

外乱下においてサブ原子層レベルの感度を有する次世代 QCM の開発

機械システム課 鍋澤 浩文 東京大学 加藤 大 東北大学 安部 隆

1. はじめに

このプロジェクトは、独立振動可能なマルチチャンネル型水晶振動子マイクロバランス (QCM) の高性能化と、これを用いた生体物質や環境汚染物質などの特定を行う QCM 型分子認識チップシステムの創製を目的としている。従来型 QCM の高性能化を図るためには、素子に高い Q 値を持たせるだけでなく、スプリアスを抑制する素子構造を実現しなければならない。この構造の一つとして、水晶を凸形状に加工したエネルギー閉じ込め型構造がある。我々はこの構造を実現するために、リフロー処理したフォトリソットによる水晶のドライエッチング技術について検討を行ったので、以下に報告する。

2. 実験方法及び実験結果

(1) 小型マグネトロン型エッチング装置の改良

水晶のドライエッチングに先立ち、小型エッチング装置の改良を行った。まず、プラズマの高密度化を図るために、平行平板型のプラズマ源をマグネトロン型に改良した。次に、反応容器からの反応生成物の発生と再付着を防ぐために、天蓋の材質をアルミから石英に変え、試料ステージと天蓋の距離をアンユラーリングの高さまで下げた。これにより、ガスの滞留時間を 10 msec(改良前 20 msec)まで理論上減少でき、反応生成物は瞬時に排気される。(図 1)

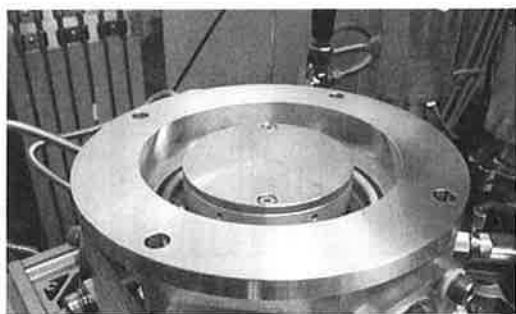


図 1 マグネトロン型エッチング装置

小型エッチング装置の改良前後における水晶のエッチング速さ及びフォトリソットとの選択比を測定した。この時の水晶及びレジストの厚みは、それぞれ 100 μm と 16 μm であった。改良前のエッチング速さは、 SF_6 プラズマ、 C_4F_8 プラズマでそれぞれ、0.15 $\mu\text{m}/\text{min}$ と 0.09 $\mu\text{m}/\text{min}$ であったが、改良により、それぞれ 0.30 $\mu\text{m}/\text{min}$ と 0.23 $\mu\text{m}/\text{min}$ まで増大した。選択比は、 SF_6 の 0.4 に対し、 C_4F_8 は 2.5 と高く、

エネルギー閉じ込め型の凸型加工に有利であることを見出した。

(2) レンズ形状の加工

(1)の実験より、 C_4F_8 プラズマを用いて、水晶のレンズ形状加工を行った。この時のエッチングは、チャンバー圧力 0.2 Pa、高周波 (13.56 MHz) 80 W の条件下で行った。レジストは、フォトリソグラフィを行った後、溶剤蒸気を照射しながらのリフロー処理により、レンズ形状に調整した。図 2 に、エッチング後の SEM 写真を示す。

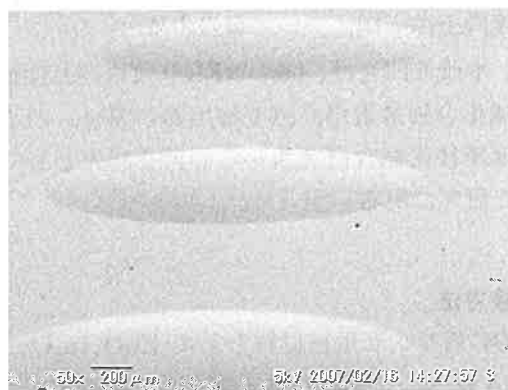


図 2 水晶のレンズ形状加工

レンズの直径は 2 mm で、高さは 40 μm に達した。リフローしたレジストの形状がそのまま、水晶に転写されており、加工表面も基材と変わらず鏡面であった。

3. おわりに

マルチチャンネル型の高感度 QCM を実現するために、水晶のエネルギー閉じ込め型構造を、ドライエッチングで形成する手法について検討した。改良したマグネトロン型エッチング装置により、 C_4F_8 プラズマとリフロー処理したレジストを用いることで、表面が平滑なレンズ形状を形成することが可能になった。本技術を応用することで、レンズ形状水晶振動子を均質に多量生産することが期待できる。また、プロジェクトのビーム整形に用いられるマイクロレンズ等 QCM 以外にも応用が考えられる。今後は、ガス比やチャンバー圧力を変化させることにより、エッチング速さや選択比を制御し、より複雑な形状を形成できるドライエッチング技術について取り組んでいく予定である。

本研究は NEDO 産業技術研究助成事業で行った。