

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	窒素・酸素混合気体マイクロ波放電プラズマ中の一酸化窒素励起状態 (A 2 +, B 2 , C 2 )に関する実験・数値分光学的研究
Title(English)	Experimental and numerical spectroscopy examinations of NO (A 2 +, B 2 , C 2 ) excited states in N2-O2 mixture microwave discharge
著者(和文)	譚 浩
Author(English)	TAN HAO
出典(和文)	学位:博士(学術), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10252号, 授与年月日:2016年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:赤塚 洋,奥野 喜裕,沖野 晃俊,肖 鋒,脇 慶子
Citation(English)	Degree:., Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10252号, Conferred date:2016/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

## 論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第		号	学位申請者氏名		譚 浩	
		氏 名		職 名		氏 名	職 名
論文審査 審査員	主査	赤塚 洋		准教授	審査員	脇 慶子	准教授
	審査員	奥野 喜裕		教授			
		沖野 晃俊		准教授			
		肖 鋒		准教授			

## 論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、「Experimental and numerical spectroscopy examinations of NO ( $A^2\Sigma^+$ ,  $B^2\Pi$ ,  $C^2\Pi$ ) excited states in  $N_2$ - $O_2$  mixture microwave discharge」(窒素・酸素混合気体マイクロ波放電プラズマ中の一酸化窒素励起状態( $A^2\Sigma^+$ ,  $B^2\Pi$ ,  $C^2\Pi$ )に関する実験・数値分光学的研究)と題し、英文で書かれ、全5章から構成されている。

第1章「Introduction」では、窒素・酸素混合気体プラズマの重要性につき様々な自然現象例および応用例をあげ、そのいずれにおいても一酸化窒素(NO)の電子励起状態の役割が重要であることに言及し、発光分光計測によるNO励起状態計測とその生成消滅のモデリングを通じて、窒素・酸素混合プラズマ中のNO励起状態の生成消滅機構の解明が本研究の目的であると述べている。

第2章「Background theory」では、本研究の発光分光計測の基礎として、NO励起状態のエネルギー準位計算法およびバンド発光スペクトルを決定する選択規則につきレビューを行い、併せて次章以降で使用される実験機器を略述している。さらに従来研究の窒素・酸素混合気体プラズマ中の励起状態密度計算モデルをレビューし、そのモデルにNO励起状態が含まれていないことを指摘している。

第3章「Vibrational and rotational temperatures of NO molecules in  $N_2$ - $O_2$  discharge using  $\gamma$ -band」では、放電圧力1~5 Torrで生成した窒素・酸素混合気体マイクロ波放電プラズマ中のNO励起状態の発光帯のうち $\gamma$ バンドにつき、分子定数と選択規則を考慮することにより、上準位A状態の振動・回転励起分布に対し振動温度 $T_v$ 、回転温度 $T_r$ のボルツマン分布を仮定すると、 $T_v$ 、 $T_r$ の関数として $\gamma$ バンドスペクトル形状を計算できることを示している。さらに、実測した $\gamma$ バンドスペクトルについて、 $T_v$ 、 $T_r$ をパラメータとすればスペクトル形状を十分フィッティングでき、それによりNO A状態の振動・回転温度を決定できることを見出している。その上で、放電条件への $T_v$ 、 $T_r$ の依存性を計測し、下流へ進むにつれ共に低下することを確認している。一方、放電全圧一定の条件で供給気体中の酸素分率への $T_v$ 、 $T_r$ 依存性を精査し、NO A状態の振動温度は酸素分率に対し単調増加することを初めて見出し、酸素分率変化によって、NO A状態の主要な生成過程に変化が生じた可能性を指摘している。

第4章「Kinetics model of NO (A, B, C) in  $N_2$ - $O_2$  discharge」では、第3章で得られたNO A状態の振動温度変化を理解すべく、従来の理論モデルを改造し、NO分子励起状態A, B, C状態の数密度を、放電条件の関数として求める計算モデルを作成し、実験結果を考察している。そしてA, B, Cそれぞれの電子励起状態の放つ $\gamma$ ,  $\beta$ ,  $\delta$ バンドの発光強度を酸素分率の関数として実測したところ、 $\gamma$ バンド強度変化は今回のモデルによるNO A状態の数密度変化でおおむね説明でき、NO A状態の生成はNO X状態からの電子衝突励起ではなく、 $N_2$ 準安定A状態とのエネルギー移乗衝突が主要であることを見出している。その一方なおも、NO A状態密度の酸素分率依存性につき、酸素分率の高い場合に $N_2$  A状態との衝突だけでは不足することも見出している。一方 $\beta$ ,  $\delta$ バンドにつき、酸素分率3%以下の時のみ発光が生じることを見出したが、今回の理論モデルでは説明困難であると考察している。そこでエネルギー準位差と核間距離に着目し、NO B状態の消滅に $O_2$ 基底状態との衝突失活が主要との過去の研究結果を参考に、NO C状態に対しても $NO(C) + O_2(X) \rightarrow NO(A) + O_2(a)$ による失活が主要であると初めて指摘している。一方、酸素分率上昇に伴うNO A状態生成としてNO C状態経由の生成に言及し、これにより第3章で実験的に見出したNO A状態の振動温度変化がもたらされた可能性を指摘している。

第5章「Conclusions」では、本研究で得られた成果をまとめ、今後の展望を述べている。

以上を要するに、 $N_2$ - $O_2$ 混合プラズマ中のNO励起状態A, B, C状態の生成消滅の主要な素過程のうち、従来理解が不十分であった幾つかの素過程を、分光計測と理論モデリングのクロスチェックによる考察から特定したもので、その成果は基礎理学・応用工学の両面で顕著であり、学術上貢献するところが大きい。よって本論文は博士(学術)の学位論文として十分価値あるものと認められる。

注意:「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。