

減圧マイクロ波放電水素プラズマの分子回転温度の振動量子数依存性 Dependence on Vibrational Quantum Number of H₂ Rotational Temperature of a Low-Pressure Microwave Discharge Plasma

東工大原子炉研¹、東工大院理工² ○赤塚 洋¹、清水 良浩²、根津 篤¹、松浦 治明¹

Res. Lab. Nucl. Reactors, Tokyo Tech.¹, Dept. Nucl. Eng. Tokyo Tech.²

○Hiroshi Akatsuka¹, Yoshihiro Shimizu², Atsushi Nezu¹, Haruaki Matsuura¹

E-mail: hakatsuk@nr.titech.ac.jp

[はじめに] 水素プラズマは、プラズマエレクトロニクス、カーボン膜材料プロセス、磁場閉込核融合炉周辺領域などで重要で、通常非平衡であり、熱収支の考慮にあたり水素分子のガス温度が重要である。一方、プラズマガス温度の近似計測に、2原子分子の回転温度測定が利用されている [1]。以上の背景から水素分子の Fulcher- α バンドの振動回転スペクトルを実測したところ、各振動励起状態が異なる回転温度を示す事を見出したので結果を考察し報告する。

[実験] 実験装置は、内径 26 mm の石英放電管に放電気体を導入して圧力数 Torr とし、これを導波管に挿入して 2.45 GHz のマイクロ波を照射するものである。詳細は文献 [2, 3] に譲る。

[回転温度決定の原理] Fulcher- α バンドの各遷移確率を $A_{av'v''}^{dv'J'}$ とし、Franck-Condon の原理を適用すると、次式をうる。

$$A_{av'v''}^{dv'J'} = \frac{16\pi^3}{3h\epsilon_0 (\lambda_{av'v''}^{dv'J'})^3} (\bar{R}_e)^2 q_{v'v''} \frac{S_{J'J''}}{2J'+1} \quad (1)$$

ここに ϵ_0 は真空中の誘電率、 (\bar{R}_e) は遷移のモーメント、 $q_{v'v''}$ は Franck-Condon 因子、 $S_{J'J''}$ は Hönl-London 因子である [4]。P, R 分枝には異常性が認められるので、Q 分枝を用いて回転温度を測定する [5]。

[結果及び考察] 図 1 は観測された H₂ d 状態の振動回転準位密度分布の 1 例で、これから回転温度 $T_{rot}^d(v')$ を決定することができ、 $v' = 0-4$ に対してそれぞれ 630, 450, 410, 320, 290 [K] と、 v' の増加に対して単調減少する回転温度を得た。多少放電条件を変えても、この傾向は不変であった。この原因として、H₂ 分子の場合、高振動励起準位ほど核間距離が長く、慣性モー

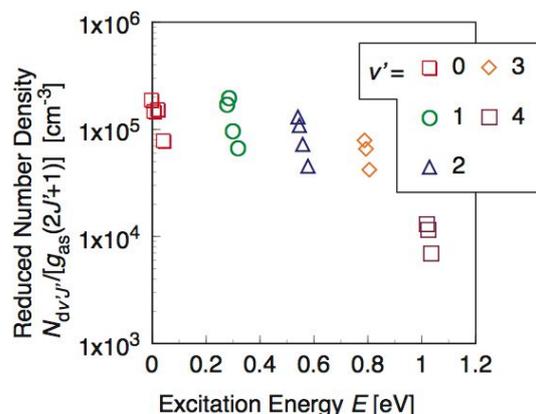


図 1: 1 Torr のマイクロ波放電プラズマ中の水素分子 d 状態振動・回転励起状態密度分布。

メント I が大きい高価が無視できないことが挙げられる。本研究の水素プラズマは、プローブ計測の結果コロナ平衡に有ると考えられる。その場合角運動量 $I\omega$ は、電子衝突励起で大きく変化しないと考えられる。従って、 $I\omega = L_0 =$ 定数の条件を付して回転運動エネルギー $U = I\omega^2/2$ を比較すると、 $U = L_0^2/(2I) \propto 1/I$ となることから、回転温度の v' に対する減少傾向を理解することができる。

[参考文献]

- [1] 赤塚 洋; 電学論 A, **130** (2010) 892.
- [2] J. Mizuochi, T. Sakamoto, H. Matsuura and H. Akatsuka; Jpn. J. Appl. Phys., **49** (2010) 036001.
- [3] Y. Ichikawa, T. Sakamoto, A. Nezu, H. Matsuura and H. Akatsuka; Jpn. J. Appl. Phys., **49** (2010) 106101.
- [4] 門 信一郎; プラ核誌 **80** (2004) 749.
- [5] 門 信一郎, 山崎 大輔, 飯田 洋平, 肖 炳甲; プラ核誌 **80** (2004) 783.