

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 12497 号
------	---------------

氏 名 酒井 伊都子

論文題目

超大規模集積回路製造用プラズマエッチングにおける加工形状の制御に関する研究

(Study on control of etch profile in plasma etching for ultra large-scale integration fabrication)

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	宮崎 誠一
委員	名古屋大学	教授	岩田 聡
委員	名古屋大学	特任教授	石川 健治
委員	名古屋大学	特任教授	関根 誠
委員	名古屋大学	教授	中塚 理

論文審査の結果の要旨

酒井伊都子氏提出の論文「超大規模集積回路製造用プラズマエッチングにおける加工形状の制御に関する研究」は、大規模集積回路形成において必要な高速かつ深掘りエッチングに関して、エッチング形状異常に焦点を絞り、その反応機構の科学的な洞察を基にして、形状異常の発生要因と解決策に至るまでの成果を系統的にまとめたものであり、全7章から構成されている。

第1章は、序論で、超大規模集積回路におけるエッチングを概観し、本研究で対象にした高速深掘りエッチング技術の課題や本論文の位置づけについて述べている。

第2章では、本論文で使用したプラズマ診断および表面評価技術の原理及び方法について述べている。

第3章では、フッ化硫黄 (SF_6) ガスプラズマを用いたシリコンの高速深掘りエッチングにおいて、放電周波数、ガス圧力、エッチング面積を変化させながら、深いホールでのエッチング速度やその形状の変化について、系統的に調べるとともに、プラズマ発光分光の結果を基に、その反応機構を洞察している。その結果、速度 $54 \mu\text{m}/\text{min}$ で $40 \mu\text{m}$ 径のホールを深さ $65 \mu\text{m}$ まで、形状異常なく加工できる技術を実現した。

第4章では、 SF_6 プラズマに酸素 (O_2) を導入して、深掘りエッチング形状の制御を行っている。酸素原子密度の挙動を真空紫外吸収分光法で計測し、フッ素原子の相対密度を発光分光のアクチノメトリー法でそれぞれ計測し、これらの計測結果を基にして、側壁での反応を議論している。その結果、側壁保護膜 (SiOF) の堆積が、形状に重要な作用を及ぼしており、その堆積膜の膜厚制御による形状性制御への指針を明らかにした。

第5章では、臭化水素 (HBr) ガスを用いたSiのトレンチエッチングにおける側壁でのエロージョンについて述べている。側壁に残留したBrがエロージョンの要因であることを突き止め、基板温度を140度まで上昇させて、残留Brを低減させてエッチングした結果、エロージョンを完全に抑制することに成功した。

第6章では、積層マスクを用いたサブ55nmエッチングプロセスについて述べている。積層マスクを用いてSiをエッチングした結果、積層マスクパターンが大きくよれてしまい、高精度のエッチングができないことが課題であった。これらの原因を種々の条件で調べた結果、パターンのよれの要因が膜中のストレスであることを見出し、そのストレスが、パターンに含有される水素原子とエッチング中に生じるフッ素原子との反応によって生じるといふモデルを確立するに至った。これらのモデルを基にして、レジスト中の水素含有量を低減させた結果、よれの発生しないエッチングを達成した。この成果を基に、56nm線幅の量産エッチングプロセスが実用化されるに至っており、科学的も実用的にも有用な成果である。

第7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、本論文では、超大規模集積回路製造用の深掘りエッチングに関する加工形状における様々な課題を、プラズマプロセス科学の観点から洞察し、その機構の解明のみならず、解決策をも提示をしている。これらの知見が実用的な量産製造装置やプロセス技術に実装されていることを鑑みると、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、本論文提出者酒井伊都子氏は博士（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。