



研究課題名 プラズマナノ製造プロセスによる完全無歪加工の実現とその学理の探究

大阪大学・大学院工学研究科・教授

やまむら かずや
山村 和也

研究課題番号： 21H05005

研究者番号： 60240074

研究期間： 令和3年度～令和7年度 研究経費（期間全体の直接経費）： 144,900千円

キーワード： プラズマ、超精密加工、ワイドギャップ半導体、難加工材料、スラリーレス研磨

【研究の背景・目的】

SiC, GaN, ダイヤモンド等のワイドギャップ半導体は低炭素社会を実現する高性能省電力パワーデバイス用材料として、また、窒化アルミニウム (AlN) 基板や焼結 SiC 等のファインセラミックス材料は GaN のエピタキシャル成長や高精度ガラスレンズの金型用材料として必要不可欠である。しかしながら、いずれも高硬度、脆性、かつ化学的に不活性な難加工材料であるため、既存の化学機械研磨 (Chemical Mechanical Polishing: CMP) では加工能率が低く、また CMP はスラリーと呼ばれる砥粒と薬液を混合した研磨液を用いるため、環境負荷とコストが大きいという欠点がある。一方、機械的な手法により高能率化を図ると電子物性や機械的特性を劣化させるスクラッチ、脱粒、加工変質層の増大によりミクロスコピックな幾何形状や材料物性が劣化するため、先進材料分野においては完全に無歪な表面が得られる加工法の開発が望まれている。本研究では、精密高速ドライエッチングによる形状創成とプラズマ照射による表面改質を援用した高能率無歪研磨仕上げから構成される『プラズマナノ製造プロセス』を構築し、硬脆機能材料に対するスラリーを用いない革新的な高能率完全無歪加工プロセスを実現するとともにその学理を探究する。

【研究の方法】

本研究では『プラズマナノ製造プロセス』をベースにした新たなものづくり学問体系を創出し、産業応用にも供するという目的を達成するために、『精密局所プラズマの数値制御走査によるナノ精度形状創成プロセスの開発』と『プラズマ照射を援用したスラリーレス完全無歪研磨プロセスの開発』を行う。

具体的には、

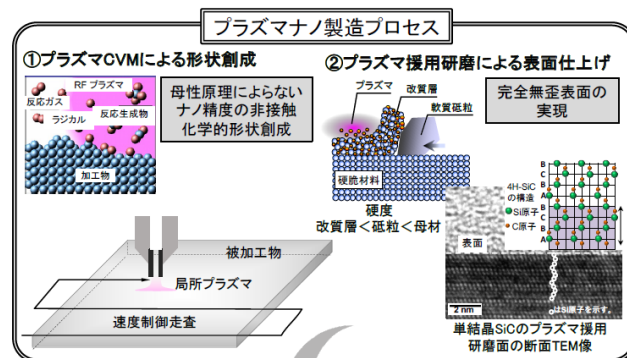
- 自由曲面对応の数値制御プラズマ加工装置の開発と性能評価
- 数値制御加工シミュレーションにおけるアルゴリズムの最適化
- プラズマ生成電極と研磨砥石を複合したハイブリッド加工ヘッドを搭載したプラズマ援用研磨装置の開発
- プラズマ援用研磨におけるプラズマドレスを適用した連続研磨プロセスの開発
- プラズマ援用研磨における平滑化メカニズムの解明とプロセスパラメータの最適化

を実施する。以上により、難加工材料であるワイドギャップ半導体基板や高精度ガラスレンズ用金型の形状創成から最終仕上げに至るまでを、プラズマを援用した物理化学的な手法により一貫して行うという、従来の機械加工技術を革新する完全無歪加工プロセ

ス体系を構築する。

【期待される成果と意義】

ナノ精度の形状創成を可能とするプラズマ CVM (Chemical Vaporization Machining) と原子オーダーで平滑な表面が得られるプラズマ援用研磨 (Plasma Assisted Polishing: PAP) を複合した『プラズマナノ製造プロセス』を新たに構築することで、従来の母性原理に従う機械加工プロセスの限界を打破する革新的な高能率ダメージフリー製造プロセスの確立が期待できる。また、本プロセスは環境負荷が大きなスラリーを用いない完全ドライプロセスであるため、低環境負荷、低コスト、高能率化により、既存の CMP を代替することが期待される。



▶ 完全無歪加工プロセス体系の構築によるものづくり技術のイノベーション

▶ 新たな学問領域『プラズマナノ製造科学』の創出

図1 プラズマナノ製造プロセスの構築

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- R. Sun, X. Yang, K. Arima, K. Kawai, K. Yamamura, High-quality plasma-assisted polishing of aluminum nitride ceramic, CIRP Annals, 69, 301-304 (2020).
- R. Sun, X. Yang, Y. Ohkubo, K. Endo, K. Yamamura, Optimization of gas composition used in plasma chemical vaporization machining for figuring of reaction-sintered silicon carbide with low surface roughness, Scientific Reports, 8, 2376 (2018).

【ホームページ等】

<http://www-nms.prec.eng.osaka-u.ac.jp>