

**研究成果展開事業 研究成果最適展開支援プログラム**  
**FS ステージ シーズ顕在化タイプ 事後評価報告書**

研究開発課題名	: 4-8インチウエハでの MEMS 犠牲層エッチング量産加工が可能なプラズマレス Si ケミカルドライエッチング装置の開発
プロジェクトリーダー	: (株)片桐エンジニアリング
所属機関	: (株)片桐エンジニアリング
研究責任者	: 田嶋聡美 (名古屋大学)

**1. 研究開発の目的**

本研究の目的は、情報・通信用ハンドヘルド機器軽量化、自動車の走行中の消費エネルギー制御、埋め込み医療用診断デバイスの根幹部である MEMS の可動部の加工を、現行のプロセスガス(XeF<sub>2</sub>)の1/5以下のコストのプロセスガスを用いた量産型 Si エッチング装置を開発することである。本研究期間内に以下の3目標達成にむけ装置開発を行った。

- ① Si エッチングレート 6.5 μm/min 以上の高速化、
- ② 4インチウエハ内の MEMS 2.5 μm の犠牲層のエッチング
- ③ 4インチウエハでの面内均一 Si エッチングの実現 (Max-Min)/(Max+Min) x 100 < 10%

**2. 研究開発の概要**

**①成果**

本研究期間中に F<sub>2</sub>+NO ⇌ F + FNOの反応を利用した量産型チャンバーの設計製作を行い、②4インチウエハ内の MEMS 2.5 μm の犠牲層のエッチングの目標値は達成できたが、①エッチングレート 6.5 μm/min (XeF<sub>2</sub>を用いた最速エッチングレート)、③面内均一性 10%の目標値の達成はさらなるガス導入・排気・基板冷却・壁加熱装置構造の変更が必要のため、今回は①最速エッチングレート 2.8 μm/min、③面内均一性 50%にとどまった。目標①、②の値を達成するには流体シミュレーション解析を駆使したガス導入口、排気口等の大掛かりなチャンバー設計が必要である。

特に副生成物に関しては本研究計画時に予測していなかったエッチングへ促進、大気暴露後の酸化膜形成等への寄与が明らかになり、新たなチャンバー設計、スクラバー設計も必要であるという知見が得られた。

研究開発目標	達成度
①Si エッチングレート 6.5 μm/min 以上の高速化	①達成度90% 本研究で当初計画した通りのチャンバー設計・製作・プロセス最適化を行い、Si エッチングレート最速 2.8 μm/min に到達した。目標値に達するためにはチャンバー壁温度制御による副生成物の除去、基板冷却温度のさらなる低下、シャワーヘッドと基板の距離制御を行う必要があり、次の A-STEP 産学共同促進ステージにてこれらの課題を解決するよう大規模な装置改造に取り組む予定である。

<p>②4 インチウエハ内の MEMS 2.5 <math>\mu\text{m}</math> の犠牲層のエッチング</p>	<p>②達成度100% 4 インチウエハ内の MEMS 2.5 <math>\mu\text{m}</math> の犠牲層のエッチングが可能であることを実証した。幅 10 <math>\mu\text{m}</math> の構造物下の Si 層除去が可能であり MEMS 正常駆動を確認した。</p>
<p>③4 インチウエハでの面内均一 Si エッチングの実現 <math>(\text{Max}-\text{Min})/(\text{Max}+\text{Min}) \times 100 &lt; 10\%</math> 量産型チャンバーにおける異方性エッチングの有無を検証する</p>	<p>③達成度90% 本研究で当初計画した以上のチャンバー設計・製作・プロセス最適化を行ったが、4 インチウエハでの面内均一 Si エッチングの <math>(\text{Max}-\text{Min})/(\text{Max}+\text{Min}) \times 100</math> は現状～50%にとどまった。目標値に近づけるためには、ガス導入方式、排気方式を現状のものから大幅に変更する必要があるため、次の A-step 産学共同促進ステージにてさらに装置改造に取り組む予定である。 異方性エッチングは量産型チャンバーにおいても観察され、密度汎関数法計算を用いて異方性エッチングが起こる原因の考察を行った。</p>

## ②今後の展開

本研究で当初設定した目標①～③に向かって研究を推進するうえで得られた新たな知見は以下の通りである。

- ・複数種類の副生成物分子の存在とそれらのエッチングへの寄与
- ・大気暴露の際の吸着分子の化学反応
- ・ガス流速制御の重要性

本研究を通じて得られた新規チャンバー改造案をもとに、H27 に A-STEP 産学共同促進ステージを利用して、さらに効率の良い 8 インチ量産型チャンバーの設計・製作し、既存の  $\text{XeF}_2$  ケミカルドライエッチングを凌駕する量産型高速ケミカルドライエッチング装置開発を行いたい。

また MEMS の Si 除去の新規事業創出のみならず、新産業(半導体、パワーデバイス、太陽電池)の Si 系材料加工に当該装置を利用していきたいと考えている。

## 3. 総合所見

一定の成果は得られているが、現状ではイノベーション創出の期待が低い。

プラズマレスで安価なガス系による新規エッチング装置の提案は実用的価値が高く、MEMS素子を製作するなどの成果が得られた点は評価できるが、装置開発という面ではエッチング装置設計に対する専門性が十分でなく、大型装置の開発へ進められるレベルには至っていない。まずは目標未達の要因分析を理論的に進めて、原理的な問題を解決することが先決であると思われる。