

氏 名	松 浦 義 雄 まつ うら よし お
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	工 博 第 659 号
学位授与の日付	昭 和 55 年 3 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	Spectroscopy of Excited Rare Gas Dimers in Electric Discharges (電気放電における励起希ガス2原子分子の分光研究)

論文調査委員 (主 査) 教 授 福 田 國 彌 教 授 小 川 徹 教 授 国 友 孟

論 文 内 容 の 要 旨

最近、希ガス分子の束縛—自由遷移による真空紫外域レーザの発振の実現により、希ガス2原子分子の励起状態に関する基礎研究が重要視されるに至った。本論文は、He から Kr にいたる希ガスの気体放電における励起希ガス2原子分子の生成過程と励起状態のポテンシャル曲線に関する一連の分光学的研究を述べたもので、4章から成る。

第1章は緒論で、希ガス・エキサイマーに関する実験並びに理論的研究について従来の経過と現状を概括し、放電励起による励起分子形成の分光学的研究の重要性を示すとともに、本研究の全般の内容を概説している。

第2章では、He パルス放電アフターグローにおける He₂ 励起分子の形成過程に関する研究が述べられている。パルス放電により He 原子は電離および励起されるが、初期アフターグロー領域において He₂ 励起分子が形成され、可視・紫外及び真空紫外域に分子放射光が観測される。時間分解分光法を用いて原子及び分子スペクトルの強度の時間的変化を測定し、電子密度及び電子温度を原子線対強度比及び Inglis-Teller 関係式より算出し、それらを基礎に励起分子が分子イオン・電子3体再結合により生成されることを示している。さらに、分子イオンの形成が He イオンと2個の基底状態 He 原子との3体衝突によるとするモデルを設定し、局所熱平衡にある分子及び原子の放射光の強度比の時間的挙動に就て、実験と理論の比較により3体衝突過程の速度係数を求めている。得られた値は他の実験手段によるものとよく一致し、これによってモデルの正当性が示されるとともに、励起原子の結合性電離過程が分子イオン形成に直接寄与しないことを解離性再結合の速度係数の評価から明らかにしている。

第3章では、He₂ の励起及び基底状態のポテンシャル曲線に関する研究が述べられている。600 Å から長波長領域に広がる連続放射光の振動状構造がこの遷移に関連する上下分子状態、即ち A¹Σ_u⁺ 及び X¹Σ_g⁺ 状態のポテンシャル曲線に依存することに着目し、従来観測されていない 700 Å より長波長の領域で光子計数法により振動状構造の観測を行ない、新たに3つのピークを認めた。また、スペクトルの構造が

$A^1\Sigma_u^+$ 状態における連続及び準束縛準位と $X^1\Sigma_g^+$ 状態連続準位との間の Franck-Condon 因子によって与えられることを示し、振動状態構造の計算方法を述べ、計算と実験の比較により、Sando によって与えられた $A^1\Sigma_u^+$ 状態のポテンシャルと量子力学的計算によって求められた $X^1\Sigma_g^+$ 状態のポテンシャルを用いた場合に、観測される構造が最もよく再現できることを明らかにしている。

第4章では、 Ne_2 、 Ar_2 及び Kr_2 の真空紫外域の放射光に関する研究結果が述べられている。第3章に述べられた He_2 の放射光と同様の機構による連続放射光の振動状態構造が、上記3種の希ガスのグロー放電において写真測光により観測され、これらのスペクトル構造より Ar_2 及び Ne_2 の最低励起状態 $1_u(^3P_2)$ のポテンシャル曲線が導出され、その結果が示されている。液体窒素により冷却された低電流・低ガス圧のグロー放電において、 $1_u(^3P_2)$ 状態からの放射光が、従来報告されている $O_u^+(^3P_1)$ 状態起源のものに比し、その強度を増すことが示され、2種の連続光が存在することを明示している。 $1_u(^3P_2)$ 状態のポテンシャル曲線の導出に際しては、WKB 定常位相近似に基づく Smith の方法が用いられ、ポテンシャル極小点近傍までの形が与えられた。 Ne_2 に関してはハンプの存在が示され、吸収実験との比較検討が与えられている。

論文審査の結果の要旨

下準位が反発状態である場合の束縛-自由遷移を利用した希ガス分子レーザーは、短波長発振、高出力、高効率、波長同調可能性等の優れた特性から、学術上、工業上の重要な応用が期待されているが、その動作原理を理解するうえで、励起分子の生成過程、分子のポテンシャル曲線、放射遷移確率等の基礎的な知見を得ることが必要であり、希ガス2原子分子の基礎研究は最近の重要な研究課題となっている。本論文は、気体放電内で生成される希ガス励起分子に関する分光実験と理論解析により、上記の基礎的な知見を得るために行われた一連の研究をまとめたもので、得られた成果の主なものは次の通りである。

(1) 従来定量的研究が困難であったパルス放電初期アフターグロー領域における He_2 励起分子の形成過程について、高時間分解分光法を駆使して実験的解明がなされている。即ち、可視から真空紫外に互る波長域で原子及び分子発光の時間変化を測定し、分光学的手法によりプラズマ・パラメータの時間変化と種々の励起状態の占有密度の変化を決定し、これらの結果に基づいて高励起 He_2 分子が、 He^+ 原子イオンと基底 He 原子の3体衝突による He_2^+ 分子イオンの生成とこれに引続く He_2^+ イオンと電子の3体再結合により形成されることを明かにし、さらにこれらの過程を解析して3体衝突の速度係数を求めている。また、いくつかの He_2 分子励起状態のA係数に対して Bates-Damgaard 近似を適用することの妥当性を、実験値と理論計算値を比較することにより示している。

(2) He_2 600 Å 帯連続光の振動状態構造を 700 Å から 900 Å に互って測定し、長波長域に新たに3つの構造を観測している。従来、この波長域では 800 Å を中心とする Hopfield 帯連続光の出現と 600 Å 帯強度の微弱さのために帯構造の観測が困難であったが、放電条件の適切な制御と微弱光の光子計数計測により新しい構造の観測に成功している。

(3) He_2 600 Å 帯連続光の振動状態構造の計算を行い、Sando の与えた $A^1\Sigma_u^+$ 及び $X^1\Sigma_g^+$ 状態のポテンシャルが、新しい構造を含めて観測される帯構造の総てを満足に再現するものであることを示してい

る。また、基底状態ポテンシャルの量子力学的理論計算がエネルギー領域 3~7 eV において極めて正確であることを示している。

(4) 液体窒素冷却の低電流グロー放電において、希ガス分子最低励起状態 $1_u(^3P_2)$ からの真空紫外連続帯発光を Ne_2 , Ar_2 及び Kr_2 について系統的に観測している。これらの連続帯は著者が初めて観測したもので、従来知られている $O_u(^3P_1)$ 状態からの連続帯発光とは全く異なるものであることを、両者の振動状態構造の解析から明らかにしている。

(5) Ne_2 及び Ar_2 の $1_u(^3P_2)$ 状態に関しては、上述(4)の実験結果に WKB 定常位相近似を適用してポテンシャル曲線を求めている。 $Ne_2 1_u(^3P_2)$ ポテンシャルでは、Cohen 等の理論計算と比較して著者の得た結果の正当性を示すとともに、0.02-0.03 eV のポテンシャル・ハンプが存在することを推定している。また、 $Ar_2 1_u(^3P_2)$ ポテンシャルについては、得られた結果が理論計算及び散乱実験と大体一致することを示している。

以上これを要するに本論文は、気体放電における希ガス励起分子の生成過程及び希ガス分子ポテンシャル曲線に関して、実験及び理論の両面から基礎的な諸量と新たな知見を得たものであり、学術上、応用上寄与するところが少くない。

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。