

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 13605 号
------	---------------

氏 名 今村 翼

論文題目

先端LSI製造プロセスにおけるO₂, CO₂, およびCOプラズマを利用したドライエッチングに関する研究
(Study on dry etching using O₂, CO₂, and CO plasma for advanced LSI fabrication process)

論文審査担当者

主査	名古屋大学	教授	堀 勝
委員	名古屋大学	教授	豊田 浩孝
委員	名古屋大学	教授	五十嵐 信行
委員	名古屋大学	特任教授	石川 健治
委員	名古屋大学	准教授	近藤 博基
委員	名古屋大学	教授	中塚 理

論文審査の結果の要旨

今村翼氏提出の論文「先端LSI製造プロセスにおける O_2 、 CO_2 、およびCOプラズマを利用したドライエッチングに関する研究」は、大規模集積回路製造の主軸であるプラズマエッチング技術の高性能化に関する研究であり、 O_2 、 CO_2 、およびCOガスのプラズマ化学を駆使した最先端微細加工プロセス技術の革新を行った成果を学術的な見地から体系的にまとめたものであり、全6章から構成されている。

第1章は、序論で、先端大規模集積回路製造におけるプラズマエッチング技術の事例を示すことで、これまで用いられてきたプラズマガス化学とそのエッチングプロセスへの応用についてまとめている。さらに、低誘電率薄膜におけるダメージレスエッチング、超高アスペクト比のエッチングおよびリソグラフィーにおけるナノ寸法で有機薄膜のエッチングプロセスについて、その問題点を概観することで、本論文の目的と意義、および構成について述べている。

第2章では、本研究におけるプラズマエッチングプロセスの原理を解説し、本研究で用いたエッチング装置、計測装置や評価手法について詳述している。

第3章では、低誘電率膜のエッチングにおいて、大きな問題になっているプラズマ誘起ダメージについて、酸素ガスプラズマ、窒素と水素の混合ガスプラズマおよび CO_2 ガスプラズマによって誘起されたダメージを比較した結果、 CO_2 ガスプラズマでダメージを低減できることを見出している。その機構を解明するために、プラズマ中のラジカル、イオン、光によるダメージを分離あるいはそれらの相互作用によって誘起されるダメージを解析した。その結果、 CO_2 ガスプラズマにおいて、真空紫外光と酸素ラジカルによるダメージを低減できることを見出した。これらの結果を基に、プラズマを間欠的にオン、オフさせることで、低誘電率薄膜のプラズマ誘起ダメージを低減させる技術を確立した。

第4章では、高アスペクト比の微細構造側壁に形成された TiO_2 膜を横方向にエッチングする技術に取り組んでいる。このプロセスは、大規模集積回路製造にとって、極めて重要な加工技術であり、原子層でのエッチングが要求されている。フルオロカーボンガスと酸素ガスプラズマの TiO_2 表面反応を洞察した結果、これらのガスプラズマを交互に行うことによって、 TiO_2 を原子層毎でエッチングできることを見出している。フルオロカーボンガスプラズマと TiO_2 との相互作用によって TiO_2 表面に形成されたフッ化層が、次の酸素ガスプラズマで除去できるという現象の発見は、本分野におけるプラズマ化学反応の新たな発展につながる成果であり、学術的に高く評価されている。また、本研究で見出された原子層エッチングは、大規模集積回路の量産製造技術として実装されるに至っている。

第5章では、微細なパターンを自己組織化現象によって形成できるブロックポリマーによるリソグラフィープロセスにおいて、プラズマを用いたドライ現像技術の確立に取り組んでいる。ポリメタクリル酸メチル樹脂とポリスチレン樹脂からなるブロックポリマーは、相分離によって、微細なパターン構造を自己組織的に形成することができる。しかしながら、ウェット現像では、パターンが倒れるなどの問題があり、実用化が困難であった。本研究では、COと水素との混合ガスプラズマによって、ポリメタクリル酸メチル樹脂がポリスチレン樹脂に対して選択的にエッチングできることを見出し、今後の超微細リソグラフィー技術の革新につながる知見を提示した。

第6章では、本研究の結果を総括し、今後の課題および展望について述べている。

以上のように、本研究では、先端大規模集積回路製造において、 O_2 、 CO_2 、およびCOガスプラズマの特性と薄膜材料との表界面反応によるエッチング現象を体系的にまとめており、最先端微細加工プロセス技術開発において、プラズマガス化学とそのプロセス技術への適用に対する重要な指針を明らかにした。これらの成果は、学術上、又工業上寄与するところが極めて大きいと判断できる。よって、本論文提出者である今村翼氏は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格があると判断した。