

氏 名	中 田 良 一 なか た りよう いち
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	工 博 第 529 号
学位授与の日付	昭 和 52 年 11 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	工 学 研 究 科 機 械 工 学 第 二 専 攻
学位論文題目	Laser Selective Excitation Spectroscopy on Excited Atoms and Molecules in Plasma (プラズマ内励起原子・分子のレーザー選択励起分光研究)

論文調査委員 (主査) 教授 福田国彌 教授 小川 徹 教授 片山泰久

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は色素パルスレーザーからの光を励起光としてプラズマ内励起原子および分子の選択励起を行い励起移乗を支配する原子・分子過程について実験研究を行ったものであり、4章から成っている。

第1章は緒論であり、研究の意義と目的および第2章以下の構成について述べている。

第2章では、He および Ne のパルス放電アフターグローについて窒素パルスレーザー励起色素レーザー（パルス巾 5 ns）を光源とするフック法により準安定準位およびいくつかの低励起準位にある原子の数密度の時間変化を測定し、一方微弱な分子発光の帯スペクトルを同定しボックスカー積分器を用いてアフターグロー時の原子発光および分子発光のスペクトルの時間変化を測定している。また特に He 原子と He₂ 分子に関する実験結果から初期アフターグロー時における He 準安定原子の形成過程と He₂⁺ 分子イオンおよび He₂^{*} 励起分子の形成過程について考察を与えている。

第3章では、窒素レーザー励起色素レーザー（繰返し：0～100 Hz）で Ne 2p⁵3s および 2p⁵3p 配置間の3つの遷移に対応する励起光6143Å（1s₅—2p₆）、5944Å（1s₅—2p₄）および6266Å（1s₃—2p₆）のパルス発振（波長巾 0.1Å，パルス巾 5 ns）を行い、細管定常放電により形成される陽光柱プラズマ内の 1s₅ または 1s₃ 準位にある Ne 原子を上記励起光で 2p₄～2p₆ の何れかの準位へ励起し、いくつかの 2p 準位から誘起される蛍光強度の時間変化をガス圧0.2～10Torr，放電電流10～130mA の範囲でボックスカー積分器を用いて 5 ns の時間分解で測定している。また得られた蛍光強度変化のプロファイルを解析していくつかの 2p 準位間の原子衝突による励起移乗速度係数を得ている。さらに4つの準位 1s₂～1s₅ にある Ne 原子の数密度をフック法により上記ガス圧および放電電流の範囲で測定して 2p 準位からの蛍光に対する輻射捕獲を評価し、得られた励起移乗速度係数の値と併せて陽光柱内における 2p 準位からの脱励起過程の詳細について考察している。

第4章では、He パルス放電（放電電圧 4 kV，コンデンサー容量 0.05μF，電流パルス持続時間 10μs，ガス圧 10Torr）のアフターグローに現れる He₂ 分子スペクトル（0—0）帯の微細構造の同定を行い後

期アフターグロー（放電開始後200 μ s）に形成される準安定 He_2 分子 $2s\ 3\Sigma_u^+$ から $\text{He}_2\ 3p\pi e^3\Pi_g$ へ波長4650Å 近傍にある11の回転準位間の遷移によりパルス色素レーザー（パルス巾5 ns）によるパンピングを行い、広い波長範囲 6500~4500Å に互って $3p\pi e^3\Pi_g$ 状態の他 $3sd^3\Sigma_u^+$, $3d\sigma f^3\Sigma_u^+$, $3d\pi f^3\Pi_u$ および $3d\delta f^3\Pi_u$ 状態の多くの回転準位からの蛍光をボックスカー積分器を用いて観測している。また、観測された蛍光強度の時間変化の解析から $3p\pi e^3\Pi_g$ の回転準位間及び $3p\pi e^3\Pi_g$ の回転準位から $3sd^3\Sigma_u^+$ 以外の上記電子状態の回転準位への励起移乗は10ns程度の時間で起こることを示し Collins, Gauthier 等の結果と比較している。 $3p\pi e^3\Pi_g$ 回転準位から $3sd^3\Sigma_u^+$ 回転準位 J への励起移乗は顕著な特異性を示し、J 値が小となる程移乗時間が遅くなりかつ J 準位からの蛍光減衰時間も長くなり、 $3sd^3\Sigma_u^+$ 回転項間にはレーザー励起後40ns程度で450°K の温度分布が成立し以後50ns程度で回転温度がガス温度（室温）に緩和することを示している。

論文審査の結果の要旨

希ガス・プラズマ内における準安定原子および励起分子の形成とこれら励起種の関与する原子・分子過程の研究は原子・分子物理学上の最新の研究課題であるとともにプラズマの励起・電離過程、エネルギーの移乗と輸送、レーザー発振等と関連してプラズマ素過程の重要な研究課題である。本論文は、窒素レーザー励起の色素パルスレーザーからの光を励起光として希ガス定常放電あるいはパルス放電アフターグロー中にある準安定原子および分子のパンピングを行い誘起される蛍光の強度変化の高時間分解測定からプラズマ内で励起原子および分子の励起移乗を支配する原子・分子過程を解明したものであり、得られた結果は次の通りである。

(1) 種々の有機色素を用いて広波長域で窒素レーザー励起の色素パルスレーザーの発振（パルス巾5 ns）を行い、これを連続光源として始めてフック法に用い希ガス過渡プラズマ内低励起原子の数密度変化の高時間分解測定に成功するとともに広波長域での光パンピングの実験を可能にしている。

(2) He パルス放電の初期アフターグローにおける低励起原子の数密度の時間変化を上述のフック法により測定すると同時に He 原子および He_2 分子の放射スペクトルの時間変化を観測し、準安定 He 原子と He_2^* 励起分子の生成過程を考察している。とくに初期アフターグローでの He_2^* 分子の生成は、3体衝突 $\text{He}^+ + 2\text{He} \rightarrow \text{He}_2^+ + \text{He}$ により形成される He_2^+ イオンに電子が3体再結合することによるものであることを推論している。

(3) $\text{Ne}\ 2p^5\ 3s$ および $2p^5\ 3p$ 電子配置間の3つの遷移に対応する励起光（波長巾0.1Å）を色素レーザーで発振させこれにより細管放電陽光柱内の Ne を $1s_3$ および $1s_5$ 準安定準位から $2p_4 \sim 2p_6$ 準位（項記号は Paschen 記号による）に励起し $2p$ 準位から誘起される蛍光の強度変化の高時間分解測定を管内ガス圧および放電電流値の広い範囲に互って行い、その結果を解析して原子衝突による $2p$ 準位間の励起移乗速度係数を始めて与えているが、これらの値は殆ど同時期に発表された Gauthier 等の値と一致している。またフック法により蛍光の下準位 $1s_2 \sim 1s_5$ の占有密度を測定して蛍光放射に対する輻射逃走因子の値を求めて $2p$ 準位からの輻射脱励起の値を評価し上に得た衝突励起移乗の結果と併せて $2p$ 準位の脱励起過程の詳細を考察している。

(4) He パルス放電アフターグローに現われる He_2^* 分子放射の帯スペクトルの微細構造を同定し、後期アフターグローに形成される準安定 He_2^* 分子 $2\text{sa}^3\Sigma_u^+$ から $\text{He}_2^* 3\text{p}\pi\text{e}^3\Pi_g$ への11の回転準位間の遷移により色素レーザーパンプングを行い、いくつかの電子状態の回転準位への励起移乗に伴う多くの螢光スペクトル線を観測しその結果を解析して移乗速度を評価している。著者の得た値は $3\text{p}\pi\text{e}^3\Pi_g$ 回転準位間の移乗では Gauthier 等の結果と $3\text{d}\pi\text{f}^3\Pi_u$ および $3\text{d}\sigma\text{f}^3\Delta_u$ の回転準位への移乗では Collins 等の結果と一致し、著者が新たに見出した $3\text{d}\sigma\text{f}^3\Sigma_u^+$ への移乗速度は上記の場合と同程度であるが、 $3\text{sd}^3\Sigma_u^+$ の回転準位への移乗速度は異常に遅いことを見出している。また $3\text{sd}^3\Sigma_u^+$ 状態での回転温度の変化を観測して励起分子の回転緩和に関する重要な知見を得ている。

以上要するに本論文は色素パルスレーザー光の選択励起によってプラズマ内励起原子および分子を支配する励起移乗過程を解明しプラズマ素過程研究に有用な資料を提供したものであり、学術上・応用上貢献するところが大きい。

よって、本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。