

卒業論文要旨 マイクロ波生成プラズマの分光測定

(環境計測) 高橋順三

1 はじめに

本研究室ではイオンと原子・分子の衝突による電子捕獲や電離反応についての実験研究を行っている。その実験においては多価イオン源が必要となる。そこで多価イオンの生成が可能な Electron Cyclotron Resonance (ECR) イオン源の開発を考えた。ECR イオン源は電子を閉じ込めるような磁場を用い、磁場の周りを螺旋運動する電子に対して、その運動の角振動数に一致する電磁波を与えて電子を共鳴的に過熱し、その加熱された電子で原子をイオン化するものである。本研究では、ECR イオン源の開発を目的とした予備実験として、周波数 2.45GHz の電磁波 (マイクロ波) によって生成するプラズマ中の励起原子やイオン種を可視光分光法を用いて測定することを目的とした。

2 分光装置

用いた分光装置は、分光器 (NIKON G-250, 回折格子 1200 本/mm) と光電子増倍管 (HAMAMATSU H6780-00) である。プラズマから分光器へのライトガイドにはプラスチック光ファイバー (TAKEX FTSV73BC) を用いた。今回の Ar, He 励起原子の発光測定に必要な波長分解能は文献値^[1] から中性原子と 1 価イオンの発光波長の差より 0.5 nm である。使用した分光器は入射・出射スリットの開口幅を 0.05 mm 以下、長さ 2 mm 以下に狭めることで、今回の測定には十分な波長分解能が得られる。光の検出効率 は分光器の回折光効率^[2]、光電子増倍管の分光感度特性^[3]、光ファイバーの透過率^[4] の積で見積もられる。その結果は 400 nm で最大値約 16 % となり、500 nm から急激に減少し 600 nm で約 1 % となるので長波長側の測定限界を 600 nm とした。また、プラスチックファイバーは可視光領域に透過特性を持つので、測定範囲を 350 nm ~ 600 nm とした。

3 測定の自動化

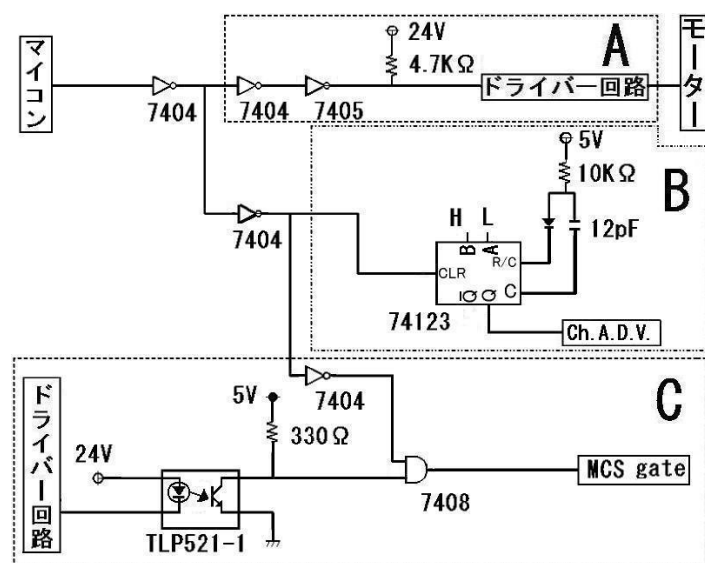


図 1 製作したコントロール回路

(オリエンタルモーター製 PH566-A) は、専用ドライバー回路 (SG8030J-U, SD5114P3) で設定した角度だけ回転するものである。ドライバー回路は回転の開始を、MCS は、チャンネルの移動と、計数の一時的な停止を外部から制御できるようになっている。自動測定のために製作したコント

測定では 0.5 nm の分解能を必要とするので、0.25 nm の間隔で波長走査を行うことにした。0.25 nm/1 ステップ とすると、測定範囲 350 nm ~ 600 nm を走査するには 1000 ステップの測定が必要となり、手動の測定では多大な労力を要することになる。そこで、マイコンからの信号制御でステッピングモーターを動かし、波長走査を自動的に行うことにした。また、波長走査に同期させてマルチチャンネルスケーラー (MCS) で自動的に 1 ステップごとの計数を記録できるようにした。波長走査用のステッピングモーター

ロール回路の回路図を図 1 に示す。図中の A,B,C の回路の概要は以下の通りである。

- A. モーターは、ドライバー回路に与えられた 24V の負論理信号の立ち下りで、ドライバー回路に設定された 1 ステップ分の角度だけ回転する。マイコンからの TTL 信号を 24V の負論理信号に変え、これをドライバー回路に与えることで 1 ステップずつ波長を走査する。
- B. MCS のチャンネルは与えられた正論理 TTL 信号の立ち上がりで移動する。そこで A の信号と同期させて正論理 TTL 信号を、計数チャンネルの移動信号 (Ch.A.D.V.) として送る。
- C. モーターが動き、次の測定波長に移動している間は計数が行われないようにするために正論理信号を MCS に gate 信号として与え、計数を止める。

測定のスタート及び波長走査の 1 ステップごとの時間間隔及び測定波長範囲の設定は、H8 マイコンで C プログラムを組んで行わせた。これによりマイコンをスタートするだけで必要な波長範囲、目的の波長間隔でデータを自動的にパソコンに取り込めるようになった。

4 結果

マイクロ波 (周波数 2.45 GHz) で生成した He プラズマの発光を分光測定した結果を図 2 に示す。He ガス圧 0.68 Torr、印加電力 40 W、分光器の入射・出射スリット幅 0.5 mm、長さ 2 mm、測定波長間隔 0.25 nm、測定波長範囲 350 nm ~ 600 nm で測定した。縦軸が計数、横軸が波長 (nm) である。測定ピークの半値幅は 0.5 nm であった。ピークに対して同定した原子名を図中に示す。測定結果からは、中性 He や残留ガスからの発光は確認できた。しかし、図中に点線で示した 468.6 nm, 541.1 nm に存在する 1 価 He イオンからの発光は確認できなかった。

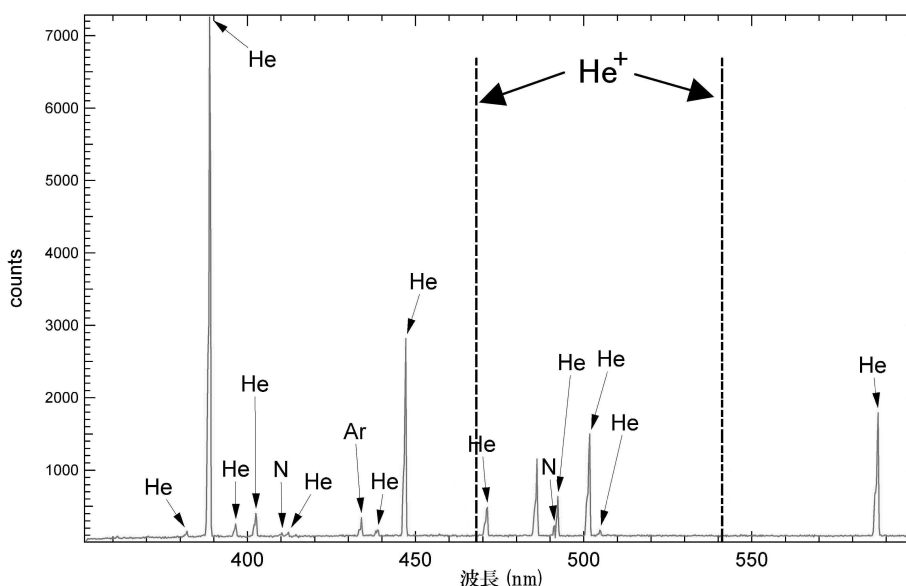


図 2 He の測定スペクトル

参考文献

- [1] NIST Atomic Spectra Database, <http://physics.nist.gov/> (2005/1/17)
- [2] Nikon モノクロメーター G-250 取扱説明書
- [3] 浜松ホトニクス株式会社 技術資料
- [4] MORITEX CORPORATION, <http://www.moritex.co.jp/home/zigyoo/> (2005/1/6)