The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	MRAM用高集積パターン磁性膜プラズマエッチング機構の解明
Author(s)	佐竹, 真
Citation	大阪大学, 2018, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/69579
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

様式３

論　文　内　容　の　要　旨

氏　　名　　（佐竹　真）	
論文題名	MRAM用高集積パターン磁性膜プラズマエッチング機構の解明

論文内容の要旨

高速動作が実現可能な不揮発性メモリとして期待されるMRAMの製造では記録素子で用いるMTJ素子(積層磁性膜)を高集積化するため，高集積パターンを低ダメージで加工する技術が必要である。本加工法では半導体の量産実績よりプラズマエッチングの適用が期待されており，本論文はMRAM用プラズマエッチング技術における課題を抽出しそのメカニズムについて詳細に調査した。

本論文は七章から構成される。第一章はMRAMの開発状況を，第二章はプラズマエッチングを用いた磁性膜加工法における先行研究についてまとめ，MRAM用プラズマエッチングにおける課題と本研究の位置づけを明確にした。第三章と第四章は高集積磁性膜パターン加工を対象とし，第三章では高集積磁性膜パターン加工で問題となるTaマスクのファセット部での表面反応を明確にするためビーム照射実験を元に調査した。その結果，Taのエッチング耐性を向上するにはエッチング中に高酸化の表面状態を形成・維持することが重要であり，ファセット部を模擬した高CO^+イオン入斜角におけるTaエッチング速度の増加は表面が低酸化状態になることに起因すると結論づけた。第四章ではCO/NH3プラズマを用い高集積磁性膜パターン加工を検討した。その結果，エッチストップの発生が新たな課題になることを示し，パターン底部へのTaの堆積がその発生原因であることを明らかにした。また，Taマスク直下に窪みを設けたルーフマスク構造を用いる事でエッチストップを抑制できることを示した。第五章では垂直磁化MTJ加工における水素プラズマダメージについて調査するためブランケット膜(Taキャップ/MgO/CoFeB)を用いた新たな評価法を提案し，水素プラズマ照射による磁気特性の変化を調査した。その結果，水素プラズマ照射により垂直磁化の起源である垂直磁気異方性エネルギーが減少し，水素プラズマ照射によるダメージの発生を明確に示した。第六章では次世代の高集積マスク形成法として注目されているDSA技術で必要なPSに対してPMMAを選択的に除去する方法について，Ar/O2プラズマを用いた基礎検討をおこなった。Ar単ガスではエッチング深さ15nm以上で酸素枯渇によりPMMAのエッチング速度が半分以下に低下するが，1%の酸素添加によりエッチング深さ50nm以上までPMMAを一定のエッチング速度で加工でき，酸素添加の有効性を明らかにした。第七章では第四章から第六章で得られた結果を総括した。

様式 7

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名　（　佐竹　真　）	
論文審査担当者	（職）　氏　名 主 査　教授　浜口　智志 副 査　教授　田中　学 副 査　准教授　福本　信次

論文審査の結果の要旨

高速動作が実現可能な不揮発性メモリとして期待される「磁気抵抗メモリ（MRAM)」の製造では、記録素子で用いる磁気トンネル接合（MTJ）素子である積層磁性膜を高集積化するため，高集積パターンを低ダメージで加工する技術が必要不可欠である。こうした観点から、本論文は、MRAM 用積層磁性膜の低ダメージプラズマエッチングプロセスにおける表面反応機構を明らかにし、同加工技術の学術基盤の確立を目的とするものである。

本論文の第一章では、MRAM の開発状況を，第二章はプラズマエッチングを用いた磁性膜加工法における先行研究についてまとめ，MRAM 用プラズマエッチングにおける課題と本研究の位置づけを明確にした。第三章と第四章は高集積磁性膜パターン加工を対象とし，第三章では高集積磁性膜パターン加工で問題となる Ta マスクのファセット部での表面反応機構について、ビーム照射実験結果を基に考察した。その結果，Ta のエッチング耐性を向上するにはエッチング中に高酸化の表面状態を形成・維持することが重要であり，ファセット部を模擬した高 CO^+イオン入斜角における Ta エッチング速度の増加は表面が低酸化状態になることに起因することを明らかにした。第四章では、CO/NH_3 プラズマによる高集積磁性膜パターン加工実験について議論した。この結果、エッチストップの発生が、プロセス上の新たな課題になる可能性を示し，パターン底部への Ta の堆積がその発生原因であることを明らかにした。更に、Ta マスク直下に窪みを設けたルーフマスク構造を用いることでエッチストップを抑制できることも示した。第五章では、垂直磁化 MTJ 加工における水素プラズマダメージ効果を明らかにするため、ブランケット膜(Ta キャップ/MgO/CoFeB)を用いた新たな評価法を提案し，水素プラズマ照射による磁気特性の変化を議論した。その結果，水素プラズマ照射により垂直磁化の起源である垂直磁気異方性エネルギーが減少し，水素プラズマ照射によりダメージが発生することを明らかにした。第六章では、次世代の高集積マスク形成法として注目されている自己組織化リソグラフィ（DSA）技術において必要とされる、ポリメタクリル酸メチル（PMMA）の、ポリスチレン（PS）に対する選択的除去用 Ar/O_2 プラズマエッチング技術について議論し、同加工における酸素添加の有効性を明らかにした。第七章では、こうして得らえた様々な結果を総括した。

以上のように、本論文は、MRAM 用積層磁性膜のプラズマエッチングプロセスに深く関与する表面反応機構を明らかにし、同加工技術の学術基盤の確立に大きく貢献したという点で、極めて価値が高い。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。