

ダイバータ模擬装置 MAP-II における水素分子の可視分光計測

東大工, 東大高温プラズマセ^A, 東大院工^B

山崎大輔, 門信一郎^A, 肖炳甲^A, 梶田信^B, 四竈泰一^B, 飯田洋平^B, 田中知^B

背景

ITER クラスの大規模な核融合実験炉においてダイバータ板の損耗軽減のシナリオとして, 再結合過程の1つである分子活性化再結合 (MAR) が重要視されている. MAR では振動励起水素分子 $H_2(v)$ が, 再結合に必要な負イオン H^- や分子イオン H_2^+ の生成に重要な役割を果たしている. そこで本研究では, 水素分子の電子基底準位における振動回転励起分布を推定することを目的とする.

手法

実験によって水素分子の電子基底状態の分布を推定する最も直接的な手法は UV レーザを用いた 2 光子レーザー蛍光法や真空紫外分光法だと考えられるが, レーザ設備や真空紫外分光器が必要となるので, 本研究では電子基底準位の分布を反映する $d^3\Pi_u^+$ 準位から $a^3\Sigma_g^+$ 準位への遷移の際に発光される可視 Fulcher- α スペクトルの分光を行った.

Fulcher 上準位である $d^3\Pi_u^+$ 準位は Λ 型 2 重分離によって Π_u^+ と Π_u^- に分かれており, 前者は $e^3\Sigma_u^+$ 準位との相互作用で乱されるため, 解析には Π_u^- すなわち Q 枝しか用いることができないとされてきた. そこでその現象を実験的に定量するとともに, P, R 枝も解析に導入してフィッティングのためのデータ点を増やすことができないか検討した.

$$I_{av''J''}^{dv'J'}(Q) \propto \frac{1}{\lambda^4} (2J' + 1) g_{as}^Q \frac{S_{J'J''}^Q}{2J' + 1} \quad (1)$$

$$I_{av''J''}^{dv'J'}(P) \propto \frac{1}{\lambda^4} (2J' + 1) g_{as}^P \frac{S_{J'J''}^P}{2J' + 1}$$

上準位の回転分布がボルツマン分布で表されるとすると, 放射強度は統計重率を用いて式 (1) のように表される. この式を用いて, Q 枝の発光強度から P 枝の発光強度の再現を試みた.

結果および考察

P 枝の発光強度を解析に適用できるかを調べるために P 枝の分岐比を考慮し, $d^3\Pi_u^+$ 準位の振動回転励起分布をボルツマンプロットした (図 1, P_{EXP}). 次に, 式 (1) を用いて Q 枝の発光強度を元に P 枝の発光強

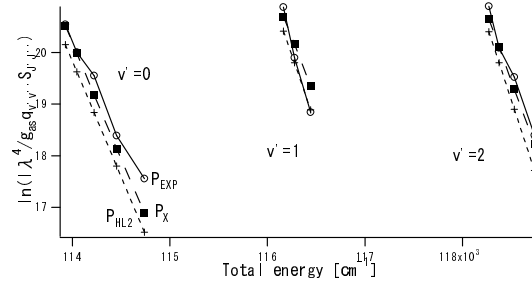


図 1 $d^3\Pi_u^+$ 準位振動回転励起分布のボルツマンプロット. 実線が P_{EXP} , 点線が P_{HL2} , 破線が P_X .

度を算出した (P_{HL2}). 以前, P 枝は Hönl-London 因子の比では表せないとの報告 [1] が出たが, 本研究において核スピンの多重度を考慮しても $d^3\Pi_u^-$ と $d^3\Pi_u^+$ の占有密度は統計重率になっていないことがわかる. そこで Q 枝を用いた解析で得られた電子基底準位の振動回転励起分布より $d^3\Pi_u^+$ 準位の回転励起分布を計算し, それから P 枝の発光強度を求めたところ (P_X), S/N 比のよい低回転準位において P_{EXP} に近い分布が再現できた. これは $d^3\Pi_u^-$ と $d^3\Pi_u^+$ が, 電子規程準位を介したコロナ平衡に近いことを意味している [2].

結論

$d^3\Pi_u^+$ 準位の振動回転励起分布の評価を行ったところ, $d^3\Pi_u^-$ の分布より電子基底状態を介することによって $d^3\Pi_u^+$ をよく推量できる可能性が示された. 今後は P_{EXP} と P_X の差異を評価するために, S/N 比のよい光電子増倍管を導入して実験を行い, 再度解析をし, さらに $d^3\Pi_u^+$ と $e^3\Sigma_u^+$ との相互作用について研究を進める.

参考文献

- [1] N.Ginsburg, G.H.Dieke, 1941, *Phys. Rev.*, **59**, 632-44.
- [2] 山崎大輔, 2004, 低温プラズマにおける水素分子振動回転励起分布の分光診断, 卒業論文, 東京大学.