

(別紙5)

補助事業番号 2024M-508  
補助事業名 2024年度 プラズマを援用したダイヤモンド基板の高効率研磨プロセス  
の開発 補助事業  
補助事業者名 大阪大学 山村和也

## 1 研究の概要

低炭素社会を実現するため、二酸化炭素を始めとする温室効果ガスの排出削減策が強力に推進されている。中でも、高効率モータや電気自動車の普及におけるエネルギー効率の向上策として、低損失パワーデバイスの導入は不可欠である。GaN-HEMT（高電子移動度トランジスタ）は、高速スイッチング、低オン抵抗など優れた特性によって、低損失な高周波パワーデバイスとして期待されているが、高出力動作時の熱対策が大きな課題となっている。GaN-HEMT の発熱問題を解決するため、物質中で最も熱伝導率の高いダイヤモンドを接合して発生した熱を分散させるヒートスプレッダーとして用いることで放熱性能を向上させる提案がある。その場合、生産コストとウエハサイズを考慮すると、多結晶ダイヤモンド(PCD: Poly-crystal Diamond) を用いた放熱基板の作製手法を早期に確立する必要がある。

異種材料接合法を用いる場合、界面の熱抵抗はダイヤモンドの表面状態に大きく依存する。従来のダイヤモンド砥粒を用いた機械的な研磨手法では、スクラッチ、欠陥、アモルファスカーボン等が生成されることで、実効的な熱伝導率が大きく低下する。また、半導体基板の研磨に用いられる化学機械研磨(CMP: Chemical Mechanical Polishing)では、ダメージの導入は無いが研磨レートが極端に小さく実用的ではない。したがって、接合界面の熱抵抗を小さくするため、ダメージが無い極めて滑らかな『完全表面』を高効率に作製できる新しい研磨手法の開発が強く望まれている。

本事業では、申請者が独自に開発した高効率・無歪研磨法であるプラズマ援用研磨法(PAP: Plasma-assisted Polishing)をPCD基板の平坦化と平滑化処理に適用して異種材料接合を実現する。

## 2 研究の目的と背景

脱炭素社会を実現する省電力デバイスとしてGaN-HEMT等のパワーデバイスが期待されている。これらのデバイスの性能を最大限に引き出すには発熱による温度上昇に伴う性能低下を防ぐため、高い熱伝導率を有するダイヤモンド基板にパワーデバイスを接合して放熱させなければならない。しかしながらダイヤモンドは物質中最高の硬度を有するとともに化学的にも極めて安定なため、接合を可能とする原子オーダーで平滑な表面を得ることが困難である。本事業では、プラズマを援用したダイヤモンド基板の新しい高効率超精密研磨プロセスを開発する。

## 3 研究内容

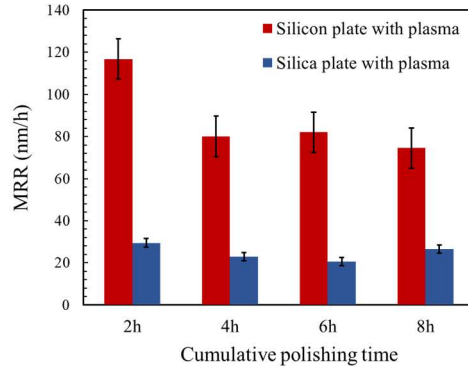
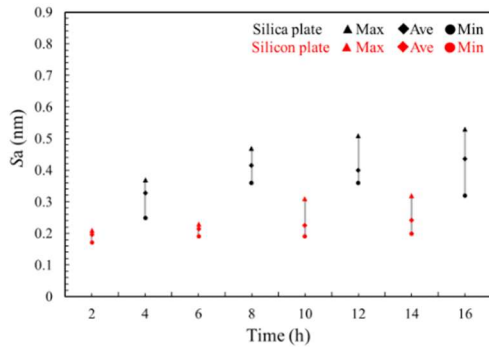
当研究室のホームページ内の以下のURLにて公開

[http://www-nms.prec.eng.osaka-u.ac.jp/news/index.php?c=topics\\_view&pk=1747915366](http://www-nms.prec.eng.osaka-u.ac.jp/news/index.php?c=topics_view&pk=1747915366)

(別紙 5)

(1) プラズマ援用研磨専用研磨プレートの開発

([http://www-nms.prec.eng.osaka-u.ac.jp/images/topics/1747915366/1747915366\\_101.pdf](http://www-nms.prec.eng.osaka-u.ac.jp/images/topics/1747915366/1747915366_101.pdf))

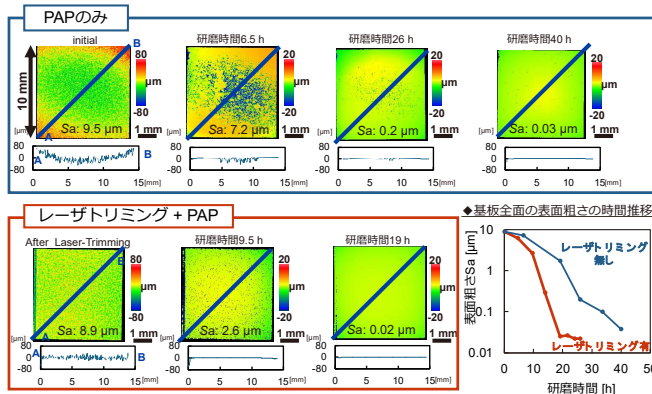


研磨プレート材質と表面粗さの相関  
研磨プレートとして石英よりもシリコンを用いた方が研磨面の表面粗さは良い

研磨プレート材質と研磨レートの相関  
研磨プレートとして石英よりもシリコンを用いた方が研磨レートは大きい

(2) レーザ照射によるPCD基板の前処理法（表面平坦化）の開発

([http://www-nms.prec.eng.osaka-u.ac.jp/images/topics/1747915366/1747915366\\_102.pdf](http://www-nms.prec.eng.osaka-u.ac.jp/images/topics/1747915366/1747915366_102.pdf))

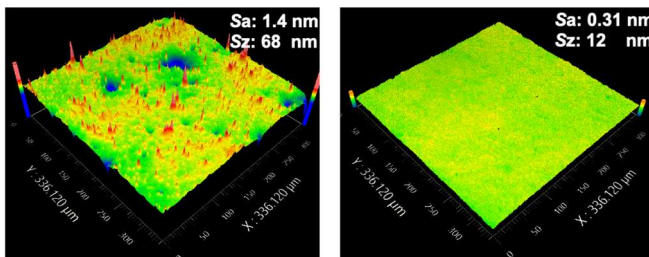


レーザートリミング適用の効果

プラズマ援用研磨(PAP)前にレーザートリミングによる平坦化を行うことで研磨プロセス時間の大幅な短縮に成功

(3) プラズマ援用研磨による多結晶ダイヤモンド基板の超平滑研磨

([http://www-nms.prec.eng.osaka-u.ac.jp/images/topics/1747915366/1747915366\\_103.pdf](http://www-nms.prec.eng.osaka-u.ac.jp/images/topics/1747915366/1747915366_103.pdf))



従来の化学機械研磨面

開発したプラズマ援用研磨面

(別紙5)

#### 4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

本事業の推進により、パワーデバイスの常温接合に資する高品質なダイヤモンド放熱基板(ヒートスプレッタ)を低コストで製造することが可能となる。その結果、GaN-HEMT等の省電力高性能パワーデバイスや高周波デバイスの性能が飛躍的に向上し、低炭素社会の早期実現に貢献する。将来的に単結晶ダイヤモンドの結晶品質が向上すれば究極のパワーデバイス用基板を高効率に製造でき、また、ダイヤモンドをコーティングした耐摩耗材料や工具の研磨にも応用展開することで日本のものづくり技術が革新されることが期待できる。

#### 5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

補助事業の実施責任者である山村は、大気圧プラズマを用いた超精密加工法の開発に取り組み、2017年に世界最小サイズの水素振動子を量産する技術の実用化に成功し、本業績に対して2017年に井上春成賞を、2021年に文部科学大臣表彰科学技術賞開発部門を受賞し、2024年春の紫綬褒章を受章している。また、独自に開発したプラズマ援用研磨により、GaNやダイヤモンド等の難加工材料に対してサブナノメートルオーダーの表面粗さをダメージフリーに得ることに成功し、スラリーを用いない新しい研磨プロセスの優位性を世界で初めて示し、2021年に精密工学会技術賞を受賞している。

今回の補助事業で実施する研究内容は、実施責任者がこれまで取り組んできたプラズマを用いたナノ精度の製造プロセス(プラズマ援用ナノ製造プロセス)の研究開発の一環であり、特に研磨対象材料をダイヤモンドに特化したものと位置づけられる。

#### 6 本研究にかかわる知財・発表論文等

##### 【特許】

発明の名称：プラズマ援用加工方法およびプラズマ援用加工装置

出願番号：特願2024-197977

出願日：2024年11月13日

発明者：山村和也

出願人：国立大学法人大阪大学

##### 【学会発表】

- (1) 杉原聡太, 董佳遠, 藤原歌文, 孫榮硯, 大久保雄司, 山村和也, 多結晶ダイヤモンド基板の低コスト・高効率平坦化に関する研究(第5報)ープラズマ援用研磨における加工効率とプラズマ生成条件の相関ー, 2024年度精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集(9.4-6@岡山大学 津島キャンパス, 岡山)(2024) 539-540.
- (2) 杉原聡太, 董佳遠, 須賀唯知, 王俊沙, 藤原歌文, 大久保雄司, 孫榮硯, 山村和也, 2インチ多結晶ダイヤモンド基板のプラズマ援用研磨における機械的作用が及ぼす影響, 第38回ダイヤモンドシンポジウム(11.20-22@東京電機大学 東京千住キャンパス, 東

(別紙5)

京) (2024) 312.

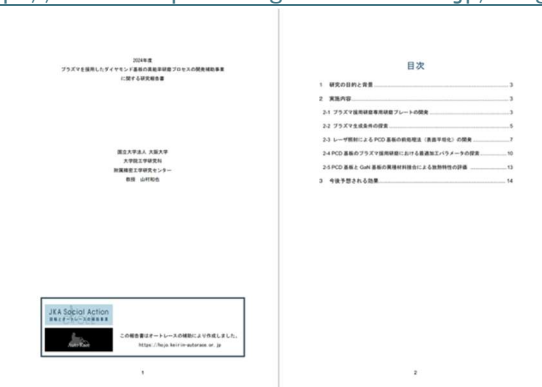
- (3) 董佳遠, 杉原聡太, 藤原歌文, 孫栄硯, 大久保雄司, 王俊沙, 須賀唯知, 山村和也, プラズマ援用研磨による2インチ多結晶ダイヤモンドの粒界段差フリー・超平滑表面仕上げ, 第38回ダイヤモンドシンポジウム (11.20-22@東京電機大学 東京千住キャンパス, 東京) (2024) 313.
- (4) 董佳遠, 杉原聡太, 藤原歌文, 孫栄硯, 大久保雄司, 山村和也, プラズマ援用研磨によるダイヤモンド表面仕上げにおける石英研磨プレートとシリコン研磨プレートの比較, 2025年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集 (3.17-3.19@千葉工業大学 津田沼キャンパス) (2025) 207-208.

## 7 補助事業に係る成果物

### (1) 補助事業により作成したもの

2024年度プラズマを援用したダイヤモンド基板の高効率研磨プロセスの開発補助事業に関する研究報告書

[http://www-nms.prec.eng.osaka-u.ac.jp/images/topics/1747917403/1747917403\\_101.pdf](http://www-nms.prec.eng.osaka-u.ac.jp/images/topics/1747917403/1747917403_101.pdf)



- (2) (1)以外で当事業において作成したもの  
該当無し

## 8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名: 大阪大学(オオサカダイガク)

住 所: 〒565-0871

大阪府吹田市山田丘2-1

担 当 者: 教授 山村和也(ヤマムラカズヤ)

担 当 部 署: 大学院工学研究科附属精密工学研究センター

(ダイガクインコウガクケンキュウカフゾクセイミツコウガクケンキュウセンター)

E - m a i l: yamamura@prec.eng.osaka-u.ac.jp

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