

XeF₂エッチングを用いた微細加工技術の有用性と可能性の向上に関する研究

菅野 公二

本論文の目的はMEMSに応用する微細加工技術としてSiのXeF₂エッチングの有用性を示し、可能性を広げることである。そのために本論文の構成は、1)詳細な加工特性(第3章)、2)デバイスへの応用(第4章)、3)新規な三次元微細加工技術の確立(第5章)、4)問題点の低減(第6章)、5)計算化学を用いたエッチング反応の解析(第7章)とする。

第3章ではXeF₂エッチングの基本特性について述べる。エッチング量の結晶方位、パルス数、パルス持続時間、マスク開口サイズ、エッチング圧力、基板温度依存性を明らかにした。さらにXeF₂エッチングにおける表面粗さを評価した。

第4章ではXeF₂エッチングの軟X線放射用ターゲット製作への応用について述べる。3keV軟X線放射用ターゲットとしてAlターゲット層(0.3 μ m)とSi犠牲層(0.3 μ m)を10層ずつ形成し、Al薄膜間のSi犠牲層をXeF₂エッチングにより除去した。その結果XeF₂エッチングによりAl膜厚とその間隔を保ったまま犠牲層Siを除去してX線放射用ターゲットが実現できることを確認した。

第5章ではXeF₂エッチングと紫外線照射を組み合わせた新規な三次元微細加工技術を提案した。XeF₂エッチングと紫外線照射によりマスク材として用いるSi₃N₄やSiO₂のエッチングレートを制御することができた。この手法を応用して、エッチングプロセス中にシャドーマスクを用いてSi₃N₄、SiO₂マスクパターンを変化させることにより、マルチステップ構造の製作が可能であることを示した。

第6章ではエッチング圧力と基板温度に着目したXeF₂エッチングにおける表面粗さと加工深さの開口サイズ依存性の低減について述べる。エッチング中の圧力を決めるチャージ圧力を390Paから65Paに下げる、もしくは基板温度を300Kから440Kに上げることにより表面粗さと加工深さの開口サイズ依存性は低減することを示した。

第7章では原子スケールにおけるXeF₂エッチング反応をバックボンド数の違いに着目してモデル化を行った。分子軌道計算を用いてバックボンドの違いによる反応ガス吸着、Si-Siボンド切断、生成物脱離の活性化エネルギーを求めた。反応確率を定式化し、セルラーオートマトン計算により表面形態や加工形状を観察した。計算による表面形態、加工形状、反応確率と実験結果の比較から、提案したモデルがエッチング反応を良く表わしていることを明らかにした。