

平成17年10月12日  
東北大学・流体科学研究所  
教授 寒川誠二

## 次世代の夢のデバイス MRAM 実用化に道を拓く

### 高精度微細磁性体エッチング用プラズマ技術の開発に成功

#### = タイムモジュレーションプラズマで発生する負イオンによる磁性体エッチング =

東北大学・流体科学研究所・寒川教授グループはこの度、次世代の夢のデバイスといわれる MRAM<sup>\*1</sup> の実用化に道を拓く技術としてパルス変調プラズマによる磁性体膜の高速・低損傷・異方性エッチングを世界で初めて提案し、実際のデバイス上で実証することに成功いたしました。

今回開発した技術は、微細加工や薄膜堆積技術として用いられている高密度プラズマにおいて印加する高周波電界を $\mu$ 秒オーダーでパルス変調することにより、通常放電プラズマでは生成しない負イオンを発生させて基板に入射させることで初めて磁性膜の化学的なエッチングが可能となったというものであります。

次世代メモリ・MRAM を実用化するための大きな課題の一つに磁性体の加工があります。Co, Ni, Fe, Mn などの磁性体は塩素や弗素化合物は作るものの揮発性に乏しく、マスク材との低選択性、反応生成物がエッチング側壁に付着して形状を劣化させる、残留塩化物などが大気中の水分と反応して腐食(アフターコロージョン)を生じるなどの課題があり、MRAM における微細な接合を高精度に形成することは極めて難しいものでした。

今回、パルス変調プラズマにおいて発生する塩素負イオンを用いてエッチングを行うことで、世界で初めて磁性体膜の塩化物の揮発性が大幅に向上し、化学的に高精度に磁性体膜のエッチングが実現できることが分かりました。また、磁性体のプラズマエッチング時に発生する紫外線照射ダメージによる磁気特性の劣化についても、パルス変調プラズマを用いることで紫外線照射を抑制できるため解決できます。

本技術によって、マルチメディア時代における高集積・微細 MRAM デバイス製造を可能にし、しかも製造工程において実用的な加工を実現できる見通しが得られました。また、このパルス変調プラズマは併せて電子やイオンによる基板表面での電荷蓄積も抑制できるという効果が

あり、プラズマプロセスにおいて問題となっている電荷蓄積・照射光ダメージによるデバイス特性劣化を同時に抑制できるもので極めて画期的なものです。

次世代メモリデバイスとして注目を浴びている MRAM において最も大きな問題の一つに、磁性体膜のプラズマエッチングがあります。Fe,Co,Ni,Mn などの磁性体薄膜は塩化物、弗化物を生成するものの揮発性に乏しく、物理的なエネルギーでスパッタリングする以外、エッチングできないという問題点があり、その解決方法が求められています。そこで、私どもはパルス変調プラズマを提案し、パルス変調プラズマにおいて生成する負イオンをエッチング種として用いることで塩化物の揮発性を大幅に向上させることに成功しました。この技術は基板への紫外線照射量や電荷蓄積量も併せて制御でき、プラズマ照射ダメージも同時に解決できるという大きな利点もあり、ナノテクノロジー時代のプロセス技術として必要不可欠であります。

パルス変調プラズマは1992年に寒川教授が世界で初めて提案したものでありますが、プラズマエッチング時の電荷蓄積や紫外線照射によるダメージ抑制を主眼としておりました。しかし、次世代メモリデバイス・MRAM では、ダメージもさることながら磁性体の反応性が乏しく従来プラズマエッチングで用いられているケミストリーでは化学的にエッチングが進行しないという大きな課題がありました。この課題が MRAM の実用化を阻んでいるといっても過言ではありませんでした。新規ガスの開発などこれを解決できる画期的な手法が模索されていましたが、現在までのところ見つかっておりませんでした。

私どもは、より実用的で革新的なプロセスの開発を目指してパルス変調プラズマを用いた簡易で効率の良いプラズマ生成技術の確立とその技術を応用した新しい微細加工、薄膜堆積、表面改質技術の研究に着手しておりました。今回は世界ではじめてパルス変調プラズマ中で発生する負イオンを用いて磁性体のエッチングを試み、磁性体が化学的に高速でエッチングできることを示しました。通常塩素あるいは弗素系連続放電プラズマは、正イオンと電子と中性粒子(ラジカル)で構成されており、負イオンは殆ど生成されません。また、この極微量の負イオンも多量の電子により形成される基板表面の負ポテンシャルにより妨げられ基板にも入射することはありません。しかし、数十 $\mu$ 秒オーダーで印加する高周波電界を On/OFF するパルス変調プラズマでは ON 中に正イオンが発生しますが、OFF 中にはその正イオンが維持されたままエネルギーを失った電子が塩素や弗素のような電子親和力の大きな分子に付

着し負イオンを作ることが分かっています。つまり、パルス変調プラズマにおける高周波 OFF 時間中には正負イオンと中性粒子で構成されたプラズマになっており、基板表面には負ポテンシャルが生成されないため、負イオンを簡単に入射させることが出来ます。この時、磁性体膜のエッチング速度は負イオンの発生しない連続放電プラズマの場合に比べて2倍以上となり、XPS の計測でもエッチング生成物(塩化物)の残留も起こりません。また、マスクに対する選択性も向上し、加工形状がより垂直で微細加工性の向上が実現されています。また、磁性体の塩素化合物が表面に残留していないことから、サンプルウエハーを大気中に暴露した場合でも腐食の発生が抑制されており、きわめて画期的で実用的な加工が実現できることが分かりました。これは負イオンが入射することで基板表面に生成する反応生成物に電子が吸着し、その結果、反応生成物の基板からの離脱エネルギーが低くなることに起因していることが量子化学計算の結果から明らかにされています。さらに、磁性体の磁気特性はプラズマからの紫外線照射により結晶構造が変化し、磁気特性を劣化させることを明らかにするとともに、パルス変調プラズマではその劣化が抑制できることを初めて示しました。

本パルス変調プラズマ技術がナノテクノロジー時代の先端デバイスを高精度に製造することを可能とし、マルチメディア時代のデバイス開発を大きく前進させるものであると考えられるため、今後、超 LSI、光デバイス、磁気デバイス、マイクロマシンにおける高精度3次元ナノ加工、原子層レベルの表面改質、完全結晶堆積などの革新的なプロセスを実現すべく更なる研究開発を進めていく計画であります。

なお、今回の技術成果につきましては、10月27日に 2005 International Microprocesses and Nanotechnology Conference において発表いたします。

以上

<この件に関する報道関係からのお問い合わせ先>

**東北大学・流体科学研究所**

**教授 寒川誠二**

**電話 022 217 5240(直)**

**FAX 022 - 217 - 5240**

**E-mail [samukawa@ifs.tohoku.ac.jp](mailto:samukawa@ifs.tohoku.ac.jp)**

\* 1 MRAM は 磁性体を用いたメモリデバイスで、高速に動作させることができ 不揮発性を持つことから、夢のデバイスとも言われる。また、スタンバイ時に電力を消費しないことも特徴のひとつである。