

氏名	岡 阪 令 おか さか れい
学位の種類	理 学 博 士
学位記番号	論 理 博 第 493 号
学位授与の日付	昭 和 50 年 5 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	Spectroscopic Studies on Relaxation Process of Excited Levels in Shock Heated Plasma (衝撃波加熱プラズマ中の励起準位の緩和過程についての分光的研究)
論文調査委員	(主 査) 教授 中井祥夫 教授 巽 友正 教授 端 恒夫 教授 田中茂利

論 文 内 容 の 要 旨

プラズマ中における原子あるいはイオンの励起準位については電子密度の増加にともなって、(I) コロナ状態, から(II) 部分階段励起状態, あるいは(III) 完全階段励起状態を経過して、(IV) 部分局所熱平衡, に至る励起緩和の過程をたどることが衝突輻射モデルにもとづいて従来から申請者らによって示されている。申請論文においては上記の諸状態が実際のプラズマ中で実現されていることが検証されるとともにこれらの状態の成立条件が実験により定められ、同時に上記の状態 I, II, III あるいは IV にある原子の励起準位の占有密度は、もし電子温度がほぼ一定であればそれぞれ電子密度と基底準位の占有密度の積 (I, II), もしくは基底準位の占有密度 (III) あるいは電子密度と一価イオンの占有密度の積 (IV) にほぼ比例することが示された。

測定は電磁駆動型衝撃波管において入射および反射衝撃波により加熱されたプラズマについて行なわれ、試料ガスとしては微量 (0~3%) の水素, アルゴン, クリプトンあるいは一酸化炭素を混入したヘリウムが用いられており、多チャンネルの光電測定装置をもつ分光光度計によるそれらの原子およびイオンから輻射されるスペクトル線の強度変化の測定, および高度の時間分解能を有するレーザー干渉計による電子密度の測定, を同時に行なっている。

これらの測定から、状態 I から IV における励起準位占有密度の各種粒子密度についての依存性を考慮することにより、スペクトル線強度の時間変化からそれらの輻射に係る上方準位の励起の状態を判定できることが示された。またそれに基づいて水素の第一, 二, 三および第四励起準位とアルゴンおよびクリプトンにおける若干の励起準位について、状態 II から III, および状態 III から IV へ移り変るために必要な電子密度を実験により定めることができた。状態 I から IV への変移に関する中性原子についての考察と同様な議論により、アルゴン, クリプトン, 炭素および酸素についてそれらのイオンによるスペクトルの緩和にともなう強度変化もよく説明できることが明らかにされている。

上記の実験条件に対応する衝突輻射モデルに基づいて、水素原子に関する速度方程式を計算機を用いて

数値的に解き、その結果が水素についての実験結果とよく一致することが示されているとともに、衝突輻射モデルをこの種のプラズマに適用することの妥当性が検証された。また電磁駆動型衝撃波管においては、衝撃波により生成されたプラズマに駆動用放電プラズマが種々の影響を及ぼすことが示され、特に放電プラズマから放出される共鳴輻射が衝撃波プラズマの電離および励起の緩和過程に及ぼす効果も無視しえないことが指摘されている。

論文審査の結果の要旨

一般に高温プラズマ中では、励起準位にある粒子の状態を規定する物理的パラメータの数が多く、あるいはそれらの状態の形成に影響を与える過程が複雑であることから、これらの状態を統一的に解明することは容易ではない。特に現実のプラズマにおいては主として高温発生の方法に起因する不定要素が多数含まれるため実験結果を理論的に解析することは困難である。衝撃波プラズマはその加熱の機構が簡単であるためこれらの不定要素の数を著しく少なくすることができるが、これに加えて申請論文においてはさきに申請者等によって開発された電磁衝撃波管を用いたことおよびこの研究の目的に適合する実験条件を見出したことにより理論的解析に耐えるプラズマの生成に成功した。

衝撃波加熱プラズマ中の励起準位にある粒子の状態緩和についての実験的研究は申請論文が最初のものであるが、衝突輻射モデルを用いて各励起準位における最も主要な流入および流出の過程を考えることにより励起の状態を（Ⅰ）コロナ状態、（Ⅱ）部分階段励起状態、（Ⅲ）完全階段励起状態および（Ⅳ）部分局所熱平衡状態の四つの主要な状態に分類できることを示したことおよびこれらの状態における励起準位にある粒子の占有密度のプラズマ内各種粒子密度についての依存性を明らかにしたことは有意義である。また、これらの解析結果は衝撃波プラズマのような過渡プラズマのみならず広いプラズマパラメータの範囲で種々のプラズマについても適用できるもので、この点は極めて意義深いものと考えられる。

局所熱平衡の成立条件については若干の理論的研究があるが、実験によりこの状態の成立条件を決定できたことは、理論的結果を検証するものであるとともに、各種の原子定数が不明であるために理論的取り扱いが困難な原子についてもこれらの状態の成立条件を決定する方法に示唆を与えるものである。さらに、駆動用放電プラズマが衝撃波プラズマに及ぼす影響が測定されたことは、従来は定量的測定をすることが困難であった隣接する異なった温度のガス間の相互作用の研究に一つの指針を与えるものである。

以上述べたように、申請論文は従来は困難とされていたプラズマの緩和過程の解析について各種の平衡状態に関連した過渡現象を高度の分光学的技術により実験的に追求し、その解析を試みたもので、プラズマ分光学的分野で重要な位置を占めるものと考えられる。又、参考論文で得られた結果は主論文での研究を遂行するための基礎をなしており、申請者が原子ならびに分子における電子的素過程の解明をめざす分野において広い知識と独創的な研究能力を持つことを示している。

このように本論文は着実な基礎的研究の上にならって、独自の方法により、衝撃波加熱プラズマの動的なふるまいに新しい知見を加えるものであり、プラズマ物理学の発展に寄与するところが少なくない。

よって、本論文は理学博士の学位論文として価値あるものと認める。