

# マイクロ波放電 H<sub>2</sub>·D<sub>2</sub> 混合プラズマの Fulcher バンドの発光分光特性

本多裕梨奈<sup>1</sup>、大西育佳<sup>1</sup>、Alejandro Álvaro-González<sup>1</sup>、根津 篤<sup>2</sup>、○ 赤塚 洋<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 東工大院工、<sup>2</sup> 東工大技術部、<sup>3</sup> 東工大研究院

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

[はじめに] 核融合炉の周辺領域ではもちろんのこと、Si 系太陽光パネル生成のプラズマプロセスなど、工学上の様々な場面において水素プラズマは重要である [1]。本研究では、主に H<sub>2</sub>·D<sub>2</sub> 及びそれらの混合放電プラズマ中に生成される H<sub>2</sub>, HD, D<sub>2</sub> 分子励起状態中の振動・回転励起状態分布を計測することを目的とする。特に、回転温度に注目し、振動量子数  $v$  への依存性や、H<sub>2</sub>·D<sub>2</sub> 混合比への依存性を分子物理学的に考察することを目的とする。

[実験] 図 1 に実験装置ブロック図を示す [12, 3]。マグネトロン発振器で生じたマイクロ波 (2.45 GHz, 350 W) を、整合器を経て石英放電管へと導波管により供給する。放電圧力は 0.5 – 1.0 Torr として、導波管中央から石英管に沿って排気方向に  $z$  軸を取り、 $z = 6, 10, 14$  cm の位置にて測定を実施した。

[結果及び考察] H<sub>2</sub> 分子の回転温度を各振動励起準位ごとに図 2 に示す。回転温度はプラズマが下流に進むに従い上昇することが見出された。振動温度や電子温度は回転温度よりもかなり高く、エネルギー緩和の過程が現れていると考えられる。また、高振動準位ほど回転温度が低くなることを見出された。電子衝突励起時の分子の回転角運動量がおおよそ保存されることから、核間距離増加による慣性モーメント増加により、高振動励起準位の回転速度が低下することにより、回転温度が減少するものと考えられる [2]。

一方、D<sub>2</sub> 分子の回転温度を同様に Fig. 3 に示す。Fig. 2 とほぼ類似の結果ではあるが、振動量子数  $v \geq 2$  の場合、D<sub>2</sub> の方が回転温度が高くなること、また、 $v$  への回転温度の依存性は小さいことを見出された。各準位間のエネルギーギャップが小さいことが主たる要因ではないかと考えられる。

最後に H<sub>2</sub>·D<sub>2</sub> 混合プラズマの回転温度につき言及する。わずかながら、回転温度は D<sub>2</sub>, HD, H<sub>2</sub> の順に低くなることが判明した。また、同一放電条件下では、D<sub>2</sub> のみを放電気体とする場合を除いて、D<sub>2</sub> 密度の高いほど、回転温度が高くなることを見出された。

[1] T. Shikama, S. Kado, Y. Kuwahara, K. Kurihara, F. Scotti, and S. Tanaka, Plasma Fusion Res. **2**, s1045 (2007).

[2] H. Akatsuka, H. Kawano, K. Naoi and A. Nezu, Jpn. J. Appl. Phys., **56**, 056102 (2017).

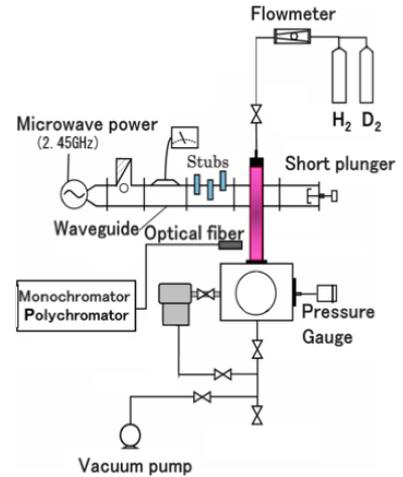


図 1: 実験装置ブロック図。

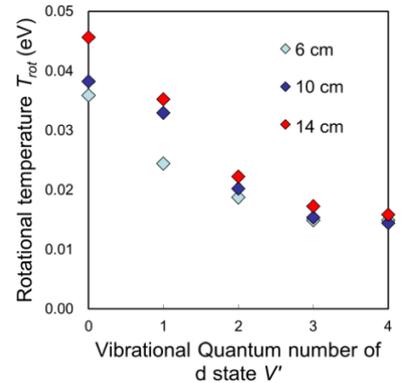


図 2: 測定された H<sub>2</sub> 分子回転温度。放電圧力 1 Torr。

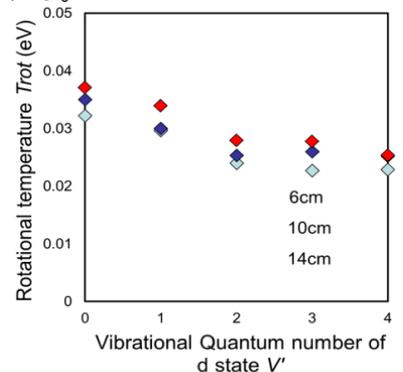


図 3: 測定された D<sub>2</sub> 分子回転温度。放電圧力 1 Torr。