

【 1 】

氏名(本籍)	唐 沢 志 郎 (長野県)
学位の種類	理 学 博 士
学位記番号	博 甲 第 31 号
学位授与年月日	昭和 54 年 5 月 2 日
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 1 項該当
審査研究科	物理学研究科 物理学専攻
学位論文題目	Discharge-Pumped Rare-Gas Fluoride Excimer Lasers: Spectroscopy, Performance and Lasing Mechanism (放電励起稀ガス弗化物エキシマー・レーザー: 分光, 特性および発振機構)
主 査	筑波大学教授 理学博士 中 村 正 年
副 査	筑波大学教授 工学博士 松 浦 悦 之
副 査	筑波大学教授 理学博士 沢 田 克 郎
副 査	筑波大学教授 理学博士 島 内 輝
副 査	筑波大学講師 理学博士 島 内 み どり

論 文 の 要 旨

本論文は、稀ガス弗化物エキシマー (XeF, KrFおよびArF) レーザーの高分解能分光による研究結果およびレーザーの発振特性に関して得られた実験事実と、これらを説明するための発振機構の研究をKrFについて行なった結果について述べてある。

上記の放電励起エキシマー・レーザー用の装置を自作、大型回析格子分光器を用いて、レーザー光の高分解能スペクトルを観測、三種のエキシマー・レーザー各々について下記のような新事実を見出した。

XeFレーザーの 351, および 353 nmの発振線は各々多数の回転線から成ることを明らかにし、各線の相対強度、発振波長を正確に求めた。同時に新しい二つの発振線群を 350 および 352 nmに見出し、それらの相対強度、波長を決定した。また 351 と 353 nmの二つの群の相対強度が、自然発光とレーザー発振状態では逆転することを見出し、XeFレーザーの発振機構について論じた。

KrFレーザーの 247.8-249.4 nmにわたるエキシマー特有の連続光中に 30 本余の吸収線を初めて観測し、主な吸収はKrFレーザーの上位項から第一リドベルグ励起項への遷移による自己吸収として解析、Krの同位体効果を用いて励起項の分子定数を求めた。

ArFレーザーの 193 nm附近の連続光中にも多数の吸収線を観測、空気中の酸素の吸収をとり除く

ため、真空共振器を備えたレーザー装置をつくり、真空分光器を用いて高分解能スペクトルを撮り、 O_2 以外の吸収線の存在を確認した。レーザー光の中心、193 nm附近の最も強い吸収を炭素原子の準安定状態からの吸収として同定した。

三種のエキシマーはいづれもヘリウムガスに少量の弗素と各エキシマー生成用の稀ガス (Xe, Kr またはAr) を混合して発振させるが、この混合比および全圧力はレーザー出力を支配する。例えば He濃度を増すとレーザー出力は増加するが、そのためには F_2 濃度は却って減少させなければならないという特性が明らかになった。これらの実験事実を説明するには、レーザー発振機構を定量的に追跡することが必要となり、まずKrFレーザーの出力パルス波形および電流波形の時間変化を観測、出力波形は電流のピークから 13 nsおくれ、電流が零となった時点で立上ることを確かめた。そこでレーザー光は強力な主放電のアフターグロー中で発光しているという模型を想定して電算機シミュレーションを行なった。He, Kr, F_2 および電子間の反応でこれまでに知られている 55 個の反応過程を検討、そのうち 35 個が支配的になりうると判定し、9 個のtransient speciesおよび電子を考慮した 10 個の聯立微分方程式の数値解法を用いて、レーザー出力波形のシミュレーションを行なった。この際正確な値の定まらない 7 個の反応定数、初期値等をパラメーターとして変化させた。その結果、反応 $F_2 + e \rightarrow F^- + F$ の電子反応付着係数 (k_F) はレーザー出力のパルス波形、遅延時間およびエネルギーに対し最も敏感に作用することがわかり、Heの圧力の高いところでは F_2 濃度を減らした方が、出力が上るといふ実験事実を始め、その他の実験事実をシミュレーションで再現することができた。

審 査 の 要 旨

1975 年弗化物エキシマー・レーザーがアメリカにおいて電子ビーム装置を用いて始めて成功した時、その装置より遙かに簡単に製作でき、取扱い易い放電励起型レーザーを実現することをめざし、いち早くこの問題に取り組んだ。特に著者のこれまでの高分解能分光研究における経験を生かして、大型分光器、真空分光器に、自作の放電励起エキシマー・レーザー装置を組み合わせ、初めて高分解能スペクトルの観測を行ない、いくつかの新事実を見出し、重要な成果を得た。

著者は特に効率の良いレーザーを実現することをめざし、ガス混合比、全圧力とレーザー出力との関係を綿密に調べ、いくつかの実験則を見出した。これらの実験則は実用上役立つ便利なものであるが、理論的根拠を明確にして今後のエキシマー・レーザーの改良に役立てるため、レーザー発振機構のシミュレーションを行なった。放電励起稀ガス弗化物エキシマー・レーザーについての定量的取扱いは始めてであり、試行錯誤を重ねた結果、すべての実験則を導くことができた。この結果未知であった反応定数についても合理的な値を見出し、各反応生成物、レーザー利得等の時間変化を具体的に示し、これらの相互作用について合理的な説明を与えた。これまでに気体パルスレーザーについてこれ程徹底的に究明し、特に圧力、混合比依存性をシミュレートしたものはないので、

この成果は今後重要な参考資料となるであろう。

よって、著者は理学博士の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。