

論文審査の結果の要旨および担当者

| | |
|------|---------------|
| 報告番号 | ※ 甲 第 14074 号 |
|------|---------------|

氏 名 森崎 諒

論 文 題 目

磁場援用高速原子ビーム源の特性評価と高性能化
(Characterization and Further Improvement of Magnetic-Field-Assisted Fast Atom Beam Source)

論文審査担当者

| | | | | |
|----|-------|-------|-----|-------|
| 主査 | 名古屋大学 | 工学研究科 | 教授 | 秦 誠一 |
| 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 | 梅原 徳次 |
| 委員 | 名古屋大学 | 工学研究科 | 教授 | 巨 陽 |
| 委員 | 名古屋大学 | 工学研究科 | 准教授 | 櫻井 淳平 |

論文審査の結果の要旨

森崎 諒君提出の論文「磁場援用高速原子ビーム源の特性評価と高性能化」は、以下の6章から構成されている。

第1章「緒論」では、本研究を実施するに至った背景、表面活性化接合に用いられる高速原子ビーム源（以下、FAB源）の特徴、及び研究の目的について述べている。

従来形FAB源は、箱形炭素陰極と円柱形炭素陽極で構成されており、内部でArプラズマを生成することから、Ar⁺スパッタリングにより電極表面が摩耗し、積算数百分程度の使用により炭素凝集体が発生してしまう。この凝集体が接合物表面へ付着すると、接合強度の低下を引き起こす。そこで、本研究グループにて、これらの問題解決を図る磁場援用FAB源が開発され、従来形FAB源と比較して、15倍の除去性能と5倍の長寿命化を達成している。しかし、各FAB源内部及び外部現象は未だ解明されていらず、現象解明により、FAB源の更なる高性能化が求められている。

以上のことから、本研究では、従来形FAB源と磁場援用FAB源内部における荷電粒子の挙動、Ar⁺スパッタリング現象、及びビーム照射特性の解明を行い、更なる高性能化を達成する磁場援用FAB源の設計指針を提案している。

第2章「FAB源内部における荷電粒子挙動の解明」では、従来形FAB源と磁場援用FAB源内部のArプラズマに関する粒子挙動解析と実験的なプラズマ内部パラメータ測定の結果について述べている。

本章では、FAB源内部中心面上の構造を模擬した数値解析モデルを作成し、プラズマ電位分布と荷電粒子密度分布の計算を行った。その結果、従来形FAB源は、内部に上下左右にそれぞれ対称な鞍状電位分布と荷電粒子密度分布を形成することを明らかとしている。一方、磁場援用FAB源内部では、Ar-FAB照射方向に偏った分布を形成することが明らかとなった。以上の結果は、各FAB源内部の実験的なプラズマ状態観察結果と、磁場援用FAB源内部の電子密度とプラズマ電位の空間分布の測定結果と一致していることが確認されている。さらに、本数値解析手法を応用することで、磁場援用FAB源の除去性能向上は、Ar-FAB照射量の増加と高エネルギー化であることを明らかとしている。

第3章「FAB源内部におけるスパッタリング現象の解明」では、磁場援用FAB源内部の電極表面観察と、従来形FAB源と磁場援用FAB源内外における、粒子挙動の数値解析結果について述べている。

本章では、FAB源内部の炭素電極表面観察から、磁場援用FAB源内部では、磁場印加による荷電粒子の運動制御により、スパッタリングが局所化することが示されている。また、FAB源の連続使用によって形成された炭素堆積層の断面観察により、炭素凝集体発生原理を解明している。また、各FAB源内部の炭素原子挙動の数値解析結果から、磁場援用FAB源内部では、スパッタリングの局所化により、緻密な電極表面構造や炭素堆積層が形成されることを明らかとしている。以上のことから、磁場援用FAB源は、除去性能の向上と、緻密な炭素堆積層の形成による長寿命化を達成したことが示されたとしている。

第4章「FAB源のAr-FAB照射特性の解明」では、Ar-FAB中のイオン電流測定と、FAB源外部における高エネルギーAr原子挙動の数値解析結果について述べている。

本章では、磁場援用FAB源から照射されるAr-FAB中のイオン電流の空間分布測定結果から、Ar-FAB中では、照射距離に応じて種々の化学反応が生じていることを明らかとしている。また、高エネルギーAr原子挙動の数値解析結果から、磁場援用FAB源はAr-FABの高エネルギー化と、高い中性化率を同時に達成していることが示されている。すなわち、磁場援用FAB源は、接合装置への実装時における被接合物表面の帯電防止効果は、従来形FAB源と同程度であり、十分実装可能であることを明らかとしている。

第5章「電磁場の最適化による高性能磁場援用FAB源の提案」では、前章までの解析手法を用いて、印加磁場強度と陽極構造が磁場援用FAB源性能へ与える影響を調査し、更なる除去性能の向上と長寿命化を達成する磁場援用FAB源の設計指針を検討している。FAB源性能は、数値解析により、評価している。

最後に、第6章「結論」では、各章で得られた結果をまとめるとともに、本研究の今後の展望を述べている。

以上のように本論文では、粒子挙動に関する数値解析と実験的解析によって、表面活性化接合に用いられるFAB源内部における荷電粒子の挙動やスパッタリング現象、ビーム特性の解明を行っている。さらに、ビーム源の性能評価と、除去性能の向上及び長寿命化を目指す磁場援用FAB源の設計指針を提案している。以上の結果は、現代および次世代の高速通信などに多用されている高機能半導体基板の表面活性化接合における生産性を飛躍的に向上させるFAB源を実現し、そのメカニズムを解明しており、工学の発展に寄与するところが大きいと判断できる。よって本論文の提出者である森崎 諒君は、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。