

Title	TIME RESOLVED STUDIES ON DYNAMIC BEHAVIOUR OF ATOMIC AND IONIC SPECIES AND ON LASER ACTIONS IN CONDENSED DISCHARGE ARGON PLASMAS
Author(s)	Koda, Toshio
Citation	大阪大学, 1974, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/2530">https://hdl.handle.net/11094/2530</a>
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

[6]

氏名・(本籍)	こう 甲	だ 田	とし 壽	お 男
学位の種類	理	学	博	士
学位記番号	第	3038	号	
学位授与の日付	昭和49年3月25日			
学位授与の要件	理学研究科物理学専攻 学位規則第5条第1項該当			
学位論文題目	コンデンサ放電 Ar プラズマ中の各種粒子の挙動とレーザ発振 の時間分解研究			
論文審査委員	(主査) 教授	堀江 忠男		
	(副査) 教授	石黒 政一	教授	川辺 和夫
	助教授	岩井 鶴二	教授	大塚 穎三

論文内容の要旨

直線ピンチ放電などの激しいコンデンサ放電によってつくられた高温プラズマは、寿命が非常に短く、しかもこのプラズマ中には、電子や原子あるいはイオンなど多種類の粒子が存在している。さらに不純物の混入も避け難い。このようなプラズマの診断法のひとつとして各種粒子がどのような挙動を示しているかを知る必要がある。従来は、光学フィルタを用い、別々の放電で異なった種類の粒子の運動が観測されていた。しかし、このような方法は、スペクトルの分離や放電の再現性に問題があるため、好ましくない。これらの欠点を克服するために“二色式分光流シカメラ”が試作された。このカメラは、分光器と流シカメラで構成され、一回の放電で同時に任意の二種類の粒子の挙動を追跡することができる。このカメラが用いられて、激しいコンデンサ放電 Ar プラズマ中の各種粒子の挙動が観測された結果、例えば、(1)直線ピンチプラズマ中の Ar イオンと Si イオンの挙動の顕著な差違、(2)管状ピンチプラズマ中の Ar 原子と Ar イオンの挙動の顕著な差違、(3)管状ピンチプラズマ中の H 原子と Ar イオンの挙動の顕著な差違、(4)線爆發プラズマ中の Al 原子と Ar イオンの挙動の顕著な差違など、異種類の粒子は、非常に異なった挙動をしていることが、初めて明らかにされ、それらの物理的考察が行われた。

一方、コンデンサ放電 Ar プラズマを適当な光学共振器の間におけば、Ar イオンレーザの発振がみられる。このようなパルス発振における励起機構は、現在、いわゆる“Sudden perturbation theory”に基づく直接励起による過程であると考えられている。ところが、これ迄のパルス発振に用いられた放電々流値より数倍大きい値を持つコンデンサ放電を用いたところ、上述の励起機構では説明がつかないレーザ発振線が新しく観測された。これは、放電のアフタグロー中で発振する  $4880\text{\AA}$  (Ar II) のレーザ線である。この他、放電の初期に発振するレーザ線  $4765\text{\AA}$  (Ar II)、 $3511, 3638\text{\AA}$  (Ar III) が観測された。これらの発振線に対する圧力効果、電圧効果、不純物効果あるいは高周波電場効果など

が詳細に調べられた。その結果、放電のアフタグロー中で発振する  $4880\text{\AA}$  のレーザ線に対して、新しい励起機構が提案された。即ち、直接励起ではなく、Arイオンの準安定状態を経由する間接励起による過程である。

またパルス放電でも直線ピンチ放電などピンチ現象を伴う放電でつくられるプラズマでは、ピンチ現象により電磁流体力学的不安定が生じる。これにより強い局所電場が発生して、直接励起過程によるレーザ発振が可能になるという仮説が最近提案された。そこで、この仮説の正否が実験的に調べられた。時間測定の精度や放電の再現性の問題を考慮して、プラズマがピンチするまでに要する時間が長い直線ピンチ放電を用い、ピンチ現象とレーザ発振とを同一の放電で同時に観測する方法が採られた。その結果、プラズマが明瞭にピンチする時には、一価および二価のArイオンによるレーザ発振は観測されなかった。このことは、上述の仮説が正しくないことを示している。

### 論文の審査結果の要旨

大容量コンデンサをあらかじめ充電しておいて、稀薄アルゴンガス中に放電することによって瞬間的に発生するアルゴン・プラズマ中には衝撃波面（ショックフロント）や電流層（カレントシート）によるピンチ現象及びアルゴン・イオンによるレーザー現象がみられるので、一方では高温発生の基礎研究に、他方では強力レーザー光源の開発に登場する重要なプラズマである。本論文はそのプラズマ診断法の研究である。すなわち、この種瞬間プラズマは一般に甚だ多種の粒子、すなわち電子、原子、一価イオン、二価イオン、不純物原子やそのイオンなどの発光をとまなう。しかも、かような大電流瞬間放電は、厳密な意味で、再現性に欠けるのが常である。

これらの点を考慮して、著者は分光器とストリーク・カメラを組み合わせることによって、一回の放電中に発光する異種粒子の挙動を同時に時間分解観測することにつとめている。具体的には、アルゴン・ガス中の直線ピンチ放電、管状ピンチ放電、金属線爆発放電などによって生ずる瞬間プラズマ中の二種の粒子を選定し（例えば、ArとAr<sup>+</sup>とかAr<sup>+</sup>と不純イオンのように）、両者の挙動の同時追跡写真を多数撮影した。これらにもとづいて、カレントシート及びショックフロントの発生と運動に関する各種粒子の役割について多くの知見をえている。

なお、著者はアルゴン・イオンが演ずるレーザ発振についても時間分解追跡を試み、発振はプラズマ発生初期と消滅期の二回おこることを明確にした。前者は高速電子とArの衝突による直接パンピングによるが、後者はプラズマ中の電子温度がさがってから、低速電子によって準安定アルゴン・イオンからパンピングが行われるためであることを示している。なお、この準安定イオンはそれ自身発光しないので、ガス圧効果、電圧効果、高周波電場効果、不純物効果その他を綿密に吟味した上で間接的に結論されている。また、プラズマ発生初期のレーザ発振とプラズマのピンチ現象との時間的關係についても詳しい観測が行われ、従来の報告との比較検討がなされている。

要するに、本論文は大電流瞬間放電によるアルゴン・プラズマの基礎研究にあたり、観測方法に独自の工夫を加えた結果、実験データの精度に一步前進が認められるばかりでなく、いくつかの新らし

い成果を含んでいるので、理学博士の学位論文として十分価値あるものと認められる。