

Zeeman 分裂した水素分子 Fulcher 帯を用いた 壁近傍のガス温度計測

四竈 泰一, 栗原 公紀^{A)}, 門 信一郎^{B)}, 山崎 大輔, 栗原 洋介^{A)}, 関子 秀樹^{C)}, 田中 知

東京大学大学院工学系研究科, ^{A)} 東京大学工学部

^{B)} 東京大学高温プラズマ研究センター, ^{C)} 九州大学応用力学研究所

可視光領域に遷移波長を持つ水素分子 Fulcher- α 帯発光スペクトル ($d^3\Pi_u - a^3\Sigma_u^+$) は, ダイバータプラズマ等における分子活性化再結合過程において重要な役割を果たす水素分子振動・回転励起状態分布の計測手法として用いられている. しかし, これまで, 強磁場中での計測時にスペクトル形状に現れる Zeeman 効果が十分に考慮されてこなかった.

Fulcher- α 帯上準位 ($d^3\Pi_u$) 及び下準位 ($a^3\Sigma_u^+$) は, 回転エネルギー準位間隔と比較して, スピン軌道相互作用の大きさが十分に小さい. このため, 軌道電子及び原子核が持つ角運動量の結合形式は Hund s case (b) に分類され, 回転スペクトルに現れる Zeeman 効果は, 近似的に回転量子数の二乗に反比例する. したがって, 強磁場中で Zeeman 分裂したスペクトルを用いて正確に振動・回転温度を評価するためには, 磁場中での厳密なスペクトル形状を評価することが重要となる.

本研究では, 分子の軌道電子ハミルトニアンを対角化計算することにより, 任意の磁場強度下における水素分子回転スペクトル形状への Zeeman 効果の影響を評価している. また, 九州大学応用力学研究所 TRIAM-1M 超伝導トカマク (2005 年 12 月シャットダウン) の 8.2GHz LHCD 放電 ($B_{axis} = 7 \text{ T}$) において, モリブデン製可動リミター近傍からの Zeeman 分裂した Fulcher- α 帯発光スペクトルを実験的に観測した. 下図に計測したスペクトル ($v = 0-0$, Q1-branch) 及び, 計算により評価したスペクトル形状 ($B = 6.68 \text{ T}$, $T_{rot,d} = 500 \text{ K}$ を仮定) を示す. 図より, 両者は良く一致していることが確認できる. 本手法を用いることにより, 得られたスペクトルの Zeeman 効果から, 発光位置及びその位置における局所的な振動・回転温度を評価することが可能である.

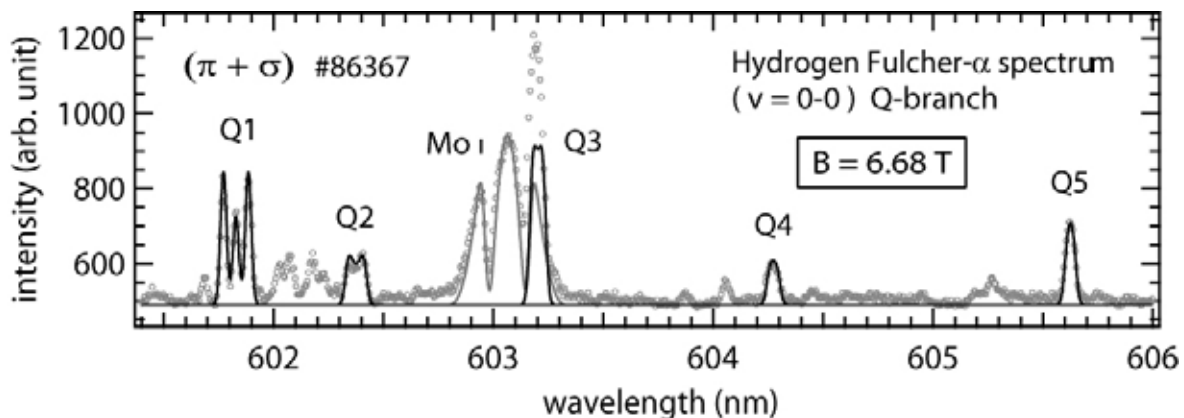


図. 計測した Fulcher- α 帯発光スペクトル ($B = 6.68 \text{ T}$, $v = 0-0$, Q-branch) : 点及び, 計算結果 : 実線 (Fulcher- α , Mo I).