

光電子制御放電を用いたプラズマの閉じ込め

有明工業高等専門学校 創造工学科 エネルギーコース 鷹林 将
 田辺工業株式会社 加藤 直樹、渡辺 貴之

Susumu Takabayashi (National Institute of Technology, Ariake College)
 Naoki Kato, Takayuki Watanabe (Tanabe Engineering Corporation)

1. はじめに

放電プラズマは、宇宙線電離により発生している浮遊電子を初期電子として用いて生成させる。ただし、浮遊電子の個数と空間分布は不定であるため、安定した放電を立てることは難しい。一方、我々のグループが開発した光電子制御プラズマ(Photoemission-assisted plasma)は、真空紫外光を利用して基板から光電効果により放出される多量の光電子を初期電子とすることで、安定した放電を狙った場所のみ立てることができる。光電子制御プラズマの放電形態の一つに、光電子制御グロー放電(Photoemission-assisted glow discharge, PAGD)がある。本研究では、PAGDによるプラズマの閉じ込め制御を目的とした。

2. 実験方法

図1に装置の模式図を示す。陰極基板サンプルを n-Si(100)とした。陽極には、すのこ状の銅電極を用いた。基板面積は石英カバーを用いてφ16 mmの円に規制した。波長172 nmの真空紫外光を陽極上方から照射した。印加電圧を300 V一定とし、一定流量で圧力をスキャンさせながら、電流変化を測定した。

3. 結果と考察

図2に、得られた電流-圧力曲線アルゴン雰囲気における電流-圧力特性を示す。流量は60 sccmとし、低圧側から高圧側へ圧力を増加させた。580 Paで電流は1.5倍に増加した。同時にPAGDプラズマは当初の直径16 mmの円から直径3 mmの円へと閉じ込められた(図3)。電流比および面積比から、実質的な電流密度は1.5 ×

$\left(\frac{16/2}{3/2}\right)^2 \cong 42.7$ 倍にもなった。閉じ込められたプラズマは6430 Paまで維持された。

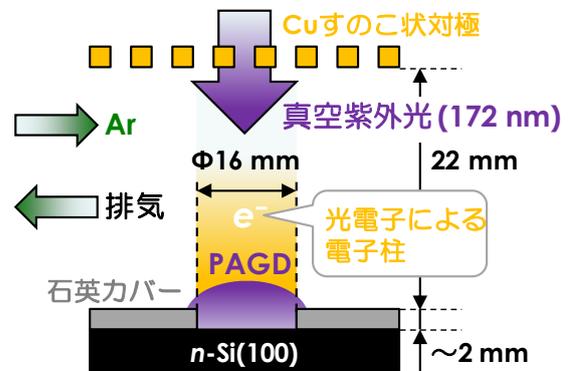


図1. 光電子制御プラズマ装置の模式図

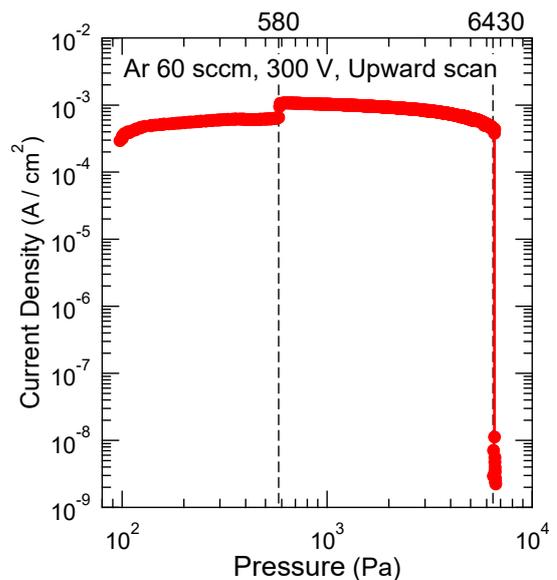


図2. 電流-圧力特性

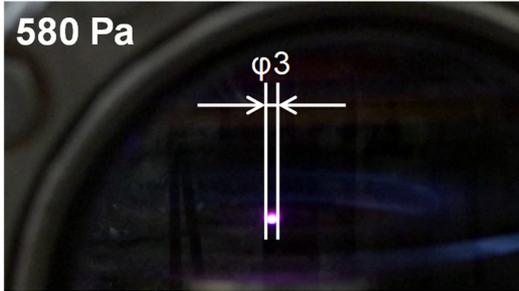
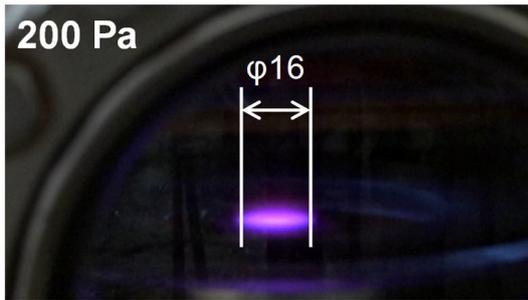


図 3. (上) 200 Pa および(下) 580 Pa における PAGD プラズマの写真

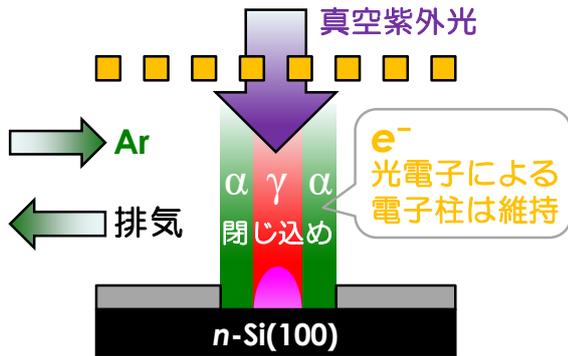


図 4. プラズマ閉じ込め機構の模式図

以上の現象は図 4 に示すように、PAGD を生じさせる γ 作用の範囲が、石英カバーによる幾何学的な制限よりも小さくなることで理解される。その反応は、Ar の流量と排気量のバランスにより説明される。圧力を上げていくと、Ar の絶対量が多くなるために α 作用が進むが、多量の光電子は供給され続けているので、 γ 作用は中心部に残る。周囲では発光を伴わない α 作用が支配的となるため、結果的に閉じ込められたプラズマが観測されると考えられる。PAGD による位置制御された閉じ込めプラズマは、新規プ

ラズマ反応場や半導体微細加工プロセスへの応用が期待される。

4. 参考文献

- 1) 鷹林, 高桑, 炭素 **293**, 80-91 (2020).
- 2) 鷹林, 塚寄, 古賀, 加藤, 渡辺, 特願 2023-142496 (2023).
- 3) R. Tsukazaki, H. Naito, H. Koga, A. Fukuda, N. Kato, T. Watanabe, S. Takabayashi, *J. Vac. Sci. Technol. B* **42**, 034201 (2024).