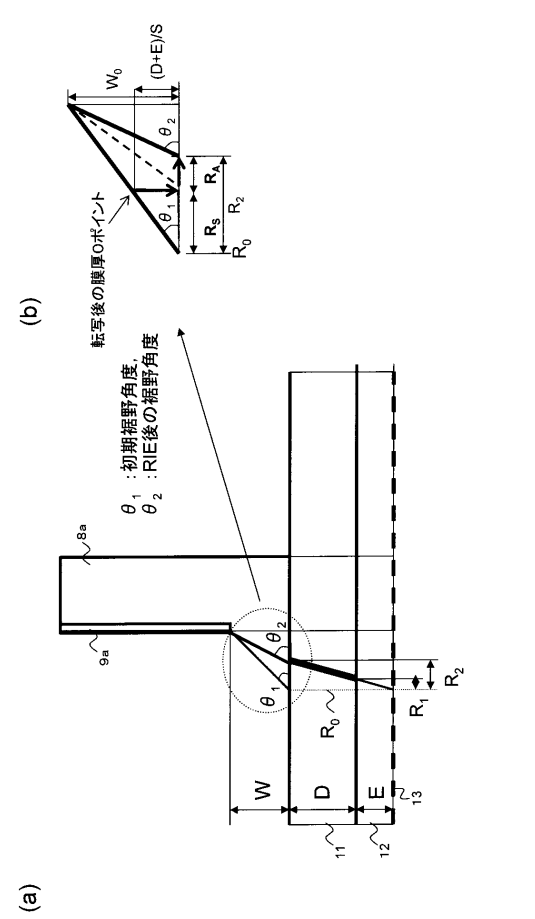
【図5】



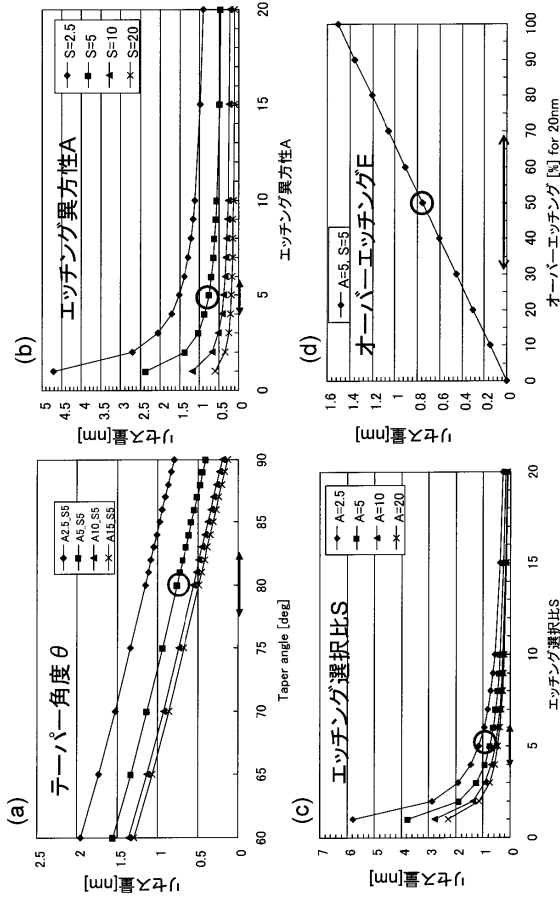
【図3】



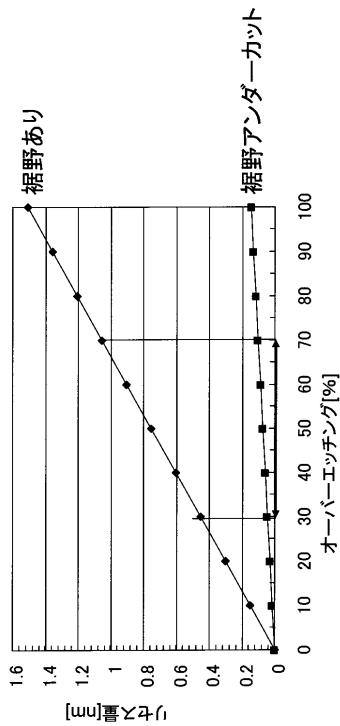
【図6】



【図7】



【図9】



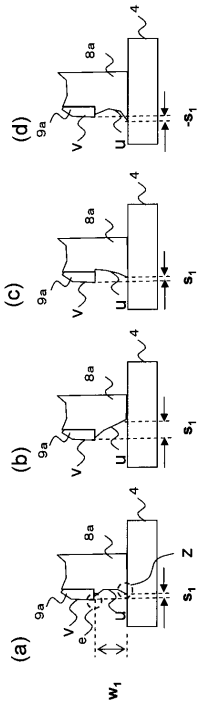
【図8】

ばらつき要因	リセス変動量	中心値 想定変動(6σ)
テーパθ	0.190 nm	80 +/-2.5 deg
異方性A	0.167 nm	5 +/-20%
選択比S	0.314 nm	5 +/-20%
オーバーエッチングE	0.603 nm	50 +/-20%
総合ばらつき ばらつき率	0.725 nm 3.6%	

【図10】

ばらつき要因	従来法	本発明
テーパθ	0.190 nm 80 +/-2.5 deg	0.076 nm 89 +/-1 deg
異方性A	0.167 nm 5 +/-20%	0.013 nm 18 +/-20%
選択比S	0.314 nm 5 +/-20%	0.013 nm 10 +/-20%
オーバーエッチングE	0.603 nm 50 +/-20%	0.059 nm 50 +/-20%
総合ばらつき	0.725 nm	0.098 nm

【 図 1 1 】



---

フロントページの続き

(72)発明者 鎌田 親義

東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社 東芝内

審査官 新井 重雄

(56)参考文献 米国特許出願公開第2006/0240361(US, A1)

特開2000-252263(JP, A)

特開2009-141141(JP, A)

国際公開第2006/101695(WO, A1)

国際公開第2008/143301(WO, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/027

H01L 21/3065

G03F 7/40