

氏 名	佐 藤 孝 さとう たかし
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	工 博 第 797 号
学位授与の日付	昭 和 58 年 1 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 電 子 工 学 専 攻
学位論文題目	Laser-Production of Alkali Hydride Particles (レーザーによるアルカリ水素粒子の生成)

論文調査委員 (主 査) 教授 小 川 徹 教授 佐々木昭夫 教授 米澤貞次郎

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は水素ガス中のアルカリ原子および分子をレーザー光で励起するとアルカリ水素分子が生成され、さらに微粒子が形成される現象を研究したもので5章からなっている。

第1章は序論であって、従来行われて来たレーザー励起化学反応および粒子生成の研究を概観するとともに、未知の部分を整理し本論文の目的を明らかにしている。

第2章はまずレーザー励起の一般的な特長として高い光電力密度、指向性、単色性などを示し、特に色素レーザーの場合は可変波長であるので原子・分子の共鳴線に正確に同調出来ることを述べている。次にレーザーの波長安定化について従来の研究を概観するとともに、著者が行ったファラデー回転素子を用いた方法について言及している。さらにレーザーによるアルカリ水素以外の粒子生成について概説している。

第3章はアルカリ水素粒子の生成について述べている。レーザーで生成されるアルカリ水素粒子は粒径が最大 $1\ \mu\text{m}$ 程度で結晶である場合が多いのでレーザースノーと呼ばれている。本章ではまず準備としてレーザーによるセシウム原子および分子の励起、水素分子との衝突、セシウム水素分子の分光などにつき述べている。またレーザー光強度や試料槽温度などを変化させた CsH 粒子生成に関する実験結果から反応機構を論じている。次に初めて成功したナトリウム原子および分子についての実験について述べている。Na₂ 分子の基底状態と B¹Π_u 状態間の遷移に数本の共鳴線をもつアルゴンイオンレーザーでの励起による NaH 生成の実験結果から、反応は励起状態の Na₂ と H₂ との直接反応であることを結論している。またレーザー光強度の閾値が Na₂ 分子密度に逆比例することからも上の結論を確かめている。さらに Na 原子を 3P 状態に励起することにより NaH 粒子生成の最初の観測にも成功している。3P 状態のナトリウム原子は基底状態の H₂ 分子と反応するには充分のエネルギーを持たない。そこで、NaH 分子の生成に関して二つの機構を提案している。その一つは、3P 状態のナトリウム原子密度が大になるとそれらの励起原子間の衝突により高いエネルギー状態 5S, 4D 等に励起され、これら高い励起状態のナトリウム原子と基底状態 H₂ 分子と反応するものであり、他の一つは 3P 状態のエネルギーが衝突により

H₂に移行し、その振動励起された H₂ 分子が 3P 状態ナトリウム原子と反応するもので、いずれもエネルギー的には可能な過程である。

第4章ではアルゴンレーザー光でセシウム原子を励起することにより生成される CsH レーザースノーの粒径分布の測定について述べ、測定された粒径分布の時間変化を用いて粒子の成長過程について論じている。生成された粒子にハロゲンランプからの光を照射し、その散乱の波長及び偏光依存性を測定し、散乱理論と比較することによりアルゴンレーザー照射後の各時間の粒径分布を求めている。また得られた数密度、全半径、全体積、平均半径、平均体積等の時間変化から、粒子の成長過程を議論している。その結果、粒子生成直後には Gauss 及び Stevenson 分布が良い近似であることを示し、その後は次第に Junge 分布に漸近していくことを見い出している。また比較的高温では粒子は主として粒子間の合体により成長し、低温で作られる粒子は凝縮により成長し結晶粒子であることを推定している。

第5章は結論であって、以上の結果をまとめるとともに将来への提言を述べている。

論文審査の結果の要旨

レーザー光の優れた単色性を利用して広範囲の応用が進展しているが、最近レーザー光の波長領域の拡大及びエネルギー密度の増加により、これを用いた化学反応及び微粒子生成の研究が行われるようになった。またこの過程は地球を含む惑星大気中の粒子生成の基礎研究としても注目されている。

本論文はアルカリ金属蒸気と水素分子の混合体に、アルゴンイオンレーザー光及び色素レーザー光を照射して生じるアルカリ水素分子の生成及び凝縮・合体による微粒子生成についての研究をまとめたもので、得られた主な結果は次の通りである。

1. 水素ガス中のナトリウム原子或いは分子をレーザー光で励起することにより、NaH 分子が生成され、その凝縮により NaH 粒子が生成されることを見い出した。ナトリウム原子励起による NaH 分子生成に関しては、高い励起状態と水素分子との直接反応と振動励起状態の水素分子と励起ナトリウム原子との間接反応の双方が可能であることを示している。またナトリウム分子励起の場合には $B^1\Pi_u$ に励起されたナトリウム分子が直接基底状態の水素分子と反応し NaH 分子生成が可能であることを指摘した。
2. 粒子生成に必要なレーザー光強度の閾値と基底状態の Na₂ 密度との積が一定であることを見い出した。このことから $B^1\Pi_u$ 状態の Na₂ 密度がある閾値以上となれば常に NaH が生成されることがわかり、1. で述べた直接反応の確認ともなった。また Na についても同様の関係があることを見い出した。
3. 500 Torr 程度の He ガスを混合することにより粒子生成に必要なレーザー光強度或いは Na, Na₂ の密度が一桁低くなることを見い出した。その理由は吸収線幅の圧力拡がりにより励起効率が增大すること、また拡散速度の減少により生成された NaH 分子の密度が局所的に増加するためであると推定した。
4. レーザー光により生成されたアルカリ水素分子が微粒子を形成し成長する過程を詳細に観測するためレーザー光散乱法を改良した。その結果、微粒子による光散乱の波長依存性及び偏光依存性を測定して粒子生成の時間的変化を求め得るようになった。
5. 上記装置を用いてアルゴンレーザー光により生成された CsH 粒子について、粒径分布の時間変化を測定し解析を行った。その結果、レーザー光照射直後には粒子は凝縮により生成され、その後これらの

粒子は、比較的高温では主として粒子間の合体により、また比較的低温では凝縮により成長していくことを示した。また粒子生成の初期の段階では、粒径分布は非常に狭くその形は、Gauss 或いは Stevenson 分布で近似され、その後は次第に分布が拡がり定常的な Junge 分布に漸近していくことを明らかにした。

以上要するに、この論文はレーザーによるアルカリ水素分子および微粒子の生成について詳細な実験を行い、反応過程、生成条件、成長過程などを明らかにし、レーザー誘起光化学と微粒子生成について多くの知見を与えたもので、学術上、実際上貢献するところが少なくない。

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。