

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-349687
(P2004-349687A)

(43) 公開日 平成16年12月9日(2004.12.9)

(51) Int.Cl.⁷H01L 21/3065
H01L 27/105
H01L 43/08
H01L 43/10
H01L 43/12

F 1

H01L 21/302 105A
H01L 43/08 Z
H01L 43/10
H01L 43/12
H01L 27/10 447

テーマコード(参考)

5FO04
5FO83

審査請求 未請求 請求項の数 25 O L 外国語出願 (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2004-123262 (P2004-123262)
 (22) 出願日 平成16年4月19日 (2004.4.19)
 (31) 優先権主張番号 10/418449
 (32) 優先日 平成15年4月17日 (2003.4.17)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(71) 出願人 390040660
 アプライド マテリアルズ インコーポレ
 イテッド
 APPLED MATERIALS, I
 NCORPORATED
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95
 054 サンタ クララ パウアーズ ア
 ベニュー 3050
 (74) 代理人 100088155
 弁理士 長谷川 芳樹
 (74) 代理人 100094318
 弁理士 山田 行一
 (74) 代理人 100104282
 弁理士 鈴木 康仁

最終頁に続く

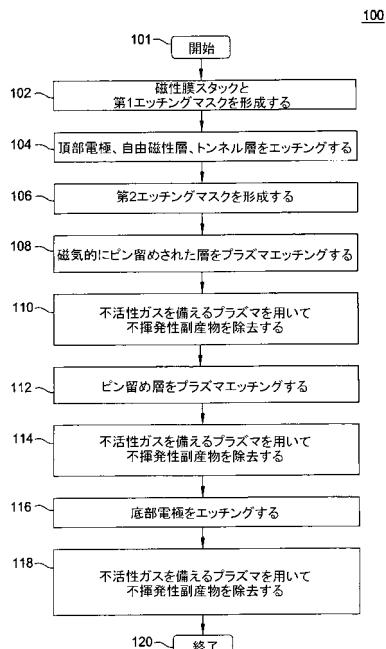
(54) 【発明の名称】抗磁ランダムアクセスメモリ (MRAM) 装置の製造方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】抗磁ランダムアクセスメモリ (MRAM) 装置の製造のために磁性材料をエッティングする改善された方法を提供する。

【解決手段】複数層磁性スタックの各層は、プラズマエッティングステップ 108, 112, 116、それに続くプラズマ処置ステップ 110, 114, 118 を含むプロセスシーケンスを使用してエッティングされる。プラズマ処置ステップ 110, 114, 118 は、不活性ガスを備えるプラズマを使用し、プラズマエッティングステップ 108, 112, 116 中に形成された残留物を除去する。

【選択図】図 1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

金属層をプラズマエッティングする方法において：

(a) 複数の金属層上に形成されたパターン化されたマスクを上部に有する基板を提供するステップと；

(b) 第1混合ガスを備える第1プラズマを発生させるステップと；

(c) 前記複数の金属層の第1金属層を、第1プラズマを使用してエッティングするステップであって、前記基板上に金属残留物が形成される、前記ステップと；

(d) 不活性ガスを備える第2プラズマで前記第1プラズマを置き換えるステップであって、第2プラズマに対する前記基板の露出により、前記基板上に形成された前記金属残留物を除去する、前記ステップと；

を備える、前記方法。

【請求項 2】

前記第2プラズマは、ステップ(c)の終わりと一致する前記第1プラズマを置き換える、請求項1記載の方法。

【請求項 3】

前記不活性ガスは、アルゴン(Ar)、ネオン(Ne)、ヘリウム(He)から成る群より選択された少なくとも一つのガスを備える、請求項1記載の方法。

【請求項 4】

前記複数の金属層は、少なくとも一つの磁性層と、反強磁性層とを備える、請求項1記載の方法。

【請求項 5】

前記複数の金属層は、少なくとも一つのコバルト鉄合金(CoFe)、ルテニウム(Ru)、ニッケル鉄合金(NiFe)、ニッケル鉄クロム合金(NiFeCr)、プラチナマンガン合金(PtMn)、イリジウムマンガン合金(IrMn)、タンタル(Ta)、タンタル窒素化合物(TaN)を備える、請求項1記載の方法。

【請求項 6】

前記ステップ(d)は、約5～40ミリトルの範囲内のチャンバ圧力で実行される、請求項1記載の方法。

【請求項 7】

前記ステップ(d)は、前記基板を約5～30秒間、前記第2プラズマに前記基板を露出する工程を備える、請求項1記載の方法。

【請求項 8】

前記ステップ(d)は：

50～400sccmの間の流量でアルゴン(Ar)を提供する工程と；

前記基板を約15～250の温度、5～40ミリトルの処理チャンバ圧力で維持する工程と；

アルゴン(Ar)プラズマを形成するため、約3000Wの電力を誘導結合アンテナに印加する工程と；

前記基板を約5～30秒間、前記アルゴン(Ar)プラズマに露出する工程と、を備える、請求項1記載の方法。

【請求項 9】

前記ステップ(c)～(d)は、前記複数の金属層の、少なくとも第2の金属層に対して繰り返される、請求項1記載の方法。

【請求項 10】

抗磁ランダムアクセスメモリ(MRAM)装置を製造する方法において：

(a) 上部に頂部電極層、自由磁性層、トンネル層、複数層磁性膜スタック、底部電極層、バリア層を持つ基板を提供するステップと；

(b) 前記頂部電極層、前記自由磁性層、前記トンネル層をエッティングするステップと；

(c) 第1混合ガスを備える第1プラズマを使用して前記複数層磁性膜スタックの第1層

10

30

40

50

をエッティングするステップであって、前記基板には金属残留物が形成される、前記ステップと；

(d) 不活性ガスを備える第2プラズマで前記第1プラズマを置き換えるステップであって、前記第2プラズマに対する前記基板の露出により、前記基板上に形成された前記金属残留物を除去する、前記ステップと；

(e) 第2混合ガスを備える第3プラズマを使用して前記複数層磁性膜スタックの第2層をエッティングするステップであって、前記基板上に金属残留物が形成される、前記ステップと；

(f) 不活性ガスを備える第4プラズマで第3プラズマを置き換えるステップであって；前記第4プラズマに対する前記基板の露出により、前記基板上に形成された金属残留物を除去する、前記ステップと；

(g) 第3混合物を備える第5プラズマを使用して前記底部電極をエッティングするステップであって、前記基板上に金属残留物が堆積される、前記ステップと；

(h) 不活性ガスを備える第6プラズマで前記第5プラズマを置き換えるステップであって、前記第6プラズマに対する前記基板の露出は、前記基板上に形成された前記金属残留物を除去する、前記ステップと；

を備える、前記方法。

【請求項11】

1以上の前記第2プラズマ、前記第4プラズマ、前記第6プラズマは、ステップ(c)、(e)、(g)の終わりと一致する、1以上の前記第1プラズマ、前記第3プラズマ、前記第5プラズマを置き換える、請求項10記載の方法。

【請求項12】

前記第2プラズマ、前記第4プラズマ、前記第6プラズマの前記不活性ガスは、アルゴン(Ar)、ネオン(Ne)、ヘリウム(He)から成る群から選択された少なくとも一つのガスを備える、請求項10記載の方法。

【請求項13】

前記複数層磁性スタックは、少なくとも一つの磁性層と、反強磁性層とを備える、請求項10記載の方法。

【請求項14】

前記少なくとも一つの磁性層は、コバルト鉄合金(CoFe)、ルテニウム(Ru)、ニッケル鉄クロム合金(NiFeCr)、ニッケル鉄合金(NiFe)から成る群から選択された材料を備える、請求項13記載の方法。

【請求項15】

前記少なくとも一つの反強磁性層は、プラチナマンガン合金(PtMn)およびイリジウムマンガン合金(IrMn)から成る群から選択された材料を備える、請求項13記載の方法。

【請求項16】

前記底部電極は、タンタル(Ta)およびタンタル窒素化合物(TaN)から成る群から選択された材料を備える、請求項10記載の方法。

【請求項17】

ステップ(d)、(f)、(h)は、それぞれ、約5から40ミリトルの範囲内のチャンバ圧力で実行される、請求項10記載の方法。

【請求項18】

ステップ(d)、(f)、(h)は、それぞれ、約5～30秒間、実行される、請求項10記載の方法。

【請求項19】

ステップ(d)、(f)、(h)は、50～400sccm間の流量でアルゴン(Ar)を提供する工程と；

5～40ミリトルの処理チャンバ圧力、約15～250の温度で、基板を維持する工程と；

10

30

40

50

アルゴン (A r) プラズマを形成する為に、最大約 3 0 0 0 W の電力を誘導結合アンテナに印加する工程と；

前記基板を前記アルゴン (A r) プラズマに約 5 ~ 3 0 秒間、露出する工程と；
を備える、請求項 1 0 記載の方法。

【請求項 2 0】

コンピュータにより実行されるとき、以下の方法を使用して半導体ウエハ処理システムに基板上の材料層をエッチングさせるソフトウェアを含むコンピュータ可読媒体であって、前記方法は：

(a) 複数の金属層上に形成されたパターン化されたマスクを上部に有する基板を提供するステップと；

(b) 第 1 混合ガスを備える第 1 プラズマを発生させるステップと；

(c) 前記第 1 プラズマを使用して前記複数の金属層の第 1 層をエッチングするステップであって、金属残留物が前記基板上に形成される、前記ステップと；

(d) 不活性ガスを備える第 2 プラズマで前記 1 プラズマを置き換えるステップであって、前記第 2 プラズマに対する前記基板の露出により、前記基板上に形成された前記金属残留物を除去する、前記ステップと；

を備える、前記コンピュータ可読媒体。

【請求項 2 1】

前記第 2 プラズマは、前記ステップ (c) の終わりと一致する前記第 1 プラズマを置き換える、請求項 2 0 記載の前記コンピュータ可読媒体。

【請求項 2 2】

前記不活性ガスは、アルゴン (A r) 、ネオン (N e) 、ヘリウム (H e) から成る群から選択された、少なくとも一つのガスを備える、請求項 2 0 記載の方法。

【請求項 2 3】

前記複数の金属層は、磁性層および反強磁性層の少なくとも一つを備える、請求項 2 0 記載のコンピュータ可読媒体。

【請求項 2 4】

ステップ (d) は、約 5 ~ 4 0 ミリトルの範囲内のチャンバ圧力で実行される、請求項 2 0 記載のコンピュータ可読媒体。

【請求項 2 5】

ステップ (d) は、約 5 ~ 3 0 秒間、実行される、請求項 2 0 記載のコンピュータ可読メモリ。

【発明の詳細な説明】

【発明の背景】

【0 0 0 1】

発明の分野

[0001] 本発明は、一般的に半導体基板上にデバイスを製造する為の方法に関する。より具体的には、本発明は抗磁ランダムアクセスメモリ (M R A M) 装置を製造する方法に関する。

【0 0 0 2】

関連発明の説明

[0002] マイクロエレクトロニックデバイスは、一般的に、様々な導電層が互いに相互接続され、該装置内で電子信号の伝播を容易にする集積回路として半導体基板上に製造される。そのような装置の一例は、デジタル情報の保存を容易にする抗磁ランダムアクセスメモリ (M R A M) のようなメモリ内の記憶素子である。

【0 0 0 3】

[0003] M R A M 装置内のメモリセルは、非磁性誘電材料により分離された 2 組の磁性層を備える多層構造である。これらの層は、上に横たわるブランケット膜として堆積され、その後、M R A M 装置を形成するようにパターン化される。より具体的には、M R A M 装置は、頂部電極層 (例えは、タンタル (T a) 、タンタル窒化物 (T a N) 等) 、自由磁

10

20

30

40

50

性層（例えば、NiFe、CoFe等）、トンネル層（例えば、Al₂O₃等）、コバルト鉄合金（CoFe）、ルテニウム（Ru）、プラチナマンガン合金（PtMn）等を備える多層磁性スタック、底部電極（例えば、Ta、TaN等）、バリア層（例えば、SiO₂等）を備える。

【0004】

[0004]MRAM装置の製造は、プラズマエッティング処理を備え、ここで、MRAM膜スタックの1以上の層が、部分的あるいは全体的に除去される。MRAM膜スタックは、腐食に敏感な材料を備え、装置の製造中、簡単に腐食され、酸化され、損傷を受け、金属含有残留物を除去することが難しくなる。そのような残留物は、一般的に、MRAM膜スタックの側部に沿って蓄積し、ペール状パターンを形成する可能性がある。導電性残留物または腐食された層は、MRAM膜スタック内で電気的短絡を引き起こす可能性がある。

【0005】

[0005]複数層の磁性スタックの磁性材料は、一般的に、イオンミリング、スパッタリング等のような主に物理的プラズマ処理を使用してエッティングされる。そのようなエッティング処理は、磁性材料（例えば、CoFe、Ru、PtMn等）に対するエッティング速度が低く、通常、金属含有残留物を生み出す。このような残留物の除去は、時間浪費のルーチンであり、生産性を低下させると共にMRAM装置の製造コストを高める。

【0006】

[0006]そのため、抗磁ランダムアクセスメモリ（MRAM）装置の製造の為に磁性材料をエッティングする改善された方法が技術的に必要である。

【発明の概要】

【0007】

[0007]本発明は、抗磁ランダムアクセスメモリ（MRAM）装置の複数層磁性スタック（例えば、コバルト鉄合金、ルテニウム（Ru）、プラチナマンガン合金（PtMn）等の層）をエッティングする方法である。複数層の磁性スタックの各層は、プラズマエッティングステップ、それに続くプラズマ処置ステップを含む処理シーケンスを使用してエッティングされる。プラズマ処置ステップは、不活性ガスを備えるプラズマを使用し、プラズマエッティングステップ中に形成された残留物を除去する。

【0008】

[0008]本発明の教示は、添付図面と組合せ、以下の詳細な説明を考慮することにより、容易に理解することができる。

【0009】

[0009]理解を容易にするため、可能な限り、図において共通の同一要素を指定するのに同一の参照番号が使用されている。

【0010】

[0014]しかし、添付図面は、本発明の例示の実施形態を示すにすぎないので、その範囲を限定するものとみなされるものではなく、本発明は、他にも有効な実施形態を同程度に許容することができる。

【詳細な説明】

【0011】

[0015]本発明は、抗磁ランダムアクセスメモリ（MRAM）装置における複数層の磁性スタック（例えば、コバルト鉄合金（CoFe）、ルテニウム（Ru）、プラチナマンガン合金（PtMn）等の層）をエッティングする方法である。複数層磁性スタックの各層は、プラズマエッティングステップと、それに続くプラズマ処置ステップを含む処理シーケンスを使用してエッティングされる。プラズマ処置ステップは、不活性ガスを備えるプラズマを使用し、プラズマエッティングステップ中に形成された残留物を除去する。

【0012】

[0016]図1は、シーケンス100として抗磁ランダムアクセスメモリ（MRAM）装置の複数層磁性スタックをエッティングする為の、本発明に係る方法の一実施形態のフローチャートを示す。シーケンス100は、そのようなMRAM装置の製造中、抗磁性ランダム

アクセスメモリ (M R A M) 膜スタック上で実行される処理を含む。

【0013】

[0017]図2A～2Iは、シーケンス100を使用して形成されたM R A M装置を備える基板の一連の概略横断面図を示す。本発明を最良に理解するため、図1、図2A～図2Iを同時に参照すべきである。図2A～図2Iにおける横断面図は、M R A M装置を形成する為に使用される処理ステップに関する。サブプロセスとリソグラフィルーチン(例えば、フォトレジストの露光及び現像、水洗浄手順など)は、技術的に周知なので、図1、図2A～図2Iには示されていない。図2A～図2Iにおける画像は、比例しておらず、例示の目的で簡略化されている。

【0014】

[0018]シーケンス100は、ステップ101で開始し、ステップ102に進み、シリコン(Si)ウエハ等の基板200上にM R A M膜スタック202が形成される(図2A)。一実施形態において、M R A M膜スタック202は、頂部電極層204、自由磁性層206、トンネル層208、複数層磁性スタック220、底部電極層214、バリア層216を備える。

【0015】

[0019]頂部電極層204と底部電極層214は、一般的に、各々が、約200から600オングストロームの厚さまでの導電性材料(例えば、タンタル(Ta)、タンタル窒化物(TaN)、銅(Cu)等)で形成されている。自由磁性層206は、約20～200オングストロームまでの厚さの、ニッケル鉄(NiFe)合金、コバルト鉄(CoFe)合金等の1以上の膜を備えてもよい。

【0016】

[0020]トンネル層208は、M R A M装置の磁性トンネル接合部を形成し、アルミナ等の非磁性誘電材料から構成されている。一般的に、トンネル層208は、約10～20オングストロームの厚さを有する。

【0017】

[0021]複数層磁性スタック220は、通常、ピン留めされる(pinned)層210、ピンで留める(pinning)層(例えば、反強磁性層)212を備える。ピン留めされる層210は、コバルト鉄(CoFe)合金、ルテニウム(Ru)、ニッケル鉄クロム(NiFeCr)合金、ニッケル鉄(NiFe)合金など、少なくとも一つの層を備えてもよい。ピン留めする層212は、プラチナマンガン(PtMn)合金、イリジウムマンガン(IrMn)合金などの、少なくとも1以上の膜を備えてもよい。複数層磁性スタック220の膜の各々は、最大約8～200オングストロームの厚さで一般的に形成されている。

【0018】

[0022]バリア層216は、一般的に、最大約100～500オングストロームの厚さで、誘電材料(例えば、二酸化珪素(SiO₂)、窒化珪素(Si₃N₄)等)から形成されている。他の実施形態において、M R A M膜スタック202は、異なる材料から形成される層を備えてもよいことが理解されるべきである。

【0019】

[0023]M R A M膜スタック202の層は、従来の薄膜堆積技術(例えば、原子層堆積(ALD)、物理的気相堆積技術(PVD)、化学気相堆積(CVD)、プラズマ増強型CVD(PECVD)等)を使用して形成可能である。M R A M装置の製造は、カリフォルニア州サンタクララ市のアプライドマテリアルズ社から利用可能なCENTURA(登録商標)、ENDURA(登録商標)、他の半導体ウエハ処理システムを使用して実行してもよい。

【0020】

[0024]ステップ104において、頂部電極層204、自由磁性層206、トンネル層208は、それぞれ、プラズマエッチングされ、領域226(図2B)内で除去される。一実施形態において、第1エッチング用マスク201は、M R A M膜スタック202の頂部電極層204上に形成される。第1エッチング用マスク201は、製造されるM R A M装置の為の場所、地形学の寸法を画成する。示された実施形態において、第1エッチング用

10

20

30

40

50

マスク 201 は、 M R A M 膜スタック 202 の領域 224 を保護し、その隣接した領域 226 を露出する。ステップ 104 中、頂部電極層 204 は、塩素含有ガス又はフッ素含有ガスを使用してエッチングされてもよい。自由磁性層 206 及びトンネル層 208 は、酸素含有ガスと塩素含有ガスを備える混合ガスを使用してエッチングされてもよい。頂部電極層 204 、自由磁性層 206 、トンネル層 208 がプラズマエッチングされた後、第 1 エッチング用マスク 201 は、オプションとして、除去されてもよい。そのようなエッチング処理は、例えば、2002 年 8 月 12 日に出願され、共通に譲渡された米国特許第 10/218244 号（弁護士ドケット No. 7454 ）に説明されており、これは、参考の為に本願に組み込まれる。

【 0021 】

10

[0025]ステップ 106 では、第 2 エッチング用マスク 222 が、 M R A M 膜スタック 202 の頂部電極 204 上に形成される（図 2C）。示された実施形態において、第 2 エッチング用マスク 222 は、 M R A M 膜スタック 202 の領域 224 を保護し、その隣接領域 226 を露出する。第 2 エッチング用マスク 222 は、一般的に、二酸化珪素（ SiO₂ ）、窒化珪素（ Si₃N₄ ）、カーボン（アモルファスカーボン）等で形成されたハードマスクである。代替え的に、第 2 エッチング用マスク 222 は、フォトレジストまたは（カリフォルニア州サンタクララ市のアプライドマテリアルズ社から利用可能な）高度パターニング用膜（商標）（ A P F ）から形成されてもよい。

【 0022 】

20

[0026]代替え的な実施形態（図示せず）において、第 1 エッチング用マスク 201 は、ステップ 106 の為に利用可能である。そのような実施形態の為に、第 1 エッチング用マスク 201 は、頂部電極層 204 、磁性層 206 、トンネル層 208 がエッチングされた後、 M R A M 膜スタック 202 に残される。

【 0023 】

30

[0027]第 2 エッチング用マスク 222 は、オプションとして、第 2 エッチング用マスクをパターニングする為に使用される光の反射を制御する反射防止層 225 （図 2C に点線で図示）を備えてもよい。特徴部の大きさが減少するにつれて、エッチング用マスクパターン移送処理における不正確性が、リソグラフィ処理に固有の光学的制限（例えば、光の反射）から発生し得る。反射防止層は、例えば、窒化珪素（ SiN ）、ポリアミド等を備えてもよい。

【 0024 】

[0028]第 2 エッチング用マスク 222 を適用する処理は、例えば、2002 年 9 月 16 日に出願された、共通に譲渡された米国特許出願第 10/245130 （弁護士ドケット第 7524 号）、2002 年 1 月 6 日に出願された出願第 10/338251 号（弁護士ドケット第 7867 号）、2002 年 8 月 12 日に出願された出願第 10/218244 号（弁護士ドケット第 7454 号）に説明され、これらは参考のため、本願に組み込まれる。

【 0025 】

40

[0029]

ステップ 108 において、複数層磁性スタック 220 の、ピン留めされる層 210 は、プラズマエッチングされ、領域 226 から除去される（図 2D ）。ステップ 108 のエッチング処理は、塩素含有ガス（例えば、三塩化ホウ素（ BC₁₃ ）、塩酸（ HCl ）等）と、希釀ガス（例えば、少なくともアルゴン（ Ar ）、ネオン（ Ne ）、ヘリウム（ He ）等）を備える第 1 混合ガスを使用可能である。ステップ 108 中、基板は少なくとも 80 ° の温度で維持され、基板上の、エッチング後の残留物 228 （たとえば、金属含有残留物）のような不揮発性副産物の形成を減少させる。一実施形態において、ステップ 108 は、第 2 エッチング用マスク 222 をエッチングマスクとして、複数層磁性スタック 220 のピン留め層 212 をエッチングストップ層として、使用する。

【 0026 】

[0030]ステップ 108 は、CENTURA（登録商標）システムの分離プラズマ源（ D P S ） I 50

Iモジュールのようなエッチングリアクタ内で実行可能である。（図4を参照して以下に説明される）DPSIIモジュールは、2MHzの誘導源を使用し、高密度プラズマを生み出す。エッチング処理の終点を決定するため、エッチング用リアクタは、終点検出システムをも含み、特定波長でのプラズマ放出、レーザインターフェロメトリー、処理時間の制御等をモニタしてもよい。

【0027】

[0031]例示の実施形態において、コバルト鉄合金（CoFe）の膜間に挟まれたルテニウム（Ru）の膜を備える、ピン留めされる層210は、塩素ベースのガス（すなわち、三塩化ホウ素（BCl₃））を約5～25sccm、希釈ガス（すなわち、アルゴン（Ar））を約20～100sccm（よって、BCl₃：Ar流量比の範囲は1：20から1：25.1）で提供し、200から3000Wの間で誘導結合アンテナに電力を印加し、約15から250のウエハ温度、5から40ミリトル間の処理チャンバ内の圧力で維持することにより、DPSIIモジュールを使用してエッチングされる。一つの例示エッチング処理は、BCl₃を20sccmの流量で、アルゴンを80sccmの流量（すなわち、BCl₃：Ar流量比が1：4）で提供し、750Wの電力を誘導結合アンテナに印加し、150Wのバイアス電力で、80のウエハ温度、5ミリトルのチャンバ圧力を維持する。このような処理が提供するのは、プラチナマンガン合金（PtMn）（層212）を覆うコバルト鉄合金（CoFe）とルテニウム（Ru）（層210）のエッチング選択性が少なくとも1：1であること、二酸化珪素（SiO₂）（第2エッチングマスク222）を覆うコバルト鉄合金（CoFe）とルテニウム（Ru）のエッチング選択性が約0.5：1であることである。

【0028】

[0032]ステップ110では、第1混合ガス（ステップ108）を不活性ガス（アルゴン（Ar）、ネオン（Ne）、ヘリウム（He）等）で置き換えることにより、不揮発性副産物（すなわち、エッチング後の残留物228）が基板から除去される（図2E）。そのため、ステップ108の終わりで、不活性ガスの流れは、内部でプラズマが維持される方式で処理チャンバに供給される。その後、ステップ110中、基板200は、不活性ガスを備えるプラズマに露出される。不活性ガスを備えるプラズマは、基板200から、その上部にステップ108中に形成された不揮発性副産物を除去する。

【0029】

[0033]一実施形態において、不活性ガスは、処理チャンバ内のガス圧力が、第1混合ガス及び不活性ガスを備えるプラズマを維持するのに十分であるように、第1混合ガスの緩やかな排気と同時に処理チャンバに提供可能である。不活性ガスは、不活性ガスが処理チャンバ内に導入されるときに存在する第1混合ガスからの残留ガスと混合する。

【0030】

[0034]図3は、ガス流（y軸）が時間（x軸）の関数としてプロットされる場合、本発明の一実施形態に従って実行される、プラズマエッチング、プラズマ処置ステップの一連のタイミングを示す。

【0031】

[0035]例示的に、グラフ311は、ステップ108の終わりと一致する時間324で不活性ガス（ステップ110）の流れを提供することにより、エッチング後の残留物を除去する一実施形態を示し、ステップ110が時間326で終了するまで処理チャンバ内にプラズマを維持する。第1混合ガスからの残留ガスは、ステップ108の終わりの後、時間306の間、処理チャンバ内に残る。

【0032】

[0036]例示の実施形態において、ステップ110は、アルゴン（Ar）を50～400sccm間のレートで提供すること、誘導結合アンテナに0から3000Wの間の電力を印加すること、0から50Wの間のカソードバイアス電力を印加すること、5から40ミリトルの処理チャンバ内の圧力で約15から250の水温を維持することにより、DPSIIモジュールを使用して実行される。一つの例示処理は、200sccmのレートでア

ルゴン (Ar) を供給し、750Wの電力を誘導結合アンテナに印加し、10ミリトルのチャンバ圧力で80 の水温を維持する。ステップ110の持続期間は、一般的に5から30秒である。

【0033】

[0037]ステップ112において、複数層磁気スタック220のピン留め層212は、プラズマエッチングされ、領域226内で除去される(図2F)。ステップ112のエッチング処理は、塩素含有ガス(三塩化ホウ素(BCl₃)、塩酸(HCl)等)と、少なくとも一つのアルゴン(Ar)、ネオン(Ne)、ヘリウム(He)等を含む希釈ガスとを備える第2混合ガスを使用可能である。ピン留め層212がエッチングされるとき、基板は少なくとも80 の温度で維持され、エッチング後の残留物のような不揮発性副産物の形成を減少させる。一実施形態において、ステップ112は、第2エッチング用マスク222をエッチング用マスクとして、底部電極層214をエッチングストップ層として使用する。

【0034】

[0038]一つの例示実施例において、ピン留め層212は、プラチナマンガン(PtMn)合金の膜を備えるが、これは、塩素ベースのガス(すなわち、三塩化ホウ素(BCl₃))を約5~25sccmのレートで、希釈ガス(すなわち、アルゴン(Ar))を約20~100sccmで(すなわち、BCl₃:Ar流量比が約1:4で)供給すること、200から3000Wの間で誘導結合アンテナに電力を印加すること、0から300Wの間のカソードバイアス電力を印加すること、5~40ミリトル間で処理チャンバ内の圧力で15~250 の水温を維持することにより、DPSIIモジュールを使用してエッチングされる。一つの例示的なエッチング処理は、20sccmのレートでBCl₃、80sccmのレートでAr(すなわち、BCl₃:Ar流量比が約1:4で)供給し、誘導結合アンテナに750Wの電力を印加し、150Wのバイアス電力を印加し、5ミリトルのチャンバ圧力で80 の水温を維持する。そのようなエッチング処理は、タンタル又はタンタル窒化物(層214)を覆うプラチナマンガン合金(層212)に対するエッチング選択性1:1、二酸化珪素(マスク222)を覆うプラチナマンガン合金(層212)に対するエッチング選択性0.5:1を提供する。

【0035】

[0039]ステップ114において、不揮発性副産物は、少なくとも一つのアルゴン(Ar)、ネオン(Ne)、ヘリウム(He)等のような不活性ガスで第2混合ガスを置換することにより(ステップ112)、基板から除去される(図2G)。ステップ110と同様、不活性ガスは、プラズマが処理チャンバ内で維持されるように(例えば、穏やかな第2エッチング用混合ガスの排気及び不活性ガスによる置換で)提供される。不活性ガスを備えるプラズマは、基板200から、その上部にステップ112中に形成された不揮発性副産物を除去する。

【0036】

[0040]グラフ331(図3)は、ステップ112の終わりと一致する時間344にて不活性ガス流を供給し(ステップ114)、処理チャンバ内で安定したプラズマを維持することにより、エッチング後の残留物を除去する為の一実施形態を示す。第2混合ガスからの残留ガスは、ステップ112の終了後に時間336の間、処理チャンバ内に残る。

【0037】

[0041]一般的に、ステップ114は、ステップ110を参照して説明されたように実行される。一つの例示的な処理は、100sccmのレートでアルゴン(Ar)を供給し、誘導結合アンテナに750Wの電力を印加し、0Wのバイアス電力を印加し、5ミリトルのチャンバ圧力で80 の水温を維持する。ステップ114の持続期間は、一般的に5~30秒である。

【0038】

[0042]ステップ116において、底部電極層214は、プラズマエッチングされ、領域

10

20

30

40

50

226内で除去される(図2H)。一実施形態において、底部電極層214は、塩素含有ガス(例えば、塩素(Cl₂)と、少なくとも一つのアルゴン(Ar)、ネオン(Ne)、ヘリウム(He)等を含む希釈ガスとを備える第3混合ガスを使用してエッティング可能である。ステップ116において、基板は、少なくとも80°の温度で維持され、エッティング後の残留物232の形成を減少させる。一実施形態において、ステップ116は、エッティング用マスクとして第2エッティング用マスク222、エッティングストップ層としてバリア層216を使用する。

【0039】

[0043]一つの例示的な実施形態において、タンタル(Ta)又はタンタル窒素化合物(TaN)を備える底部電極層214は、塩素(Cl₂)を10から100sccmのレート、アルゴン(Ar)を10から100sccmのレート(すなわち、Cl₂ : Ar流量比が約1:1)で供給すること、200から3000Wの誘導結合アンテナに電力を印加すること、0から300Wのカソードバイアス電力を印加すること、5~40ミリトルの処理チャンバ内の圧力で15~80°の水温で維持することにより、DPSIIモジュールを使用して、エッティングされる。一つの例示のエッティング処理は、45sccmのレートでCl₂、45sccmのレートでAr(すなわち、Cl₂ : Ar流量比が約1:1)で供給し、700Wの電力をアンテナに印加し、25Wのバイアス電力を印加し、10ミリトルのチャンバ圧力で80°の水温を維持する。そのような処理は、少なくとも1:1という二酸化珪素を覆うタンタルやタンタル窒素化合物のエッティング選択性を提供する。

【0040】

[0044]ステップ118において、不揮発性副産物は、第3混合ガス(ステップ116)を不活性ガス(例えば、少なくとも一つのアルゴン(Ar)、ネオン(Ne)、ヘリウム(He)等)で置き換えることにより、基板から除去される(図2I)。ステップ110、114と同様、不活性ガスは、プラズマが処理チャンバ内で維持されるように供給される(例えば、緩やかな第3混合ガスの排気と不活性ガスを用いて置き換えられる)。不活性ガスを備えるプラズマは、基板200から、その上部にステップ116中に形成された不揮発性副産物を除去する。

【0041】

[0045]グラフ351は、ステップ116の終わりと同時に時間364にて不活性ガス(ステップ118)を供給することにより、エッティング後の残留物を除去し、ステップ118が時間366で終了するまで処理チャンバ内に安定したプラズマを維持する為の一実施形態を示す。第3混合ガスからの残留ガスは、ステップ118の終了後、時間356で処理チャンバ内に残る。

【0042】

[0046]一般的に、ステップ118は、ステップ110、114を参照して前述されたように実行されるが、ステップ118において、基板200は、追加的に、少なくとも25Wの電力を印加することによりバイアスされてもよい。バイアス電力は、一般的に、約50kHzから13.6MHzの範囲の周波数を有する連続した高周波電力である。ステップ118において、バリア層216は露出される。バリア層216は、誘電材料(すなわち、二酸化珪素(SiO₂)、窒化珪素(Si₃N₄)を備える。バイアス電力は、誘電材料から、あらゆる金属残留物を除去する為に使用される。

【0043】

[0047]一つの例示的なエッティング処理は、100sccmのレートでアルゴン(Ar)を供給し、750Wの電力を誘導結合アンテナ、25Wのバイアス電力を基板に印加し、5ミリトルのチャンバ圧力で80°のウエハ温度を維持する。ステップ118の持続時間は、一般的に5~30秒である。

【0044】

[0048]ステップ120で、シーケンス100は終わる。

【0045】

[0049]本発明のステップを実行する為に使用可能なエッティングリアクタの、一つの例示

10

20

30

40

50

的実施形態は、図4に示されている。より具体的に、図4は、本発明の一部を実施するのに使用可能な、例示的な分離プラズマ源(DPS)IIエッティング用リアクタ400の概略図を示す。DPSIIリアクタは、カリフォルニア州サンタクララ市のアプライドマテリアルズ社から入手可能である。

【0046】

[0050]リアクタ400は、導体(壁)430内のウエハ支持用ペデスタル416、コントローラ440を有する処理チャンバ410を備える。

【0047】

[0051]チャンバ410は、実質的に平坦な誘電体シーリング420を持って提供される。チャンバ410の他の変形例は、他のタイプのシーリング、例えば、ドーム状シーリングを有してもよい。シーリング420の上方には、少なくとも一つの誘導コイル素子412(2つの同軸素子412が図示)を備えるアンテナが配置されている。誘導コイル素子412は、第1整合回路網419を介して、プラズマ電源418に結合される。プラズマ源418は、通常、50kHzから13.56MHzの範囲の可変同調型周波数で400Wまで生み出すことができる。

【0048】

[0052]支持用ペデスタル(カソード)416は、第2整合回路網424を介して、バイアス電源422に結合される。バイアス源422は、一般的に、連続或いはパルス電力を生み出す能力を有する約13.56MHzの周波数、500Wまでのソースである。他の実施形態において、ソース422は、DC又はパルスDC源である。

【0049】

[0053]コントローラ440は、中央処理装置(CPU)444、メモリ442、CPU444に対する支持回路446を備え、以下に詳細に検討するように、DPSIIエッティング処理用チャンバ410の構成要素の制御(例えば、エッティング処理の制御)を容易にする。

【0050】

[0054]操作において、半導体ウエハ414は、ペデスタル416上に置かれ、処理ガスは、ガスパネル438から入口用ポート426を介して処理ガスが供給され、混合ガス450を形成する。混合ガス450は、プラズマ用電源418及びバイアス電源422からの電力を、それぞれ誘導コイル素子412及びカソード416に印加することにより、チャンバ410内でプラズマ455へと点火される。チャンバ410の内部の圧力は、スロットルバルブ427及び真空ポンプ436を使用して制御される。通常、チャンバ壁430は、電気的グラウンド434に結合される。壁430の温度は、壁430を通って走行する液体含有導管(図示せず)を使用して制御される。

【0051】

[0055]ウエハ414の温度は、支持用ペデスタル416の温度を安定化することにより制御される。一実施形態において、ガス源448からのヘリウムガスは、ガス導管449を介して、ウエハ414の下のペデスタル面内に形成されたチャネル(図示せず)に供給される。ヘリウムガスは、ペデスタル416とウエハ414の間の熱伝達を促進する為に使用される。処理中、ペデスタル416は、ペデスタル内の抵抗型ヒータ(図示せず)により、定常状態の温度まで加熱可能であり、その後、ヘリウムガスは、ウエハ414の均一加熱を容易にする。そのような温度制御を使用し、ウエハ414は、0から500の温度で維持される。

【0052】

[0056]当業者は、リモートプラズマ源、電子サイクロトロン共振型(ECR)プラズマチャンバ等の、他の形のエッティング用チャンバも本発明を実施する為に使用可能であることを理解するであろう。

【0053】

[0057]

前述したように処理チャンバ410の制御を容易にするため、コントローラ440は、

10

20

30

40

50

様々なチャンバやサブプロセッサを制御する為の工業設定において使用可能な汎用コンピュータプロセッサ形式の一つでもよい。C P U 4 4 4 の、メモリ又はコンピュータ可読媒体 4 4 2 は、一以上の容易に利用可能なメモリ(読み取り書き込み記憶装置(R A M)、読み出し専用記憶装置(R O M)、フロッピディスク、ハードディスク、ローカル又はリモート型デジタル記憶装置のあらゆる他の形式)でもよい。支持回路 4 4 6 は、C P U 4 4 4 に結合され、従来方式でプロセッサを支持する。これらの回路は、キャッシュ、電源、クロック回路、出入力回路、サブシステム等を含む。本発明の方法は、一般的に、ソフトウェアルーチンとして、メモリ 4 4 2 内に保存される。ソフトウェアルーチンは、C P U 4 4 4 により制御されるハードウェアから遠くに配置されている第 2 C P U (図示せず)により記憶され、実行されてもよい。

10

【 0 0 5 4 】

[0058]本発明は、他の半導体ウエハ処理システムを使用して実施可能であり、ここで、本発明の精神から逸脱することなく、本願で開示された教示を利用することにより、処理パラメータは、当業者により許容可能な特徴に調整可能である。

【 0 0 5 5 】

[0059]前述の検討は、M R A M 装置の製造を参照したが、集積回路で使用される他の装置や構造の製造も、本発明から利益を享受できる。

【 0 0 5 6 】

[0060]上記は、本発明の例示の実施形態に向けられているが、本発明の他の更なる実施形態は、添付された請求項によって決定される基本的範囲から逸脱することなく案出することができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 5 7 】

【図 1】図 1 は、本発明の一実施形態に従う、磁性材料をエッチングする方法のフローチャートを示す。

【図 2 A】図 2 A は、図 1 の方法に従って形成された M R A M 膜スタックを有する基板の、概略横断面図を示す。

【図 2 B】図 2 B は、図 1 の方法に従って形成された M R A M 膜スタックを有する基板の、概略横断面図を示す。

【図 2 C】図 2 C は、図 1 の方法に従って形成された M R A M 膜スタックを有する基板の、概略横断面図を示す。

【図 2 D】図 2 D は、図 1 の方法に従って形成された M R A M 膜スタックを有する基板の、概略横断面図を示す。

【図 2 E】図 2 E は、図 1 の方法に従って形成された M R A M 膜スタックを有する基板の、概略横断面図を示す。

【図 2 F】図 2 F は、図 1 の方法に従って形成された M R A M 膜スタックを有する基板の、概略横断面図を示す。

【図 2 G】図 2 G は、図 1 の方法に従って形成された M R A M 膜スタックを有する基板の、概略横断面図を示す。

【図 2 H】図 2 H は、図 1 の方法に従って形成された M R A M 膜スタックを有する基板の、概略横断面図を示す。

【図 2 I】図 2 I は、図 1 の方法に従って形成された M R A M 膜スタックを有する基板の、概略横断面図を示す。

【図 3】図 3 は、本発明の一実施形態に従って実行されたプラズマエッチングステップ及びプラズマ処置ステップの為の一連のタイミング図を示す。

【図 4】図 4 は、本発明の方法の一部を実行する為に使用される種類の例示的プラズマ処理装置の概略図を示す。

【 符号の説明 】

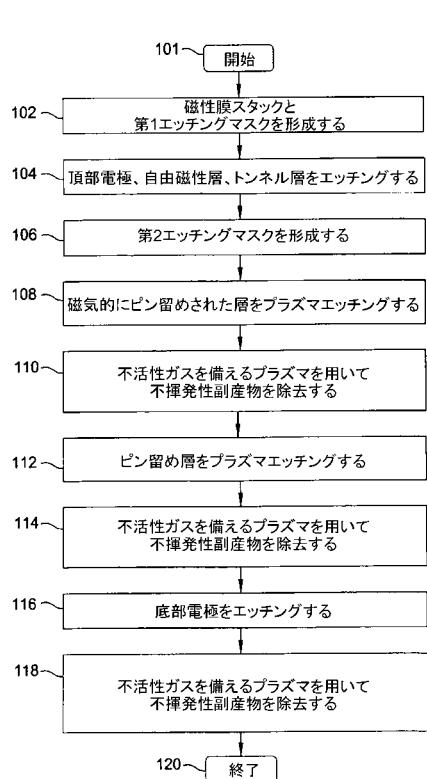
【 0 0 5 8 】

2 0 0 ... 基板、2 0 1 ... 第 1 エッチング用マスク、2 0 2 ... M R A M 膜スタック、2 0 4 50

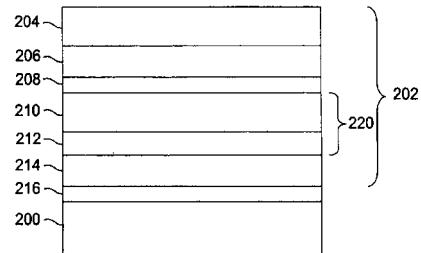
...頂部電極層、206...自由磁性層、208...トンネル層、210...ピン留めされた層、212...ピン留め層、214...底部電極層、216...バリア層、220...複数層磁性スタック、222...第2エッティング用マスク、224...領域、225...耐反射層、226...領域、228...残留物、232...残留物、400...リアクタ、410...チャンバ、412...誘導コイル素子、414...半導体ウエハ、416...支持用ペデスタル、418...プラズマ用電源、419...第1整合回路網、420...誘電体シーリング、422...バイアス源、424...第2整合回路網、426...入口用ポート、427...スロットルバルブ、430...壁、434...電気的グラウンド、436...真空ポンプ、438...ガスパネル、440...コントローラ、442...メモリ、444...中央処理装置、446...支持回路、448...ガス源、449...ガス導管、450...混合ガス、455...プラズマ。

10

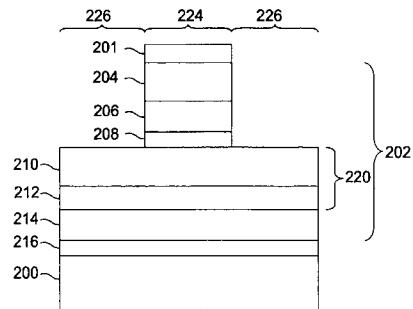
【図1】



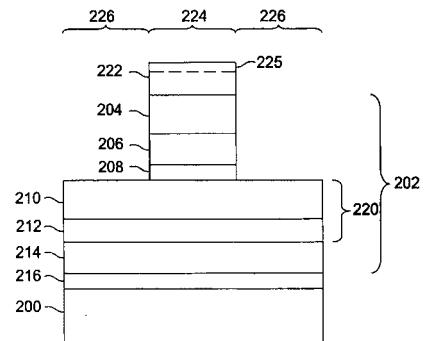
【図2A】



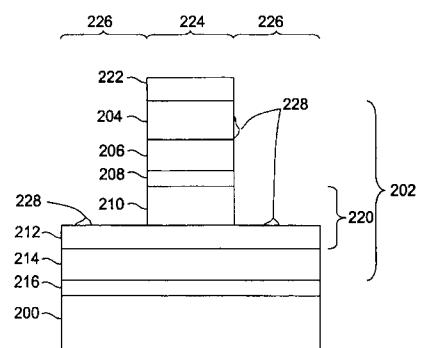
【図2B】



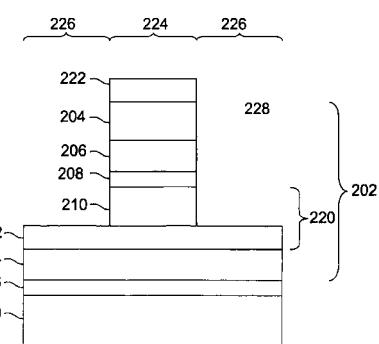
【図2C】



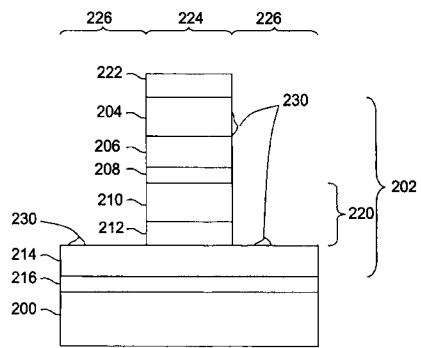
【図2D】



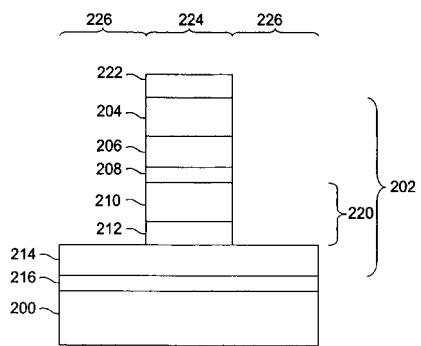
【図2E】



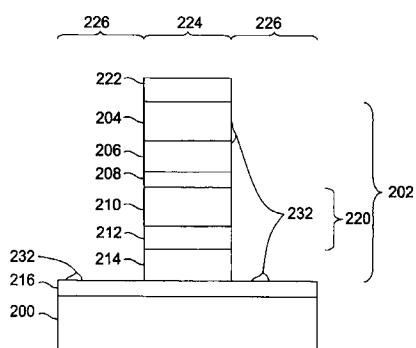
【図2F】



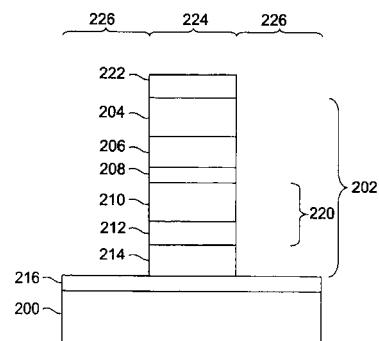
【図2G】



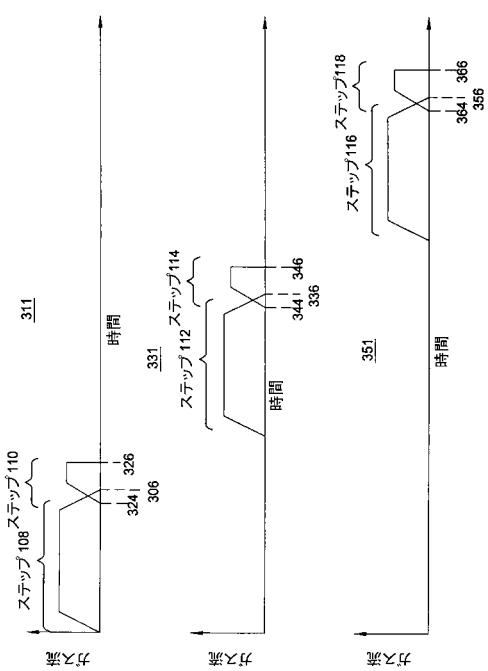
【図2H】



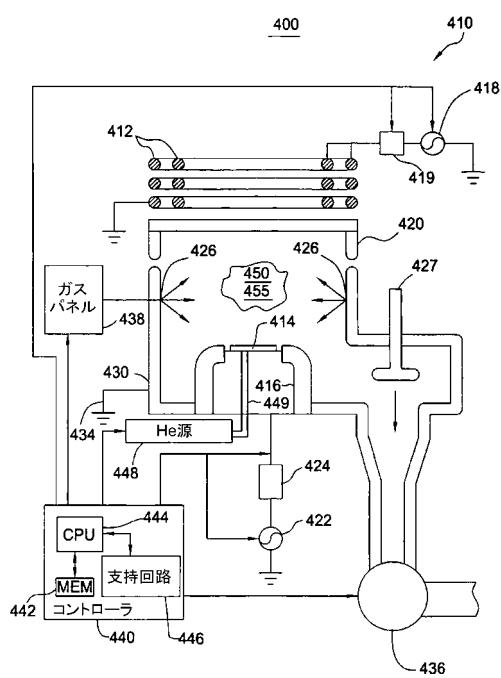
【図2I】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

(72)発明者 チェンサウ エン

アメリカ合衆国, カリフォルニア州, キュパティノ, ノース ブラニー アヴェニュー 1
0370

(72)発明者 シャウイー チエン

アメリカ合衆国, カリフォルニア州, フォスター シティ, ヴォランス レーン 811

(72)発明者 チュン ヤン

アメリカ合衆国, カリフォルニア州, サン ノゼ, エルムブリッジ ドライヴ 6066

(72)発明者 アジャイ クマール

アメリカ合衆国, カリフォルニア州, サニーベール, ケニルウォース コート 510

F ターム(参考) 5F004 AA09 BA20 BB13 BB18 BB25 BB26 DB08 DB12 EA28 EB02

5F083 FZ10 GA06 GA27 JA37 JA39 JA40 PR03 PR06 PR07 PR21

PR22

【外國語明細書】

2004349687000001.pdf