

最近のアウトリーチ活動から

土肥先生が2015年12月24～26日に中国・浙江工業大学の招きで、本研究プロジェクトに関する研究内容「革新的プラズマ融合CMP加工技術」と「革新的概念(高速圧研磨装置とダイラタンシーパッド)による超高効率加工技術」について特別講演をされました。その際、の客員教授の称号の証しとして、有名な天然石の巨大な印章が贈呈されました。



研究代表の土肥先生が精密工学会から「精密工学会賞」を受賞されました。精密工学会「プラナリゼーションCMP委員会」における研究会(2/15)で受賞記念講演を行いました。



財団法人飯塚研究開発機構、福岡工業大学主催の第12回最先端加工技術講習会(温故知新「モノづくりに対する姿勢を学ぶ」)で、土肥先生が「研磨/CMP技術革新と産業界との連携を振り返る」と題して特別講演されました。(福岡工業大学、平成28年3月10日)



ニュースレターの発行 (No.1, No.2, No.3, No.4 そしてNo.5):
これまでに合計5回に亘って発行し、広く関係者の方々に配布・情報発信をいたしました。そして、本号で掲載させていただいているように、多くの第三者の方々から私たちの研究プロジェクトに関して貴重なコメントをいただくことができました。



第三者の研究者からのコメント等

本研究プロジェクト「究極デバイスとしてのダイヤモンド基板の革新的超精密加工プロセスへのブレークスルー」に関心を持っていただいている、各界の著名な先生方からコメントをいただいている。以下、各先生方からのコメントをそのまま掲載(順不同)させていただきます。(敬称略)

工学博士 木下正治
ニッタ(株)技術顧問 (前・ニッタハウス(株)代表取締役社長)

超難加工材の高速・高品位研磨を実現するための画期的な手法が開発されたことを考える。
まず、加工物の極表面に100nm程度の“疑似ラジカル場”という考え方で加工容易層を形成するというアイデアは大変興味深く画期的といえる。現状ではフェムト秒レーザー照射が効果的であるという実験結果を得てその原理を明らかにしているが、この研究で得られた基礎研究をベースにして、超難加工材料の一層効果的な超精密加工を目指してさらに普遍的な形成法の確立を今後期待したいものである。
加工容易層の形成が無くても高速に超精密加工するために設計された“プラズマ複合CMP技術”は、これまでの砥粒加工(ウェット加工)に囚われることなく新たなプラズマ加工(ドライ加工)を融合するという、つまりウェットとドライの両者の加工法を融合してシナジー効果を出そうというこれまで考えられなかった融合加工法は、まさに挑戦的かつ革新的な加工法が現れたと言っても過言ではない。前述の疑似ラジカル場の形成と相まってきわめて効果的な新しい高速研磨法といえる。CMPのプラナリゼーション(平坦化)研磨とプラズマエッチングの選択性を同一の研磨場に導入して、それぞれの長所を効果的に遺憾なく発揮させるための装置構成に様々な工夫が入って非常に努力されている様子が分かる。とくにマイクロプラズマ電極のような独自の革新的なアイデアが組み込まれている点、日本人ならではの工夫であろう。
このプロジェクト研究チームが成し遂げた研究成果は、加工が最も困難と思われたダイヤモンド基板にまで高効率加工ができることを実証した点、非常に高く評価できる。これまで先端的砥粒加工を研究開発してきた者にとっては驚きでもあり、今後は、如何にしてこれらの技術を実用化していくかである。将来の加工法として期待したいところである。

Dr. Jam Sorooshian, Ph.D.
Intel Corporation
OTD Die Prep Engineering Mngr Hillsboro, OR 97123

In this research, Dr. Toshiro Doi and his team have taken a practical and systematic approach to characterize ultraprecision processing of hard to process materials on every level. The CMP/P-CVM fusion processing proof of concept demonstrated in this manuscript is a true sign of the cutting edge possibilities that lay ahead for semiconductor and photonic industries. The process and hypothetical equipment set proposed in this research offer both an operational solution as well as technical solution to the long lasting challenge of having a manufacturable process for the efficient removal on substrates such as SiC, GaN and Diamond. Results demonstrated by this team offer a high quality prospect for industries to adopt these hard to process materials with greater acceptance and begin integration within their processes. “leading to a most expected development of diamond devices.”

博士(工学) 高橋邦充
株式会社ディスコ技術開発本部 レーザ技術部
イノベーショングループリーダー

ビームを集光し被加工物を溶融蒸発、あるいはプラズマ化するレーザ加工は、マクロ、ミクロ加工技術として多くのアプリケーションに利用されている。また、最近では短パルスレーザーの高電場により多光子吸収を誘起し、熱影響の極めて小さな加工が可能となっている。表面加工にもレーザーを用いる方法がさまざまな開発されているが、多くは光を熱に変換し溶融蒸発する除去加工や光化学反応を原理とした最表面の改質であり、表面平滑性を期待するアプリケーションに利用されている例は少ない。九州大学の黒河教授を中心として研究開発された難加工基板の新しい研磨方法は、精密研磨の前処理にフェムト秒レーザーを利用するもので、上述した除去加工とは異なりレーザー照射面が疑似ラジカル場に改質、加工性が改善され、研磨時間の短縮を実現する大変ユニークな手法である。疑似ラジカル場を小さなレーザーエネルギーで形成し、研磨に要するエネルギーの大部分を従来の機械加工に持たせるアイデアは、コストの面からも実現性が高く、次世代デバイスの基板材料とされるダイヤモンド、SiCやGaN基板の加工技術として大いに期待できる。

教授/工学博士 澤辺厚仁
青山学院大学理工学部

1980年代初頭に日本で開発されたダイヤモンドの気相成長技術により薄膜状ダイヤモンドの作製が可能となった。その後大面積ダイヤモンドの作製技術を用いた厚膜化が進み、自立したエピタキシャル成長ダイヤモンド基板が現実のものになりつつある。その結果、新たな工業材料としてのダイヤモンドの加工、特にダイヤモンド基板生産プロセスにおける研磨技術への確立は不可欠なものとなっている。
今回のプロジェクトは、SiC、GaN、ダイヤモンド等の難加工材料の大面積基板を念頭においた高能率加工技術の開発を行なうものであり、新たな社会的要求に答える史上初めてのものであることは間違いない。本研究開発では、今まで経験則として知られていた結晶軸方向と研磨速度との相関を系統的に評価し、研磨方法としては従来の化学機械研磨(Cheical mechanical polishing; CMP)技術の調査を詳細に行ない、ウェット環境で行なうCMP技術とドライ環境で行なうプラズマ化学的気化加工法(Plasma chemical vaporization machining; P-CVM)を融合した革新的プラズマ融合CMP加工(Plasma fusion CMP)を提案し、装置の試作から基礎的研磨データの取得を系統的に行なってプラズマ融合CMP法の優位性を明らかにしたことは、高い評価を与えられる。更に、プラズマ融合CMP法で得られた研磨面を用いたダイヤモンドの追成長により、他の手法と比べて優れた結晶性を持つエピタキシャルダイヤモンドが得られたことは、今後の開発に弾みをつけるものとなっている。事実、私どもが大口径の高品質単結晶ダイヤモンドの結晶成長に成功したこともあり、何としても高効率の加工プロセス技術を切望していたところであったので、加工プロセス関係とスクラムを組んでいけば日本を元気にする起爆剤となる。
今後は大面積ダイヤモンドの研磨を行ない、最終的なプロセス確立を目指すために大面積ダイヤモンドのエピタキシャル成長を行なっている研究グループとのコラボレーションを実現し、大面積単結晶(エピタキシャル)ダイヤモンド基板作製のトータルプロセス確立を世界に先駆けて行なうことが最重要課題であると考えている。ダイヤモンドの気相成長は日本のオリジナル技術であり、今回提案のダイヤモンド基板研磨技術を含む日本で開発されたダイヤモンド基板作製に関するトータルプロセスが世界標準となることを強く望んでいる。

Dr. Tadao Hashimoto,
SixPoint Materials, Inc. CEO/CTO Buellton, CA 93427

I think this research is highly valuable because it proposed a novel concept of fusing two unique technologies and demonstrated proof of concept. The research focuses on development of highly efficient precision machining of hard-to-machine materials such as sapphire, silicon carbide, gallium nitride and even diamond. These materials are highly important for next-generation semiconductor devices such as power transistors and light emitting diodes, which will greatly contribute to reduce energy consumption and loss. However, these materials are extremely hard to machine and chemically inert. People can't simply extend the polishing technology in silicon semiconductors to develop highly efficient precision machining of these hard-to-machine materials. A technological breakthrough with a novel idea and a concept are needed. The research by Professor Doi, Professor Sano and their colleagues is quite innovative because they combined two important technologies - chemical mechanical polishing (CMP) and plasma chemical vaporization machining (P-CVM). They developed a new machine which enables to expose atmospheric plasma to the material surface during CMP. The team succeeded in demonstrating the proof of concept of the technology. The polishing of SiC and GaN using the combined machine showed high material removal rate without deteriorating the surface roughness. The team also demonstrated the polishing of diamond which is extremely challenging. The outcome of the research project will have a significant impact on future development of ultra-precision machining of hard-to-machine materials. I strongly hope this technology will be commercialized.

教授/工学博士 堀勝
名古屋大学未来社会創造機構
名古屋大学プラズマ医療科学国際イノベーションセンター
名古屋大学工学研究科附属プラズマナノ工学研究センター兼任
難加工材料の高能率加工を目指した革新的Plasma Fusion CMPシステムの開発についてのコメント

CMP技術は、SiULSIにおけるイノベーションの一つに数えることができるほどの発明であり、今日のデバイスプロセスを長年に亘って牽引してきた。しかしながら、同技術においてもその技術の発展はある程度成熟してきたと考えられる。一方で、デバイスの精密化と超機能化を実現するために、新たな材料が導入され、プ

ロセス技術に多くの課題が顕在化するようになってきた。その一つに、従来のCMPでは、新規材料である、SiC、GaN、ダイヤモンドなどの次世代半導体に対応することが困難であり、CMPにブレークスルー的技術革新が強く望まれるようになってきた。
このような課題に対して、九州大を中心としたグループは、大気圧プラズマとCMPを融合させることで、次世代材料への適合のみならず、さらなる高速化や平滑性をも実現できる革新技術を創製した。本Plasma Fusion CMPにより、同グループは、これまで困難であった難加工材料への研磨を低ダメージかつ超高速で実現することに成功した。特に、ダイヤモンドについては、多くの研究者がその研磨に挑戦してきたが、新たな技術の開発を見出すことはできなかった。同グループが発明した、酸素プラズマを導入したCMPでは、ダイヤモンドの超高速加工のみならず表面粗さの低減を実現し、次世代の革新的技術を提示したと言っても過言ではない。同グループは、この機序にも洞察を加え、モデルを提案している。これらの結果は、同技術の標準化および社会実装を実現することができる基盤情報であり、その成果は高く評価することができる。
今後、さらなる改良を加えることによって、我が国発の新しい製造プロセス技術の構築が期待される。

教授/工学博士 鹿田真一
関西学院大学 理工学部

本PJは、CO2半減に最も貢献が期待されている「エネルギー効率向上」のワイドギャップ半導体パワーデバイスの実現に資する、超難加工材料の加工に関する研究である。ウェハ表面に疑似ラジカル場を形成するというアイデアに、実績のあるCMPとさらにプラズマを援用したP-CVMを融合した研磨加工プロセスを提案し、最適化をおこなっている。用いた材料は、IV-IV化合物のSiC、III-V化合物のGaNと結合形態の異なる材料系であるが、いずれにも適応可能であり、さらには通常研磨材として用いられる超高結合エネルギーのダイヤモンドにも適応し、高効率に加工できたことは評価できる。
大学のみならず企業も参画して推進したことで高度な装置も試作できており、早期実用化が期待できる。論文・知財も多数だされているが、ワイドギャップ材料を用いたパワーデバイスは、21世紀前半の日本の強力な産業になる可能性が大きく、情報管理を強化してノウハウ漏れなどないように万全の対策を、PJ完了後も取ってもらいたい。

博士(工学) 檜山浩國
(株)荏原製作所 技術・研究開発統括部 統括部長
精密工学会「プラナリゼーションCMPとその応用技術専門委員会」委員長

次世代グリーンデバイスの半導体基板と目されるSiC、GaN、ダイヤモンドに対する高能率・高品位平坦化加工を実現する全く新しい革新的加工方法を提案され、複数の大学・企業が連携するプロジェクトを立ち上げ、機能的に運営して現実的な成果を挙げられていることは、全く素晴らしい敬意を表する。
レーザーアシストやプラズマアシストを難加工材の表面加工に効果的に利用し、原理説明を伴って高効率平坦化の可能性を示したことは、極めて大きな成果である。なかでも、疑似ラジカル場やプラズマ融合CMPと言った日本発の新語・新ジャンルを創造されたことは特筆に値し、これまでにプロジェクトが発表した多くの論文や特許によって同分野の今後の研究開発の活性化が予想される。
また、プラズマ融合CMP方式では、2種類の平坦化装置を開発し、P-CVM援用による高能率・高品位加工が実用スケールで実現可能であることを示したことは、同分野や産業界にとって大きなインパクトであり、実用化に向けた開発の加速が期待できる。

科研研Sプロジェクト連携/定例ミーティング・重要会議 (2015.12~2016.03)

- 2015/12/18 共同研究三者連絡会議(研究協力者含む)、
於 東京(プラナリゼーションCMPとその応用技術専門委員会 第146回研究会会場、プラザエフ)
- 2015/12/25 共同研究二者連絡会議、
於 東京(学振145委員会 第146回研究会会場、明治大学)
- 2016/1/29共同研究三者連絡会議(研究協力者含む)、
於 新竹(WUPP2016実行委員会会場、芙洛麗大飯店会議室)
- 2016/2/15 共同研究四者連絡会議(研究協力者含む)、
於 東京(プラナリゼーションCMPとその応用技術専門委員会 第147回研究会会場、プラザエフ)
- 2016/3/17 共同研究四者連絡会議(研究協力者含む)、
於 東京(精密工学会2016年度春季大会学術講演会会場、東京理科大)