

論文審査の結果の要旨および担当者

| | |
|------|--------------|
| 報告番号 | ※ 乙 第 7378 号 |
|------|--------------|

氏 名 大森 達夫

論文題目

低気圧・高密度プラズマエッチング現象の解明とその高性能化に関する研究

(Study on low pressure and high density plasma etching phenomenon and its high performance)

論文審査担当者

| | | | | |
|----|-------|----------------|------|--------|
| 主査 | 名古屋大学 | 低温プラズマ科学研究センター | 教授 | 堀 勝 |
| 委員 | 名古屋大学 | 工学研究科 | 教授 | 豊田 浩孝 |
| 委員 | 名古屋大学 | 工学研究科 | 教授 | 大野 哲靖 |
| 委員 | 名古屋大学 | 低温プラズマ科学研究センター | 特任教授 | 関根 誠 |
| 委員 | 京都大学 | 工学研究科 | 教授 | 江利口 浩二 |

論文審査の結果の要旨

大森達夫氏提出の論文「低気圧・高密度プラズマエッチング現象の解明とその高性能化に関する研究」は、シリコン大規模集積回路製造におけるプラズマエッチングを対象として、低気圧・高密度プラズマにおいて生じる、微細パターン形状の異常の発生機構の解明を行うとともに、その知見を基に、新たなエッチングプラズマの装置の提案とその有効性の実証に成功した研究開発について、学術的かつ実用的な成果を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、シリコン大規模集積回路として、プラズマエッチングの研究開発の歴史とともに、低圧・高密度プラズマ源によって生じるエッチング現象とそのプロセス開発における課題を示すことで、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、電氣的、光学的診断法による電子サイクロトロン共鳴(ECR)放電塩素プラズマのプラズマパラメータ、塩素原子密度測定と ECR プラズマのモデル化検討を行った結果を述べている。ECR 放電プラズマ中のプラズマパラメータは、磁力線に沿った中心軸上 (z 軸方向) に不均一で空間分布を持ち、特に電子密度、プラズマ電位は ECR 領域付近で最大になることを明らかにした。

第3章では、ECRを用いたエッチングにおいて、微細パターン形状異常現象(ノッチング現象)が発現する。この現象は、集積回路製造においては、致命傷であり、世界中の機関で、その機構解明と改善策が議論されていた。大森氏は、ノッチ現象を洞察した結果、プロセス圧力の低下や基板位置を ECR 領域から離すことによって、プラズマ中のイオンは大きなドリフト速度を持ってウエハに入射し、ノッチング現象が改善されることを明らかにした。これを基に、シミュレーションを実施し、ノッチング現象は微細パターン表面のチャージングにより生じる局所電場によりイオン軌道が曲げられ、特に対称性が崩れる最外側のラインの内側下部でその変化が大きいためノッチング現象が起こることを解明し、本分野の論争に終止符を打った。また、この知見は、量産装置におけるエッチングプロセスの制御技術を開発するための知見として、高く評価されている。

第4章では、ノッチング現象を改善するために、レーザー励起リドベルグ原子を利用した新しい電離方法と高純度・低温イオンビーム発生方法に挑戦し、新しいエッチングプラズマ源に対しての知見を構築した。

第5章では、ノッチ現象を改善するための実用的なプラズマ装置として、ガスパフ・プラズマ源を提案し、同プラズマ源によるビームエッチング技術の開発を遂行した。ガスパフ・プラズマ源について1次元シミュレーションによるガス流れとビームプラズマの生成について検討し、試作したガスパフ・プラズマ源のプラズマ特性とエッチング特性について調べ、微細パターンにおいても一定のエッチング速度を示し、形状異常等もない高精度エッチングに成功した。

第6章では、大口径ガスパフ・プラズマエッチング装置の開発に取り組み、8インチウエハ上で微細パターンを高精度にエッチングできることを示した。

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、本研究では、低圧・高密度プラズマを用いた超微細パターン形成において、パターンの形状異常であるノッチ現象を解明するとともに、ノッチ現象が生じない高精度微細エッチングを大口径ウエハで実現できる新しい装置を提唱し、その有効性を実証した。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大森達夫氏は博士(工学)の学位を受けるに十分な資格があると判断した。