

光電子放出を用いたパルス放電プラズマ CVD による炭素薄膜の合成 Synthesis of Carbon Thin Films by Pulse Discharge Plasma CVD Using Photoelectron Emission

1235125 野村恵吾 (プラズマ応用研究室)

(指導教員 八田 章光 教授)

1. はじめに

本研究室では、DLC やグラフェンなどの炭素薄膜の合成を行ってきた。これらのナノ膜厚の炭素薄膜合成を高精度に制御するパルス変調プラズマ CVD 法の開発を行ってきた。さらなる成膜制御性向上を目指し、放電時間の最小化とガス供給の最小化を行った。ところが、短時間のパルス変調放電やパルスガス供給を行った際に、ミリ秒単位での放電開始タイミングのずれ（ジッタ）が顕著に見られた。一般的なプラズマ放電開始には、自然放射線（宇宙線）による初期電子の供給が必要となる。しかし、チャンバーを透過する自然放射線の頻度が 1 秒間に数 100 回程度であるため、ジッタが発生したと考えられる。

先行研究として、光電子制御によるプラズマ放電制御[1,2]が報告され、初期電子の供給源としてエキシマランプを使用し、放電制御がなされている。本研究では同様に紫外線を電極へ照射し、光電効果によって意図的な初期電子供給によって、パルス放電プラズマの再現性向上を図った。

2. 実験方法と結果

紫外線 222nm による光電子放出を用いたパルスガス供給プラズマ放電の放電開始ジッタの抑制を検証した。パルスガス供給は、ソレノイドバルブを高速駆動させ、チャンバーへミリ秒オーダーでガス供給した。

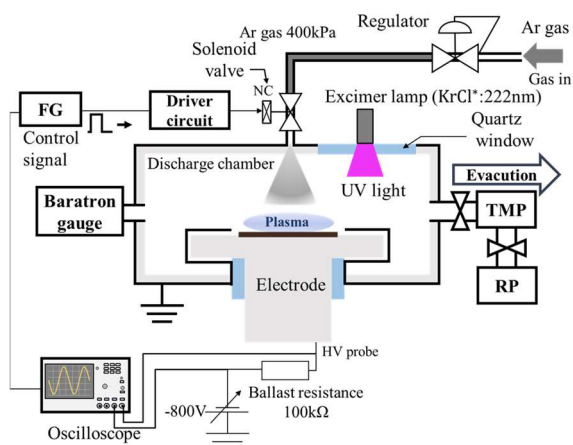


図1 パルスガス供給プラズマ放電の実験構成

図1にパルスガス供給プラズマ放電の実験構成を示す。放電チャンバーはターボ分子ポンプ(TMP)によって連続排気した。電極間には、直流電源によって-800Vを定常的に印加し、電極直上のソレノイドバルブを1ms以下のパルスで駆動させ、Arガスをパルス供給した。また、チャンバー上部にエキシマランプ（KrCl*、波長222nm）を設置し、石英窓から紫外線を電極へ照射した。

プラズマ放電の観測には、オシロスコープを用い、高圧プローブを放電電極へ接続し、放電発生時の電極電圧の変化を観測した。パルスガス供給時以外は高真空であるため放電は発生せず、パルス供給したガスが電極間に偏在している瞬間のみ放電する。放電時は、バラスト抵抗により電極電圧が低下する。

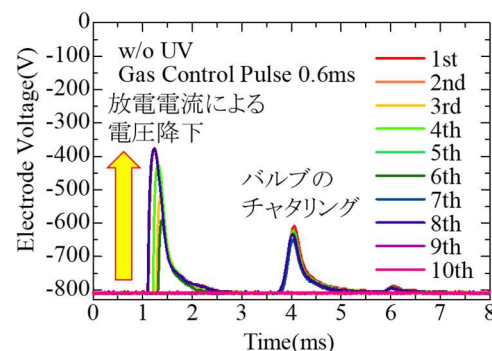


図2 紫外線照射なしのパルスガス供給プラズマ放電

図2は紫外線照射なしの場合のパルスガス供給プラズマ放電の放電波形である。ガスパルス導入を10回繰り返して放電し、放電再現性を確認した。結果、ガスパルス導入時、約1ms間だけ放電プラズマが生成し、放電電流によって電極電圧低下の波形を観測できた。一方で、放電の立ち上がりのタイミングが1~1.5msの間でずれが生じ、放電しない場合も見られた。4msで発生した第2のガスパルスの放電波形はソレノイドバルブのチャタリングによってガス導入が複数回発生していると考えられる。

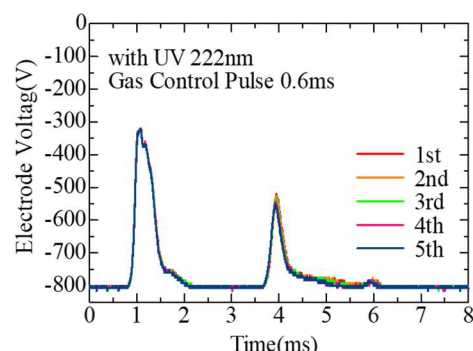


図3 紫外線照射した時のパルスガス供給プラズマ放電

図3は紫外線222nmを照射した場合のパルスガス供給プラズマ放電の放電波形である。5回のガスパルス導入の電極電圧の変化による放電波形がすべて一致する結果となった。

3. まとめ

紫外線222nmによる光電子放出を用いたパルスガス供給プラズマ放電を行った結果、5回の放電波形が一致するような再現性の高い放電を確認することが出来た。よって、紫外線の光電効果による初期電子供給は、ミリ秒単位の短時間での放電プロセスにおいて、ジッタ抑制効果が確認できた。

参考文献

- [1] T. Takami et al., e-J. Surf. "atalyst-Free Growth of Networked Nanographite on Si and SiO₂ Substrates by Photoemission-Assisted Plasma-Enhanced Chemical Vapor Deposition" Sci. Nanotech. 7 (2009) 882.,
- [2] 鷹林 将, 高桑 雄二, "ダイヤモンドライクカーボンの成長機構解析と制御成膜" 炭素 2020 (No.293) 80.,