

**研究成果展開事業 研究成果最適展開支援プログラム  
本格研究開発ステージ 事後評価報告書**

研究開発課題名	: 大気圧プラズマを援用した低環境負荷型ナノ精度一貫加工装置の開発
プロジェクトリーダー	: 明昌機工(株)
所属機関	: 明昌機工(株)
研究責任者	: 山村 和也(大阪大学)

### 1. 研究開発の目的

高精度光学部品作製の金型材料や SiC 等の次世代パワーデバイス用高硬度半導体基板材料は、既存の機械加工技術では加工能率が低い、工具損耗が大きい、さらには電子物性に影響を与えるスクラッチやダメージ層が表面に生成されるといった問題点を有しており、これらの難加工材料に対して高品位な表面を高能率に創成する表面仕上げ手法の開発が望まれている。本開発では、大気圧のプラズマエッチングによる形状創成技術と、おなじく大気圧プラズマの照射による表面改質を援用した軟質砥粒研磨技術とを複合させることにより、難加工材料に対して形状創成から仕上げ研磨までを一貫して行える革新的なダメージフリー加工装置を開発する。

### 2. 研究開発の概要

#### ①成果

大気開放型の数値制御プラズマ CVM 加工を用いた形状創成における加工精度として 10 nm を達成することを目標とし、アクチノメトリー法によりプラズマ中のフッ素ラジカル量を測定することで加工速度を±0.3%の確度でモニターする手法を開発した。大気圧水蒸気プラズマの照射による表面改質と軟質砥粒研磨を複合したプラズマ援用研磨では、難加工材料である単結晶 SiC や反応焼結 SiC に対してサブナノメートルオーダーの表面粗さを実現するダメージフリー研磨プロセスの開発を目標とし、平滑化メカニズムの解明と研磨条件の最適化を図った。その結果、酸化膜界面が原子レベルで平滑化することをあきらかにするとともに、単結晶 SiC 基板においてはステップ/テラス構造を有し、目標とした 0.2 nm rms 以下を大きく上回る 0.09 nm rms の表面粗さを達成した。

研究開発目標	達成度
①数値制御加工後の形状精度として 10 nm を達成する。	①想定加工量を 1 μm とした場合、形状精度 10 nm を達成するには加工速度のモニター確度として±1%が要求されるが、それを上回る ±0.3%をアクチノメトリー法により達成。

②粗さ 0.2 nm rms 以下(単結晶 SiC)、 1.0 nm rms 以下(焼結 SiC)を達成する。	②プラズマ援用研磨の適用により、単結晶 SiC の表面粗さとして 0.09 nm rms, 反応焼結 SiC の表面粗さとして 0.63 nm rms を達成。
--	--

## ②今後の展開

数値制御プラズマ CVM 加工における現状の加工の空間分解能はミリメートルレベルであるが、加工領域のさらなる狭小化と本開発期間中に特許出願したパルス幅変調(PWM)によるプラズマ生成電力の高速変調制御を複合することにより、サブミリメートルレベルの空間分解能の達成を目指す。プラズマ援用研磨においてはプラズマ生成条件の最適化により除去能率を律速する酸化レートの向上を図る。さらに GaN、ダイヤモンド等の高性能パワーデバイス用半導体基板、および金型用超合金の形状創成ならびに仕上げ加工への応用展開を図る。

## 3. 総合所見

目標通りの成果が得られ、イノベーション創出が期待される。形状精度、研磨精度とも目標性能を達成している。ナノ精度一貫加工装置のプロトタイプ装置を完成させて特定顧客に納入済みであり、他用途への展開も試行している。サンプル装置の枠を超えた量産化に向けた取り組みと量産事業化に向けた産学連携強化、企業の頑張りが必要である。