

氏 名	植 田 至 宏 うえ だ よし ひろ
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	論 工 博 第 950 号
学位授与の日付	昭 和 52 年 1 月 24 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 & OPTICAL STUDIES ON DYNAMIC BEHAVIOR OF HIGH CURRENT ARCS (大電流過渡アーク現象の分光学的研究)

(主 査)
論文調査委員 教 授 福 田 國 彌 教 授 板 谷 良 平 教 授 上 之 園 親 佐

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は高気圧希ガス及び水素内大電流アーク並びに SF₆ 遮断器内 アークについてアークのプラズマ状態を分光学的手段により解明するとともにプラズマの挙動とアークの電流・電圧過渡特性に関する研究成果を述べたもので5章から成っている。

第1章緒論では高気圧・大電流遮断器の遮断機構とアークプラズマの挙動に関する最近の研究の趨勢を述べ著者が行った研究の位置づけを行うとともに、本研究全体の構成と各章で取扱う研究の主題と目的とを述べている。

第2章では初期ガス圧2気圧の H, He 及び Ar 中並びに1気圧の SF₆ 中で炭素電極を用いたアーク放電(尖頭電流値 5~15 KA, 電流持続時間 250 μs)を行い, アークプラズマを高速コマ取りカメラと高時間分解分光計により観測し, アークプラズマがイオン発光を含む極めて明るい内殻と中性粒子発光を含む拡がりのある外炎とから成ることを見出している。また内殻については C II 4267 Å 線巾の時間変化から, 外炎についてはHアークで H_β 線, He アークで He I 4417 Å 及び 5876 Å 線の線巾の時間変化からそれぞれ電子密度の時間変化を決定し, 内殻では尖頭電流時に電子密度が $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ に達することを明らかにしている。さらに内殻では自動電離や2電子再結合等の過程が存在することを示している。

第3章では細管(内径 0.2~1.0 cm, 長さ 2 cm)内1気圧 He 中でアーク放電(電流尖頭値 10 KA, 立上り時間 1 μs, 持続時間 15 μs)を行い, 流しカメラによりプラズマの管内運動を観測すると同時に高時間分解分光計により He と管壁からの不純物 Si, C のスペクトルの発光強度の時間変化の測定を行っている。即ちアークプラズマはプラズマ塊となって複雑な不安定性を示しアークの有効径は管内径より可成り小となること, また He I, II 及び Si, I, II スペクトル線の線巾から算定されるプラズマ内電子密度は内径 0.2 cm の細管では 10^{20}cm^{-3} のオーダーにまで達することを示している。

第4章では 10~760 Torr の初期ガス圧範囲で He 細管放電(尖頭電流 8 KA, 立上り 1.5 μs, 持続時間 15 μs)についてアーク電圧変動の初期ガス圧依存性, He I 5876 Å 線, He II 4686 Å 線, Si II 5041 Å 線

及び $5400\text{\AA}$ を中心とする波長巾 $100\text{\AA}$ 内の連続光の発光強度の時間変化並びに上記 He I, II スペクトル線巾とマッハツェンダー干渉計による電子密度の時間変化の測定を行い, He I 及び II スペクトル線相対強度比からプラズマの電子温度の時間変化を計算しかつこれらの電子密度と温度から計算される連続光強度と実験値を比較している。また上記の結果に基いて電子温度とガス温度の間の局所熱平衡が初期圧 200 Torr 以上の場合に成り立つことを示すとともに管内圧力及び電気伝導度の算定を行っている。さらにアーク電圧変動に於て初期圧 100 Torr 以上で現われるピークと 100 Torr 以下で出現するピークの存在することを見出し, 前者は管内気圧上昇に伴うプラズマの不安定性により発生するものであり後者は管壁物質蒸発に伴うプラズマ電子温度の降下によるものであることを明らかにしている。

第5章では短絡尖頭電流 5~65 KA の SF₆ 遮断器を用いてアークプラズマの時間分解発光スペクトルを観測し, これを局所熱平衡仮定のもとで計算して得られるスペクトルと比較してプラズマ組成, 温度及び電子密度を決定している。即ち短絡尖頭電流が 25 KA 以下ではアークは主に S 及び F の原子とイオンから成り 25 KA を超えて増加するとアークは電極やノズル物質から成りかつプラズマの電子温度が急激に低下することを明らかにしている。

論文審査の結果の要旨

この論文は数種の気体の高気圧大電流アークと SF₆ 遮断器内アークのプラズマ状態を分光学的に研究しその結果に基いてプラズマの動的挙動とアークの電氣的過渡特性の関係及び断遮器の断遮機構の基礎過程を解明したもので, 得られた成果は次の通りである。

(1) 1 気圧の He, Ar, H, SF₆ 及び空気中でのアーク放電 (電流尖頭値 5~15 KA, 持続時間 250 μ s) の時間分解発光スペクトルを測定し, アークにはイオン発光から成る極めて明るい内殻と中性粒子発光から成る拡がりのある外炎が存在し内殻の電子密度は $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 程度に達することを明らかにしている。

(2) 初期ガス圧 10~760 Torr の範囲で He 細管放電 (電流尖頭値 10 KA, 立上り 1.5 μ s, 持続時間 15 μ s) についてアーク電圧の過渡特性とプラズマ状態の関係を明らかにしている。

即ち, (a)アーク形成過程は Braginskii モデルに従うが形成されたアークプラズマは初期圧 100 Torr 以下では細管内に様に拡がるのに反して初期圧が 100 Torr を超えると次第に不安定性を顕著に示す。(b)アーク電圧の挙動には自由空間アークに見られない電圧ピークが現われその初期圧依存性から高圧域(100~760 Torr) で出現するピークと低圧域 (10~100 Torr) で出現するピークの2種類に分類される。(c)アークプラズマ発光は高圧域では He I, II スペクトル線と強い連続スペクトルから成りアーク電圧ピークの出現は連続光強度が最大になる時刻と一致する。低圧域では放電初期には He I, II スペクトル線のみ現れるが放電後期には管壁不純物 Si 及び C のスペクトル線と連続スペクトルが現れ, アーク電圧ピークの出現は不純物発光出現の時刻と一致する。(d) He I, II スペクトル線相対強度にプラズマ衝突・輻射モデルを適用して求めた電子温度と He スペクトル線 Stark 巾の測定及び干渉計測により求めた電子密度から計算される連続スペクトル強度が測定強度と一致し, He 原子とイオン間には高圧域では完全局所熱平衡が低圧域ではコロナ平衡が成り立っている。(e) 上記プラズマパラメータを Finkelburg-Maeker の条件に適用すると高圧域では電子温度とガス温度は熱平衡にあり細管内気圧は30~90気圧となる。低圧

域では両者の間の熱平衡は成立せず細管内気圧は10～30気圧である。

著者はさらに Spitzer の式とアークの電流電圧特性から求まるプラズマ電気伝導度の値を比較検討し上述の諸結果を総合して、高初期圧域で出現するアーク電圧のピークは細管内気圧の極端な上昇のために発生するプラズマ不安定性によるものであり低初期圧域での電圧ピークは管壁不純物の蒸発に伴う電子温度の低下によるものであることを明らかにしているが、アークのプラズマ状態と電気的特性の関連を解明したものとして評価される。

(3) 数ヶの観測窓を持つ実用規模の SF_6 遮断器（短絡尖頭電流 5～65 KA）についてアークプラズマ発光の時間分解スペクトルを測定し一方種々の組成から成るプラズマの発光スペクトルを完全局所熱平衡の仮定のもとで計算し、両者の比較から実際のアークプラズマの組成、温度及び電子密度を決定し電流ゼロ時を含めて実用遮断器内のアークプラズマ状態を始めて明かにしている。

以上要するに本論文は高気圧大電流アーク内のプラズマ状態を明かにしプラズマの動的挙動とアークの電気的過渡特性の関連を解明するとともに実用遮断器の遮断機構に有用な知見を提供したものであり、学術上、工業上貢献するところが大である。

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。