

大気圧非平衡Arプラズマの発光分光診断～ 電子温度・密度の測定

赤塚 洋

東工大

<http://www.lane.iir.titech.ac.jp/~hakatsuk>

材料プロセス・医療応用を目指した大気圧非平衡プラズマの電子温度・密度の計測方法が様々に議論されているが、まだ決定版がない状況である。本報告では、意外にも、連続スペクトル測定が有用でありそうであることの報告を行う[1]。Park *et al.*によると、たとえ低電子密度でも大気圧であれば、高密度の中性粒子との制動放射により、連続スペクトルが卓越した形で放出される。その分光放射率 ε_{ca} は次式で与えられ、近年彼らにより検証が重ねられ、測定される強度も実用的なレベルで、実験結果を非常に適切に説明することが知られるようになってきた。

$$\varepsilon_{ca} = \sqrt{\frac{2}{m_e}} \frac{n_e n_a}{\lambda^2} \frac{hc}{4\pi} \int_{hv}^{\infty} Q_{ca}^B(\lambda, E) \sqrt{E} f(E) dE, \quad (1)$$

ここに、 m_e は電子質量、 n_e は電子密度、 n_a は衝突対象原子密度、 λ は光子波長、 h はPlanck定数、 c は光速、 Q_{ca}^B は電子原子制動放射断面積で運動量移行断面積から求めることが可能、 E は電子エネルギー、 f は電子エネルギー確率関数である。計測された連続スペクトルについて、例えばMaxwell型の電子エネルギー分布を仮定すれば、測定された連続スペクトルのピーク波長をよめば、電子温度を求めることができ、絶対校正を施して強度を測定すれば、電子密度も求められる。

一方、こうした大気圧非平衡プラズマでは、放電の母ガスにアルゴンを用いることが多く、以前から、原子衝突過程を含めたアルゴン衝突輻射モデルにも期待がされてきた[2]。そこで、Ar励起状態数密度に対して衝突輻射(CR)モデルを適用し、電子温度を解釈した値との比較を通じて、連続スペクトルあるいは線スペクトル+CRモデルによって大気圧非平衡Arプラズマの電子温度・密度の計測方法につき、現時点で最適と思われる方法をまとめて報告する[3]。

[1] Sanghoo Park, Wonho Choe, Holak Kim and Joo Young Park, *Plasma Sources Sci. Technol.*, **24**, 034003 (2015).

[2] H. Akatsuka, *Phys. Plasmas*, **16**, 043502 (2009).

[3] 赤塚洋. 大気圧プラズマの発光分光診断の課題, 2016年第77回応用物理学会秋季学術講演会講演予稿集, 14p-A22-2, 100000001-188, (2016).

[講演者略歴] 赤塚 洋 東京工業大学 科学技術創成研究院 先導原子力研究所 准教授。1987年3月京都大学大学院 工学研究科原子核工学専攻 修士課程修了。同年4月 日本電気株式会社勤務。1991年4月東京工業大学原子炉工学研究所助手。1995年3月 博士(工学)。1995年8月東京工業大学原子炉工学研究所助教授、2007年 同准教授。現在に至る。プラズマ理工学, プラズマ分光学的研究に従事。