

N₂-H₂ プラズマ中の NH A-X 遷移発光スペクトルの分光学的研究

Spectroscopic study on optical emission spectrum of NH A-X transition in N₂-H₂ plasma

富樫 玲¹, 根津 篤^{2,3}, 赤塚 洋^{3,1}

Rei TOGASHI¹, Atsushi NEZU^{2,3}, Hiroshi AKATSUKA^{3,1},

東工大 工学院¹, 東工大 OFC², 東工大 研究院³

School Eng., Tokyo Tech.¹, Open Facility Center, Tokyo Tech.², IIR, Tokyo Tech.³

1 はじめに

窒素水素混合プラズマは、金属表面プラズマ窒化に用いられ、また核融合炉ガスダイバータの窒素パフ時にも重要と考えられる。本研究では N₂-H₂ 混合放電プラズマ中の緩和過程の検討として、NH ラジカルに着目し、A ³Π → X ³Σ の発光スペクトルを理論的に計算し、実験との比較によって NH 分子の振動・回転温度を求めることを目的とする。

2 スペクトルの理論計算

振動温度 T_v , 回転温度 T_r の関数として、NH A ³Π → X ³Σ 遷移のバンドスペクトルを求める方法について、2通りの方法を候補として理論検討を行った。1つは、スピン・角運動量変化が上下準位で同一となる N₂ 第1正帯 (1st Positive System; 1PS) を参考にした場合 (A)[1]、2つ目は伝統的手法 [2] に則った場合 (B) である。

なお本研究では、注目している 336 nm 付近で、N₂ 第2正帯 (2nd Positive System; 2PS) もバンドスペクトルを放つため、N₂ 2PS のスペクトルフィッティング [1, 3] も同時に行う。N₂ 2PS $\Delta v = -1$ の 350 – 360 nm 付近の N₂ 2PS の発光スペクトルから N₂ 2PS の T_v, T_r を求め、その値を用いて今回対象とする 336 nm 付近の N₂ 2PS のフィッティングを行い、それとともに NH A-X のスペクトルにもフィッティングをかけて、NH A-X の T_v, T_r を求めるという手順をとった。

3 実験

以前より利用しているマイクロ波放電装置を用いて実験を行った [1]。マグネトロン発振器で 2.45 GHz、700 W のマイクロ波を発生させ、導波管を經由して放電管に導き、窒素水素混合プラズマを生成する。放電全圧を 1.0 Torr、水素分圧を 90% とした。

4 結果及び考察

手法 (A), (B) それぞれによるフィッティング結果を Fig. 1 に示す。Fig. 1 では、手法 (A), (B) 何の場

合も N₂ 2PS, NH A-X 共に $T_v = 0.55$ eV, $T_r = 0.35$ eV とすることで、図のような残差最小のフィッティングを得ることができた。335.5 – 337 nm 付近は NH A-X の Q 分枝が主要となり、(A), (B) いずれの理論計算でもほぼ実験値を表現できる。しかし、手法 (A) では 338 nm よりも長波長側 (NH A-X の P 分枝) に現れる連続様の発光が表現できず、一方手法 (B) では 335.5 nm よりも短波長側 (NH A-X の R 分枝) の滑らかさが表現できない。(B) では、角運動量変化について、全角運動量 J は等間隔になるものとして計算したが、実際は $K + 1, K, K - 1$ と等間隔ではなく、この点に問題があるものと思われる。そもそも、CO 分子の 1 重項でもあったように回転温度が 1 種類という保証はなく、今後さらなるフィッティングの妥当性について検討する必要があると考えられる。

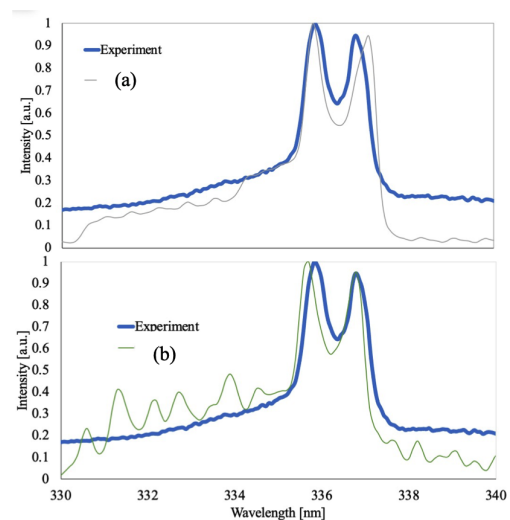


Fig. 1: 330 – 340 nm における N₂-H₂ (体積比 1 : 9) 混合気体マイクロ波放電の発光スペクトル実測値とフィッティング例。(a)-N₂ 1PS と同一 [1], (b)-手法 (B)[2].

References

- [1] T.Sakamoto, H. Matsuura, and H. Akatsuka: J. Appl. Phys.. **101**, 023307 (2007).
- [2] G. Herzberg: “Molecular Spectra and Molecular Structure I. Spectra of Diatomic Molecules.” (1939).
- [3] S. Nunomura, M. Kondo and H. Akatsuka: Plasma Sources Sci. Technol., **15**, 783 (2006).