

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 11602 号
------	---------------

氏 名 大矢 欣伸

論 文 題 目

半導体エッチング装置における高周波と直流の重畳印加によるフルオロカーボンガスプラズマの特性及び酸化膜のエッチングメカニズムに関する研究

(Study on Characteristics of Fluorocarbon Gas Plasma with Superposition of Radio Frequencies and Direct Current and Etching Mechanisms of SiO₂ in Semiconductor Etching Equipment)

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	秦 誠一
委員	名古屋大学	特任教授	関根 誠
委員	名古屋大学	特任教授	石川 健治

論文審査の結果の要旨

大矢欣伸氏提出の論文：半導体エッチング装置における高周波と直流の重畳印加によるフルオロカーボンガスプラズマの特性及び酸化膜のエッチングメカニズムに関する研究は、大規模集積回路における高アスペクト比の酸化シリコン薄膜のエッチングプロセスに関して、高周波と直流を重畳したプラズマエッチング装置を用いたフルオロカーボンガスプラズマの物性、エッチング特性およびプラズマエッチングによって誘起される表面反応機構について、学術かつ実用的な成果を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、超大規模集積回路（ULSI）デバイスにおける技術とそれを支えるエッチング技術の研究開発の現状を概観し、本論文の目的と意義、そして構成について述べている。

第2章では、本研究に用いたプラズマエッチング装置、プラズマ計測法および表面の分析手法の原理を示している。

第3章は、本装置で用いた二周波容量結合型プラズマエッチング装置において、上部電極に直流電圧を印加したときの、電子密度の空間分布を計測し、その挙動を明らかにした。特に、上部電極と下部電極に高周波で印加した電圧に対して、上部に直流電圧を印加したときに電子密度に与える影響を初めて明らかにした。この電子密度に関する情報は、プラズマエッチングを制御する上で、極めて重要な成果である。

第4章では、二周波容量結合プラズマにおいて、高周波をパルス駆動したときの電子密度の時間分解計測を表面波プローブ法で行い、 $0.1\mu\text{m}$ というオーダーで高速計測することに成功した。プラズマオフ後、電子は、 $10\mu\text{m}$ オーダーで減衰するが、その後は、正負イオンで構成されたプラズマ状態が存在することを明らかにした。さらに、多様なフルオロカーボンガスにおけるプラズマオフ後の電子の挙動を計測した結果、高次のフルオロカーボンガスになればなるほど、電子密度の減衰が早いことを見出した。この結果は、パルス駆動によって、プラズマ中の粒子の組成を時間的に制御することが可能であることを示唆しており、次世代のプロセスの開発にとって極めて重要な指針を与えている。

第5章では、シリコン酸化膜とエッチングマスクとの高エッチング選択比が得られる条件下において、シリコン酸化膜のエッチング表面反応を微視的に説明できるモデルがこれまで不十分であった。大矢氏は、この表面分析に飛行時間型二次イオン質量分析器を導入して、シリコン酸化膜上に形成されている2nmの極薄い表面反応層の解析に成功した。その結果、 SiOF という反応中間体の膜厚とエッチング速度に相関があることを見出し、 SiOF が酸化シリコン薄膜のエッチングに重要な役割を果たしていることを突き止めた。この成果により、従来のプロセスモデルをさらに発展させることができるため、今後のプラズマエッチング技術に学術的かつ工業的に大きな貢献を成すものである。

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、エッチング技術の根幹を支えている高アスペクト比酸化膜エッチングのプラズマ特性に対して、次世代の量産エッチングプロセスを実現するための重要な指針を提示した。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。よって、本論文提出者大矢欣伸氏は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格があるものと判断した。