

高繰り返しナノ秒パルスプラズマを用いた

DLC 高速成膜に関する研究

～高速・低コストで高機能性付与を目指して～

工学研究科 電気物性工学専攻

○准教授 ^{きくち ゆうすけ} 菊池祐介 M2 ^{おぐらまさたか} 小倉匡貴

キーワード

大気圧・準大気圧プラズマ, 高繰り返しナノ秒パルス電源,
ダイヤモンドライクカーボン (DLC), 材料表面改質

研究概要

プラズマとは原子や分子が電子やイオンへと別れた状態のことで、高いエネルギーを持った粒子により様々な化学反応を発生させることが可能です。しかし、従来のプラズマは低気圧環境下で作られており、高価な排気設備と真空容器が必要でした。そのため、プラズマの応用範囲は半導体産業といった付加価値の高い分野に限られてきました。大気中でプラズマを作ると、アーク溶接で知られるアーク放電という非常に高温のプラズマになる傾向があります。用途にもよりますが、材料の表面改質などをプラズマで行う際にはやはり従来の低温のプラズマが必要です。低温プラズマを大気中で作る秘訣はパルス電源にあります。プラズマが着火してから高温プラズマに移行するには数百ナノ秒～数マイクロ秒オーダーの時間がかかります。電極に印加している電圧をゼロにしてしまえばプラズマに投入されるエネルギーがなくなりますので、短い時間とはいえ低温プラズマが得られます。

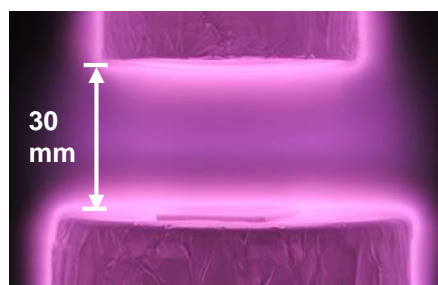
我々は大気圧低温プラズマの応用展開として、材料の表面改質・成膜に着目し、特にダイヤモンドライクカーボン (DLC) 成膜実験を行ってきています。写真は大気圧から少しだけ減圧した準大気圧中で作ったプラズマの様子です。高繰り返しナノ秒パルス電源 (パルス幅: 300 ns, 周波数: 200 kHz) を用いることで空間的に均一で安定なヘリウム (He) プラズマが得られています。DLC を成膜するために炭素を含んだガス (ここではメタンガス) を混合させ、シリコン基板にこのプラズマを照射すると基板が黒く変色し、炭素膜が成膜されていることが確認できます。分析を行うと、従来の低気圧プラズマを用いて成膜したものと同等の硬さ (12 GPa) の DLC 膜を 10 倍の成膜速度で得ることができました。

アピールポイント

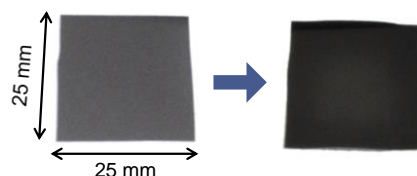
大気圧・準大気圧プラズマを用いる利点の一つはプラズマの高密度化です。それによりプロセス時間を一気に短縮でき、低コスト化が期待できます。DLC 成膜だけでなく、空気清浄、滅菌、液中プラズマ形成等をこれまでに行っています。また最近では、低エネルギー He 照射による金属表面のナノ構造形成技術にも挑戦しています。これらの研究を JST 等の外部資金を得ながら進めています。「大気圧プラズマをこんなことに使えないだろうか?」という産業界の声に応えていければと思います。

論文 (DLC 成膜): Y. Kikuchi, et al., Vacuum (2016) in print.

論文 (プラズマ滅菌): Y. Kikuchi, et al., Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 50 (2011) 01AH03.



準大気圧ヘリウムプラズマ



硬度 12 GPa の DLC 膜 (右: 成膜後)