

電子・振動・回転状態を考慮した水素分子衝突輻射モデルの構築
Construction of collisional-radiative model of molecular hydrogen

谷口和成¹, 澤田圭司¹, 八代崇憲²
Kazunari Taniguchi¹, Keiji Sawada¹, Takanori Yashiro²

¹信州大学大学院理工学系研究科 〒380-8533 長野市若里4-17-1

²名古屋大学大学院工学系研究科 〒466-8603 名古屋市千種区不老町

¹Graduate school of Sci. and Tec., Shinshu University 4-17-1 Wakasato, Nagano, 380-8533, Japan

²Graduate school of Sci. and Tec., Nagoya University, Furocho, Chigusa, Nagoya, 466-8603, Japan

我々は核融合周辺プラズマの解析のため水素分子衝突輻射モデルの構築を行っている。水素分子衝突輻射モデルでは、電子温度・密度, 分子密度, 振動・回転状態ポピュレーション分布を与えるとスペクトルが得られる。本研究では、信州大 RF 水素・ヘリウム混合プラズマで観測される可視域全域の水素分子発光線の波長同定を、水素分子衝突輻射モデルを用いて行い、さらに実験で得られた分子発光線強度から、電子基底状態からの電子衝突励起速度係数の推定を行った。

RF 放電装置に、水素 15[sccm]およびヘリウム 35[sccm]を導入してプラズマを生成した。ヘリウム原子衝突輻射モデルを用いたヘリウム原子発光線強度の解析により電子密度 $1.3 \times 10^{10} [\text{cm}^{-3}]$, 電子温度 8.5[eV]を算出した[1]。またこれら水素分子衝突輻射モデルに与え、Fulcher-Bandの発光線から振動温度 4200[K], 回転温度 350[K]を決定し、可視域全域の水素分子スペクトルを計算した。

これまで、水素分子衝突輻射モデルでは、H. M. Crosswhite らの文献[2]の波長を用いていたが、分子発光線の遷移の同定を正確に行うため、より信頼性の高い D. Bailly らの文献[3]の $E^1 \Sigma_g^+$, $GK^1 \Sigma_g^+$, $H^1 \Sigma_g^+$, $B^1 \Sigma_u^+$, $C^1 \Pi_u$, $B^1 \Sigma_u^+$, $D^1 \Pi_u$, $I^1 \Pi_g$, $J^1 \Delta_g$ の振動・回転エネルギー値を水素分子衝突輻射モデルに組み込んだ。

可視波長領域を 20nm ずつに分割し、それぞれの領域の中心波長と分光器逆分散値をパラメータとして、計算で得られたスペクトルを最もよく再現するようにそれらを決めて、分光器の波長校正を行った。実験と計算の分子発光線の波長は概ね一致し、観測された分子発光線の上準位・下準位の電子状態・振動状態・回転状態の精密な同定が可能になった(Fig. 1)。Fig. 2 はモデルで考慮している電子状態を示している。これらの間の光学的に許容な発光線が全て確認された。

従来の水素分子衝突輻射モデルでは、電子基底状態からの電子衝突励起に文献[4][5]の速度係数(Fig. 3)を利用しているが、計算と実験の発光線強度の一致は不十分である。本研究では、電子状態で区別した遷移ごとに実験と計算で得られた発光線強度を比較し、実験を再現する励起速度係数の推定を行った。今後、さまざまな電子温度のプラズマを用い、励起速度係数の電子温度依存性を調べる予定である。

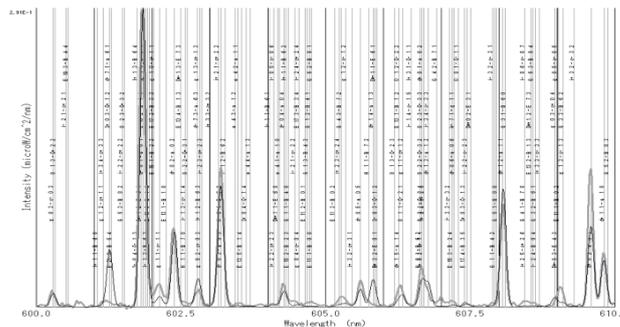


Fig. 1 CR Model(Thick) and Experiment(Thin)

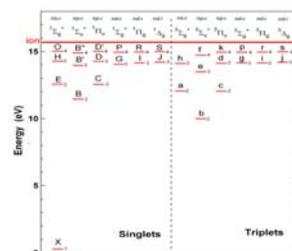


Fig. 2 Energy Level Diagram

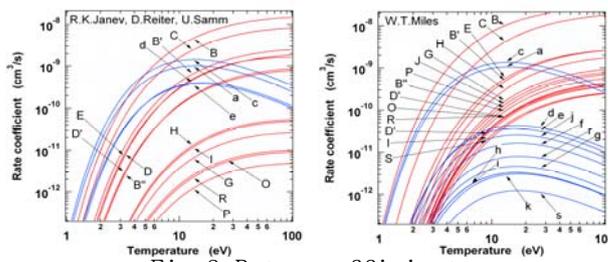


Fig. 3 Rate coefficient

参考文献

- [1] K. Sawada, Y. Yamada, T. Miyachika, N. Ezumi, A. Iwamae, M. Goto, Plasma and Fusion Res. **5**, 001 (2010).
- [2] The Hydrogen Molecule Wavelength Tables of GERHARD HEINRICH DIEKE, Edited by H. M. Crosswhite, John Wiley & Sons Inc (1972)
- [3] D. Bailly et al., Molecular Physics **108**, 827 (2010).
- [4] R. K. Janev, D. Reiter, U. Samm, http://www.eirene.de/report_4105.pdf
- [5] W. T. Miles, R. Thompson, and A. E. S. Green, J. Appl. Phys. **43**, 678 (1972).