

発光分光診断による CF B-X 遷移の振動温度の推定

Estimation of Vibrational Temperature of CF B-X System by Optical Emission Spectroscopic Diagnostics

東工大¹, アルバック² ○(M2) 小林明¹, 山下雄也¹, 砂川晃伯¹, 米田和真¹,

清田哲司², 土居謙太², 根津篤¹, 赤塚洋¹

Tokyo Tech¹, ULVAC² ○Akira Kobayashi¹, Yuya Yamashita¹, Kohaku Sunakawa¹, Kazuma Yoneda¹,

Tetsuji Kiyota², Kenta Doi², Atsushi Nezu¹, Hiroshi Akatsuka¹

E-mail: kobayashi.a.ap@m.titech.ac.jp

1 研究背景

ドライエッチングはウェットエッチングと比較して異方性に優れているため、より精密なパターン制御が可能であり、微細パターン形成への適用が比較的容易である。そのため、この技術は先進的な手法として注目されており、エッチングに多用される CF₄/O₂ プラズマにおいて、処理条件の効率的な設計に資するために、プラズマの振動温度、回転温度、励起種数密度といったマクロパラメータと、圧力、投入電力、母ガス流量といった装置パラメータの相関を得ることが求められている。

本研究では、発光分光計測により得られた発光スペクトルに対してボルツマン分布を仮定してフィッティングを行うことで、振動温度を推定することを目的とする。

2 実験と解析

本研究で使用した実験装置の概念図を図1に示す。この装置では内寸 $\phi 354 \text{ mm} \times H 193 \text{ mm}$ の円柱状のチャンバー内に誘導結合プラズマを発生させることができた。本実験は投入電力 300 W、全圧 1 Pa、露光時間 120 s、CF₄ と O₂ の流量をそれぞれ 28.5 sccm, 1.5 sccm (酸素混合率 5%) とした。覗き窓からポリクロメータ (SOL instruments 製 MS3504i) によって発光スペクトルを測定した。

実験により得たスペクトルに対して、ボルツマン分布を仮定し計算した CF B-X 遷移の理論スペクトルをフィッティングすることで、振動温度 T_v を推定した。理論スペクトルの計算に必要な振動定数および回転定数は NIST Standard Reference Data[1] を、Franck-Condon 因子は先行研究 [2] を、Hönl-London 因子は書籍 [3] を参照した。

3 フィッティング結果と考察

フィッティングの結果を図2に示す。本研究では回転構造の観測が困難であったため、先行研究 [4] を参考に回転温度を $T_r = 0.1 \text{ eV}$ に設定した。

$T_v = 0.2 \text{ eV}$ のとき、 $(v', v'') = (1, 1)$ において理論値と一致しなかったが $(2, 2)$ において一致した。一方 $T_v = 0.004 \text{ eV}$ のとき、 $(1, 1)$ においては一致したが、 $(2, 2)$ において一致しなかった。これらの結果について、 $T_v = 0.004 \text{ eV}$ は、振動温度としては非常に低く、有意な値ではないと考える。一方で $T_v = 0.2 \text{ eV}$ は、本実験と同様の生成原理を用いた先行研究でも類似した値が報告されており [2]、有意な値であると考えた。

全ての振動遷移にマッチするようなフィッティングができなかった理由として、実際には振動温度がボルツマン分布になっていない可能性や、それぞれの遷移ごとに異なる振動温度を持つ可能性が挙げられる。

参考文献

- [1] NIST, *Fluoromethyldiyne*, <https://webbook.nist.gov/cgi/cbook.cgi?Formula=CF&NoIon=on&Units=SI&Mask=1000>, (2021).
- [2] B. A. Cruden, M. V. V. S. Rao, S. P. Sharma, and M. Meyyappan, *Appl. Phys. Lett.*, vol. 91, 8955, (2002).
- [3] V. N. Ochkin, "Spectroscopy of low temperature plasma," in WILEY-VCH, 2009, ch. Appendix E, p. 572.
- [4] B. A. Cruden, M. V. V. S. Rao, S. P. Sharma, and M. Meyyappan, *Appl. Phys. Lett.*, vol. 81, 990, (2002).

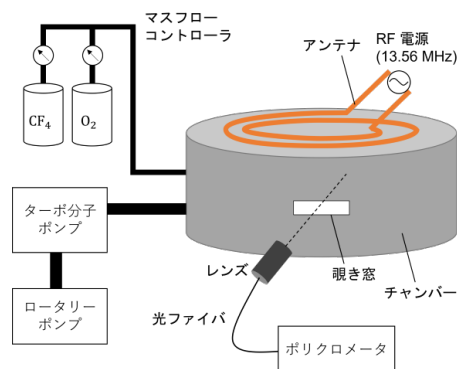


図1 実験装置の概念図

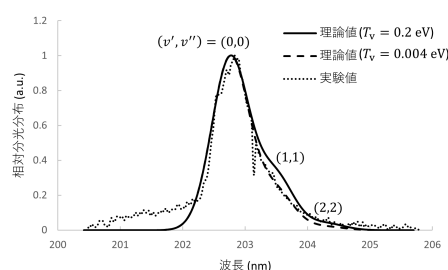


図2 フィッティング結果