

微細構造形成装置 (2000年度購入)

電気電子工学科 電子デバイス研究室 齋藤 洋司

本装置は私立大学経常費補助2000年度研究設備として導入された。

1. 装置を必要とする背景

本設備「微細構造形成装置」は、一般的に反応性イオンエッチング装置と呼ばれる装置であり、半導体素子、マイクロマシンや光電子素子を作製する過程で基本的かつ不可欠な装置である。これまで自作の装置を用いてエッチング研究を行っているが、異方性加工の可能な装置がなかった。特定の研究を行うための装置ではないが、当初の研究課題として「地球温暖化対策に適合したエッチングガスの開発」、「光導波路の作製に関する研究」などを設定した。前者については数種類の反応性ガスを用いた加工特性・メカニズムについて基礎データを収集し、興味深い結果を得ている。後者についてはシリコンのポーラス化を組合わせた光導波路の作製技術を中心に基礎データを収集している。

2. 装置の原理と概要

エッチングとは、通常、化学反応等を用いて被加工物質を部分的に溶解または蒸発させる工程を指す。本装置のようにガスを用いて反応させる方法をドライエッチングと呼び、ハロゲンを含むガスを導入して行う。被加工物質とガスとの化学反応により、表面に揮発性の生成物を生じさせて加工する。しかし、化学反応のみではガスに接する表面全てが同様に削れる状態となり、微細加工が困難である。反応性イオンエッチングでは、1Pa程度の減圧下で高周波電力を印加してガスをプラズマ状態とし、活性な原子状ハロゲンとともに陽イオンを発生させ、陽イオンを加速して被加工基板に衝突させる。この方法では、

イオン衝撃による反応促進効果が期待できるので、イオンの加速方向のみへの加工ができるようになる。このように特定方向へ加工できる性質を異方性と呼び、微細加工に要求される。なお前述の他、反応生成物による保護膜の堆積とイオン衝撃による膜除去が異方性に寄与すると考えられている。

さて、本装置は、サムコインターナショナル研究所(京都市)社製RIE-10NR型に若干の改造を加えた装置であり、直径240mmの平行平板型電極、2つのガス導入系、内径340mmの耐蝕真空容器、ターボ分子ポンプによる真空排気系、周波数13.56MHz最大300Wの高周波電源および制御系、排気ガス処理ユニットよりなるシステムである。

本機の外観を図1に示す。外形の幅は500mmで、同等性能の他メーカー製品と比較して極めてコンパクトにまとめられている。



図1 装置外観



図2 反応室内部

図2に蓋を開けた状態の反応容器を示す。下部電極側に被加工試料を置いて用いる。上部電極には、エッチング用ガスを均一に供給するための小さな孔が多数開いている。

本装置により半導体材料とその酸化および窒化物、一部の金属材料などが加工できる。加工精度は $1\mu\text{m}$ 程度である。ただし、シリコン系材料ではフッ素含有ガス、 III-V 族系材料では塩素含有ガスを用いるなど、ガスの選択が必要である。本装置はいずれの材料にも対応するよう特殊仕様となっている。

3. 研究概要

これまで、フッ素系反応性ガスを用いたシリコンまたは酸化膜など半導体基板の加工、および発光分光分析を中心としたプラズマ状態観測を行っている。反応性イオンエッチング技術は既に実用化しているが、一般的に装置依存性があるため実際の使用においては試行錯誤している状況である。さらに、一層の微細加工への要求と地球温暖化対策におけるガスの変更の要求があり、確固とした技術ではない。プラズマ状態とエッチング現象との関連については不明な部分がかなり残っており、今後とも基礎研究が必要である。

結晶系太陽電池の表面をドライエッチングにより凹凸形状を作り、反射損失の低減を試みている。また、ドライエッチングによるマイクロマシニングを用いて、赤外センサの作製を試みている。今後、バイオセンサの作製プロセスにも利用する予定である。

また、本来の使用法ではないが、エッチングガスの評価やガラス状炭素や炭化珪素などエッチング耐性材料の評価を受託研究課題として受け入れ、実験を行っている。

4. おわりに

本装置の導入にあたり関係各位皆様のご協力に感謝いたします。また、学内外を問わずご利用の希望がありましたらご相談下さい。

発表文献等

1. 坂村, 平澤, 齋藤:「無水フッ化水素ガスのプラズマエッチングへの応用」, 第49回応用物理学関係連合講演会予稿集, p. 157 (2002)
2. N. Nakamura and Y. Saito:“Helium addition effect on the remote-plasma-enhanced etching of silicon-related materials using anhydrous hydrogen fluoride gas”, Proc. Int. Conf. on Elec. Eng. 2003, pp. IECC067-1-4 (2003)
3. H. Murotani and Y. Saito:“Highly-sensitive infrared sensors using undoped polycrystalline silicon films”, Proc. Int. Conf. on Elec. Eng. 2003, pp. IECC070-1-4 (2003)
4. 齋藤, 中村:「スピンオンシリコン酸化膜熱処理温度の無水フッ化水素エッチングへの影響」, 材料の科学と工学, Vol. 41, pp. 216-219 (2004)