

リアル空間を強靱にするハードウェアの未来  
2021 年度採択研究代表者

2022 年度  
年次報告書

中澤 謙太

静岡大学 工学部  
助教

大気圧プラズマジェット加工法が拓く自由曲面デバイス

## 研究成果の概要

本研究では、ナノ・マイクロサイズに局在化した大気圧プラズマジェットを用いて自由曲面をもつマイクロデバイスを製作する手法を開発する。本製作手法は、自由曲面をもつ Microelectromechanical systems (MEMS) やマイクロ光学素子などの製作へ応用することを目指している。従来製法である半導体プロセスによって製作できる MEMS の形状は 2.5D に制限されており、グレースケールリソグラフィ等を用いた先行研究においても所望の形状を製作することは時間的コストが高い、ノウハウへの依存度が高いなどの課題が残る。

2022 年度は、大気圧プラズマジェット微細加工システムの開発と改良を行った。具体的には次の 3 点について実施した。

### 1. サイクルプロセスによる垂直深堀エッチング法の深化

大気圧プラズマジェットを用いると主に化学的な反応によってエッチングが進行するため、基本的には等方性の加工形状となる。自由曲面を加工することを考えた時、アスペクト比の高い構造を製作する必要もある。そのため大気圧プラズマジェットを用いた場合でも異方性エッチングを実現する必要がある。本課題に対し、局在化した大気圧プラズマジェットの位置決めとエッチングを繰り返すプロセスを提案し、疑似的な異方性エッチングを実現した。

### 2. MEMS ポストプロセスを見据えた大気圧プラズマジェットによるダイレクトパターンニング

半導体プロセスを用いて製作された MEMS に対し、大気圧プラズマジェットを用いたマスクレスパターンニングによって自由曲面を付与する。MEMS 形状にマイクロパターンニングされたシリコンウエハに対して、意図した位置にエッチングし、ポストプロセスへの可能性を示すことができた。

### 3. 大気圧プラズマジェットの走査経路生成プログラムの改良

自由曲面を製作するためには走査経路を生成するプログラムが必須である。一般的な工作機に用いられるプログラムと互換性をもたせることで、より複雑な経路を容易に生成することができるよう改良した。

## 【代表的な原著論文情報】

1) Takeru Tomita, Kenta Nakazawa, Takahiro Hiraoka, Yuichi Otsuka, Kensuke Nakamura, and Futoshi Iwata, “In-process monitoring of atmospheric pressure plasma jet etching by a confocal laser displacement sensor”, *Microsys. Technol.*, *in-press*