

# 大気圧非平衡 Ar プラズマの連続・線スペクトルの両者による 発光分光計測

菊地航行、榎本 純、山下 航平、山下 雄也、根津 篤、赤塚洋

東工大

<https://akatsuka.zc.iir.titech.ac.jp/>

大気圧非平衡 Ar プラズマの電子エネルギー分布関数 (EEDF) の推定を発光分光計測で得られた実験値にフィッティングする手法によって行う。本研究では、連続スペクトルの制動輻射解析 [1] と、線スペクトルの衝突輻射モデル (CRM) 解析 [2] の両者を比較するだけでなく、連続スペクトルの誤差が小さい範囲で探索範囲を制限した CRM 解析を実施した。すなわち、制動輻射によって生じる連続スペクトルを実験値にフィッティングする制動輻射解析 [1,3], CRM によって計算される励起状態数密度を線スペクトルから求めた実験値にフィッティングする CRM 解析 [4], 制動輻射解析で平均二乗対数誤差 (MSLE) が小さくなる電子温度  $T_e$ , 電子密度  $n_e$  を一般化 EEDF のパラメータ  $\gamma$ (1-Maxwell, 2-Druyvesteyn) の関数として表し、制約条件下で CRM 解析を行うハイブリッド解析 [5] である。いずれのフィッティングにおいても、最小化すべき目的関数は MSLE とした。

我々がこれまで解析した DBD 装置 [1] に対し、既報の発光分光計測を実施した。結果を図 1 に示す。制動輻射の単独解析では  $T_e = 0.2 - 0.4$  eV,  $n_e = 2 \times 10^{14} - 3 \times 10^{15}$  cm<sup>-3</sup> となり, CRM 単独解析では  $T_e = 1.5 - 3.8$  eV,  $n_e = 10^8 - 10^{14}$  cm<sup>-3</sup> となった。いずれも放電装置への印加電圧  $V_{in}$  に対して一貫した傾向を示さなかったが, 今回行ったハイブリッド解析では  $T_e = 0.7 - 0.8$  eV,  $n_e = 6 \times 10^{11} - 2 \times 10^{13}$  cm<sup>-3</sup> となり,  $V_{in}$  に対して  $T_e$  はほぼ一定で  $n_e$  が増加する傾向が確認された。これらの結果から, 連続スペクトルと線スペクトルの両方を用いた解析によって, より信頼できる EEDF の推定が可能であることが示唆された。

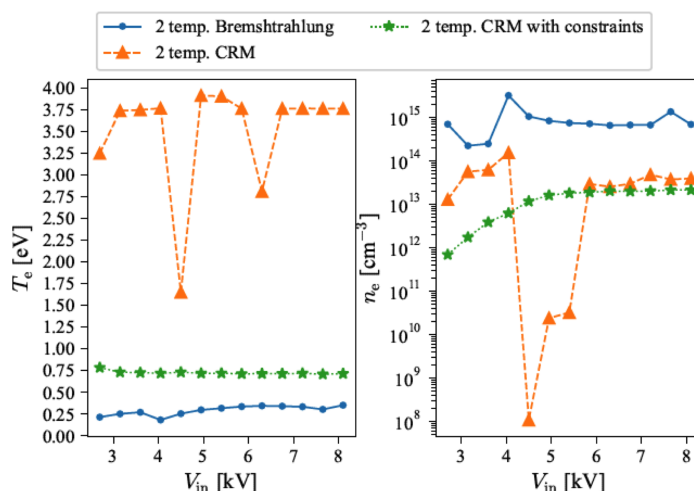


図 1: 各手法で求めた  $T_e$  と  $n_e$  の解析結果。

[1] H. Onishi, F. Yamazaki, Y. Hakozaki, M. Takemura, A. Nezu, and H. Akatsuka, *Jpn. J. Appl. Phys.* **60**, 026002 (2021).

[2] K. Lin, A. Nezu, and H. Akatsuka, *Jpn. J. Appl. Phys.* **62**, SL1005 (2023).

[3] T. van der Gaag, A. Nezu, and H. Akatsuka, *J. Phys. D* **56**, 304001 (2023).

[4] Y. Yamashita, T. Akiba, T. Iwanaga, S. Date, H. Yamaoka, and H. Akatsuka, *IEEE Trans. Plasma Sci.* **50**, 1875 (2022).

[5] 菊地 航行, 榎本 純, 山下 航平, 山下 雄也, 根津 篤, 赤塚 洋, 第 84 回応用物理学会秋季学術講演会 講演予稿集, 23a-A301-1 (2023).