

大気圧プラズマプロセスをベースとした 単結晶ダイヤモンド基板の高エネルギーダメージフリー平坦化・平滑化



大阪大学大学院工学研究科附属超精密科学研究センター（遠藤研究室）

E-mail : yamamura@upst.eng.osaka-u.ac.jp Phone & FAX : 06 - 6879 - 7294

私たちのチームでは、次世代パワーデバイス基板として期待されている
単結晶ダイヤモンド基板の研磨法の開発に取り組んでいます。

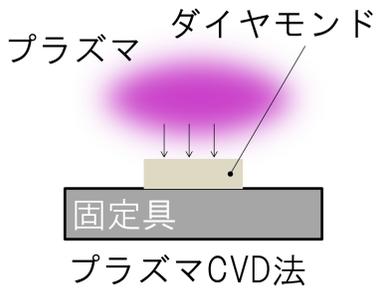
物質中最高レベルの硬さを誇るダイヤモンドを短時間で加工するために「プラズマ」を用いています。

単結晶ダイヤモンド

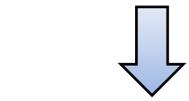


www.debeers.co.jp

ダイヤモンドは、採掘できる量が少ないため高価です。
そして、これまでは宝飾品を中心に使用されてきました。



それに対して、人工的に作製する技術が発展してきています。その一つがプラズマCVD法です。
ダイヤモンドの材料になる材料ガス（メタンなど）をプラズマでばらばらにして再度くっつけるとダイヤモンド膜ができるという方法です。



近年、この方法を発展させて産総研で数cm角（最大20 mm×40mm）の単結晶ダイヤモンド基板を作る方法が確立されました。

単結晶ダイヤモンド基板

H. Yamada et al. Diamond Relat. Mat. 33(2013) 27-31

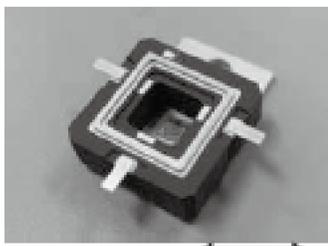
パワーデバイス

上記の単結晶ダイヤモンド基板は非常に優れた特性を有するパワーデバイス基板として近年、注目を集めています。
パワーデバイスとは、大電力を制御する素子のことです。



電気自動車インバータ部

ダイヤモンドの高い電圧まで耐えられる特長を生かせば、電気の通り道を大幅に短縮でき、省エネデバイスになります。



ダイヤモンドデバイスは高温でも動作可能。過酷な環境でも使えるデバイスになります。

超耐熱ショットキーバリアダイオード
(400°Cで1500時間保存しても良好な特性)
S.Shikata, et al, J. Surf. Finish. Soc. Jpn. 62(2011) 170

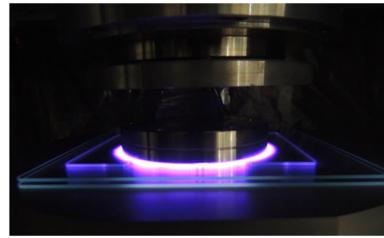


新しいコンセプトの車
From Focus NEDO vol.48, p.14

また熱伝導率が良く、高温でも動作するため冷却機構が不要になり新しい形状の車の登場にもつながります。

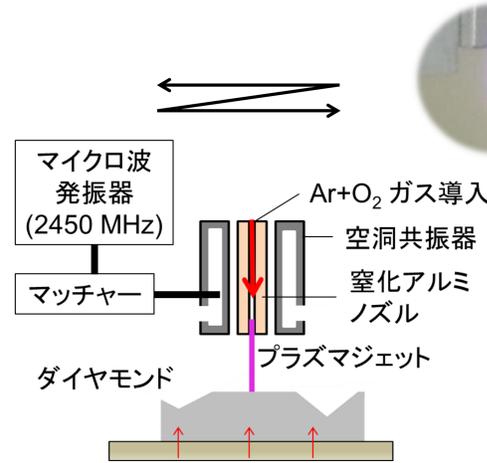
大気圧プラズマプロセスを用いた平坦化・平滑化

デバイスを作るためにはダイヤモンドの形をきれいに仕上げなければなりません。しかし、単結晶ダイヤモンドは非常に硬度が大きく加工が困難です。そこで私たちはプラズマを用いて①化学的に除去 and ②柔らかくしてそこを擦り取る方法を提案しています。



プラズマは、電界により加速された電子により気体状態のガスが電離した状態です。非常に反応性が高い「ラジカル」がたくさん含まれています。ラジカルとは不対電子をもつ原子、分子、イオンのことです。

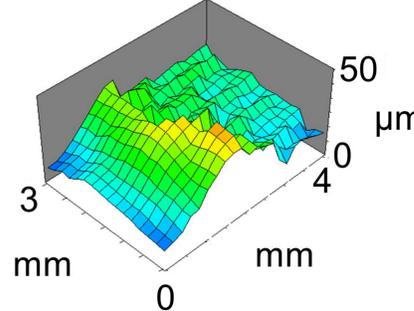
①数値制御プラズマジェットエッチング法



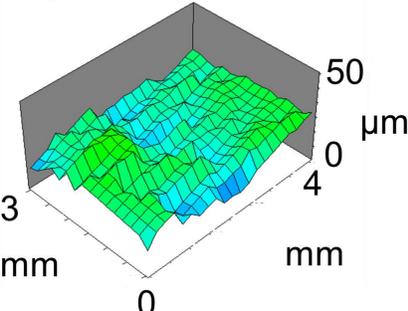
プラズマ中のOラジカルがダイヤモンド上の炭素原子と反応し、CO, CO₂として取り去ります。

mmオーダーの大きい領域で平坦化が目的です。

加工前のダイヤモンド表面

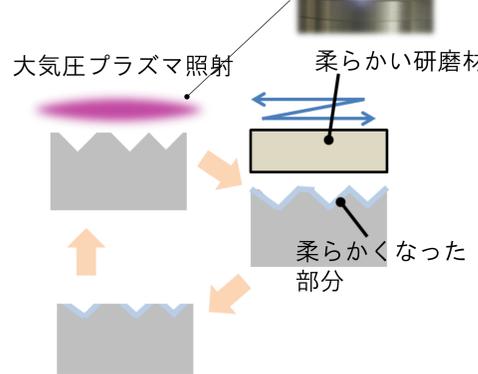


加工後のダイヤモンド表面



平坦化に成功

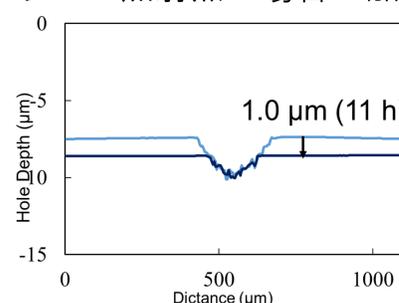
②プラズマ援用研磨法



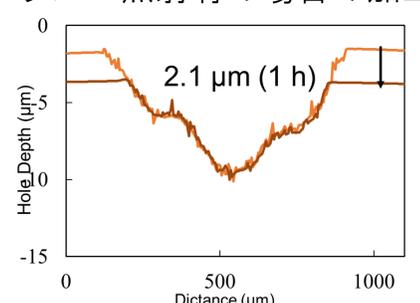
プラズマ中のOHラジカルがダイヤモンド上の炭素原子と反応し、OHで終端する。これにより、表面が柔らかくなります。

μmオーダーの小さい領域で平滑化が目的です。

プラズマ照射無の場合の加工量



プラズマ照射有の場合の加工量



プラズマ照射により加工速度が20倍以上に増大
→非常に高エネルギーな加工ができる。