

# 事後評価報告書

機関名：京都大学大学院

大学等研究者名：工学研究科 准教授 松尾 二郎

課題名：反応性超音速ナノ粒子ビームによる高精度異方性エッチング技術の研究

## 1．目的

三フッ化塩素ガス(ClF<sub>3</sub>)など高反応性ガスからなるナノ粒子を生成し、それを超音速で加工材料に吹き付けることにより、高速かつ高精度な異方性エッチング技術の開発を目的とする。本技術は、高反応性ナノ粒子の衝突による高い材料選択性と電荷を持たない超音速ナノ粒子ビームが持つ高い直進性を利用し、プラズマ等を用いる従来技術では困難とされる、高い側壁垂直性および平坦性を持つ高アスペクト比エッチングを実現する。

## 2．成果の概要

高反応性ナノ粒子ビーム高速加工システムを開発し、三フッ化塩素ガス(ClF<sub>3</sub>)超音速ナノ粒子ビームによるSiエッチング特性の導入ガス圧依存性・ClF<sub>3</sub>濃度依存性・ノズル形状依存性を評価した。これにより、中性ビーム強度を増大し、100μm/min以上のエッチング速度を達成した。さらにシリコンに対するフォトレジスト及びシリコン酸化膜の選択比として2000:1以上を実現した。また、エッチング速度に対するチャンバー真空度の影響を調査し、ノズルの多本数化による大面積化が可能であることを示した。微細パターンの加工においては、ノズル形状の探査により、マイクロローディング効果に伴うエッチング深さの飽和を抑制し、アスペクト10程度の異方性エッチングを実現した。加工材料としては、単結晶シリコン以外にタングステン膜、シリコン窒化膜がエッチング可能であることを示した。

## 3．総合所見

企業研究者の活用により概ね想定通りの成果が得られた。

ClF<sub>3</sub>クラスターと単結晶Siの組み合わせにおいては高速エッチングや高アスペクト比実現における当初目標をほぼ達成できたが、新しいナノ粒子材料ガス種の発見に至らず、シリコン単結晶以外へのエッチング材料としての展開もこれからである。企業研究者が大学の設備を十分利用して成果を得ており、研究の活性化に有効に活用し、難しい研究開発課題に取り組んだ。この技術が一般的な技術になるためには、かなりハードルが高いと考えられる。当面はClF<sub>3</sub>クラスターと単結晶Siの組み合わせに特化して展開するのが良いのではないか。その後、一般的エッチング技術に展開してはいかがであろうか。すでに要素技術として確立したレベルにあると判断されるので、企業が中心となる開発フェーズに移行すべきであろう。