

【26】

氏名(本籍)	河田真太郎 (岡山県)
学位の種類	理学博士
学位記番号	博甲第224号
学位授与年月日	昭和59年3月24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	A Physical Aspect of Sliding Spark with Electron Beam —Discharge Circuit, Spectroscopy and Diagnostics—
主査	筑波大学教授 理学博士 坂柳義巳
副査	筑波大学教授 理学博士 中村正年
副査	筑波大学教授 理学博士 島内輝
副査	筑波大学教授 理学博士 新井敏弘

論 文 の 要 旨

最近軟X線ないしXUV領域の研究が盛んになり、この領域での強い光源の必要性が増している。またIC LSIの光源としても特に強い光源が望まれている。現在理想的なものは放射光であるが、これは装置が大きすぎる。そこで強い光源を作る新しい方法を提案しそのメカニズムを論じた。

真空中での高密度放電の光源としてMcCorkleらの方法がある。これはポリエチレン製のキャピラリーチューブの両端に高電圧を掛けてスライディングスパークを起して管中にプラズマをつくり、そのプラズマを高速の電子で衝突励起させて高温、高励起のC<sup>+</sup>イオンを生成させて短波長の光を発生させる方法である。しかし、このままでは放電が不安定で、キャピラリーの寿命も短かく実用性が少い。そこで改良を行った。一つは高圧電源回路の改良であり、一つはスライディングスパークの始まる時間を確実にする方法である。

高電圧電源回路はブルームタイプを用い、スパークギャップ放電により2つのコーデンサーに蓄えられた電圧を倍圧にして用いる。このためコーデンサーに高圧を充電中に不用意にスライディングスパークがおこることは少く、タイミングを取るにも便利である。

次は補助の前期イオン化電極の挿入である。スライディングスパークは電極間の電圧を上げて行くと何時放電がおこるか不安であるが、この補助電極の挿入により低電圧でも良く制御された放電が可能になり、キャピラリーの寿命が数倍にのびた。

高速電子ビームのタイミングはイオンの再結合時間が数ナノ秒であるから、主電流に対する遅れ

が10ナノ秒程度が要求される。実際の測定ではピーク間では少し遅れがちであるため回路の改良が必要であるが、かなりの部分が重なっているため効率は少し悪いが再励起がおこる。この放電の空間の広がりや測定し、またキャピラリーの長さから放電のメカニズムを推定するため真空紫外の分光写真をとった。その特徴は200Åに最大をもつ連続スペクトルと線スペクトルからなっている。線スペクトルは殆んど炭素イオンで、特にCIVが多く、CV、CIIIの線も見える。CIV(2S-3P, 222.791Å)線を調べることによってキャピラリー内部状態を議論する。

この線はドプラーの広がりをもっているが中心部にくぼみがある。しかも左右対称ではない。この放電はレーザープラズマとよく似ている。特にキャピラリー内部では電子密度( $\sim 10^{19}\text{cm}^{-3}$ )が高く、電子温度は低い。これは局所熱平衡(LTE)モデルと考えられる。実際プラズマは時間変化しているが、一瞬一瞬では熱平衡にありながら変化していると仮定する。またキャピラリー中では電子密度分布と電子温度分布がある速度をもって広がるため時間と共にこれらが下がり、スペクトルに時間変化が現われる。初期条件としてキャピラリー中の電子密度 $4.0 \times 10^{19}\text{cm}^{-3}$ 、電子温度45eVが考えられ、 $7.0 \times 10^6\text{cm/s}$ の速度で広がるときのスペクトル線(CIV, 2S-3P)の理論的時間変化を計算した。さらに時間積分したものを実験値と比較、中心部を良く説明する事が出来ることがわかった。しかし、すその方は中心部のパラメーターでは充分説明が付かず、1.4Å幅の説明の出来る動的プラズマの理論が必要である。

以上、キャピラリー内部のプラズマは中心部の高密度プラズマと、周辺部の比較的低密度で外向きに運動しているプラズマから成り、そのスペクトルはプラズマの状態を反映している。その改良されたスライディングスパーク光源は充分な輝度、寿命を持ち非常に有用である。

## 審 査 の 要 旨

McCorkle型の放電管に新しい改良を加えた。即ち高圧回路の改良と、補助の前期イオン化電極の挿入である。これにより放電が安定に確実におこり、放電管の寿命が数倍にのびたことはこの方面の研究手段として大きな貢献をすることゝ思う。また、放電の状態を研究するため分光写真をとり、その解析を行った。CIVのスペクトル線の幅から放電管の中の密度、温度の状態を導びく理論式を出して実験と合うことを示した。この結果が今後のこの方面の研究に与える寄与は大きいと思われる。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。