

「レーザを用いた高温ガスの絶縁特性に関する研究」

九州工業大学大学院 工学研究科 電気工学専攻 博士前期課程 2年 趙研究室 縄田 能久

1. 背景と目的

現在、電力機器の絶縁媒体として、優れた絶縁性を持つSF₆ガスが広く用いられている。しかしながら、温室効果ガスであるため、その削減及び代替ガスの模索が行われている。ガス遮断器(GCB)でアークが発生した際の導電状態から絶縁状態への制御は、高温アークプラズマから低温絶縁状態への移行により行われる。本研究では、この任意の高温ガス状態を作り出すためにレーザ生成プラズマを用いて模擬を行い、新絶縁媒体、消弧媒体の絶縁性能の評価を目的としている。本報告では本研究の基礎実験として、プラズマ生成後の中性粒子ガス密度の時間変化を取得するために実験系を構築し、測定を行ったので報告する。

2. 試験方法

図1に実験配置図を示す。パルス幅7ns、レーザエネルギー400mJのYAGレーザ(Continuum社製)の基本波(λ=1064nm)を、チャンパー内に配置したレンズで集光し、電極間中央部にプラズマを生成する。測定系に関しては、He-Ne laser(Melles Griot, λ=632.8nm)によりマッハ・ツェンダー干渉計を構築し、プラズマ生成時に生じる密度変化を、干渉縞の位相差により計測を行う。ビームは、衝撃波の影響を大きな範囲で観測するため、シリンドリカルレンズを用いて、楕円形のビームに変換した。測定は、2次元画像取得のためICCDカメラ(HAMAMATUS C5987)を使用した。測定では、電極間状態を一様にするため、球-半球電極を用いて電極間ギャップを3mmに設定し、試験ガスは圧力0.1MPaのCO₂を用いて測定を行った。

3. 試験結果

図2にICCDカメラにより取得した各遅れ時間後の干渉縞の変化の画像を示す。ICCDカメラのゲート時間は50nsecである。また、He-Ne laserのビームは、電極間中央部、即ち、プラズマ生成箇所の中心を通るように設定した。図2(a)の干渉縞の急激な変化から、衝撃波の影響により中性粒子ガス密度が減少していることがわかる。この干渉縞の変化は、衝撃波の進展とともに広がり、ビーム径全体に及ぶ(図2(b)参照)。その後、その変化は和らぎ、5msec後において変化は消失している。即ち、これは、密度分布が、初期状態に戻っていることを示している。図3は、フォトダイオードから得られた光強度波形を、以下の位相差の式を用いて、中性粒子ガス密度の線積分値の導出を行った波形である。

$$\Delta\phi = \frac{2\pi}{\lambda} \int_{-\infty}^{\infty} [n_n(x, z, t) - n_{n0}] dx \quad (1)$$

縦軸は中性粒子ガス密度の線積分値、横軸はプラズマ生成からの遅れ時間である。この図より、中性粒子ガス密度の変化はプラズマ生成後減少し、時間の経過とともに回復しているのがわかる。また、干渉縞の変化から密度分布を導出した結果を図4に示す。導出には、図4右図の1msec後の画像を使用した。解析は、アー

ベル変換を適用することで、密度分布を導出した。今回、プラズマ生成点から縞の変化が左右対称なため、半径方向rにおいて解析を行った。図より、中性粒子ガス密度は、中心部で約1.8 × 10²⁵[m⁻³]であり、約1.5mmで0.1MPaの初期状態に戻っている。

4. まとめ

高温ガスの絶縁特性を取得することを目的として、測定を行った。その結果、プラズマ生成後の中性粒子ガス密度が一様になるのは、プラズマ生成から数msec後であり、アーベル変換を用いて密度分布を算出することができた。

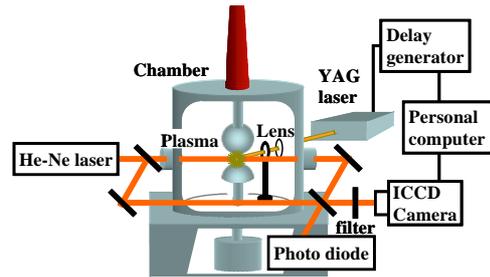
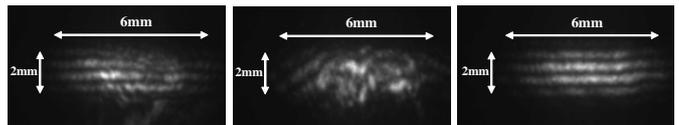


図1 実験装置図



(a) T_d=1μsec (b) T_d=100μsec (c) T_d=5msec
図2 各遅れ時間での干渉縞の画像 (200×120 pixel)

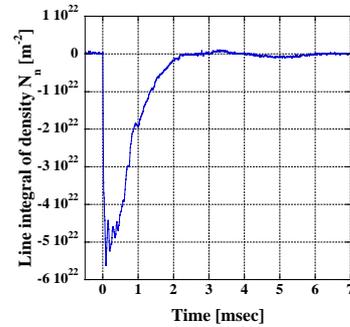


図3 中性粒子ガス密度の線積分値

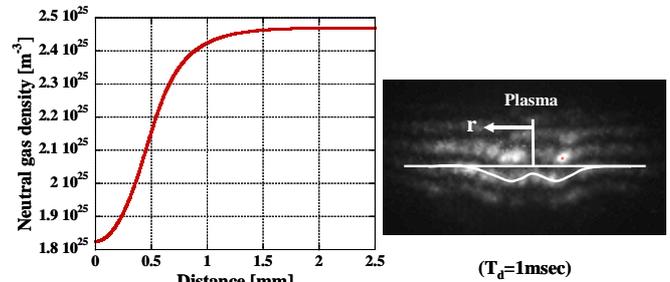


図4 アーベル変換後の密度分布

発表業績；5件

- (国際学会；1件)
- (1) 2002 Joint Conference of ACED & K-J Symposium on ED and HVE, B-232 (2002) (口頭発表；4件)
- (2) 平成14年 電気関係学会九州支部連合大会, No.729 (2002)
- (3) 平成15年 電気学会全国大会, 1-077 (2003)
- (4) 放電誘電・絶縁材料・高電圧合同研究会, ED-04-2, DEI-04-9, HV-04-2 (2004)
- (5) 平成16年 電気学会全国大会, 1-097 (2004)