

NBI用負イオン源加速電極を模擬した小型多孔電極における 低暗電流・高耐電圧化を目指したC面加工形状の検討

大倉 徹也, 山納 康(埼玉大学)

小島 有志, 錦織 良, 柏木 美恵子(量子科学研究開発機構)

1. はじめに

現在, 量子科学研究開発機構では核融合の早期実現を目指して, 国際協力により国際熱核融合炉(ITER)を建設中である。プラズマの加熱に用いられる高エネルギー負イオン源では, 加速部の真空中絶縁破壊が大きな問題となっている。その加速電極には負イオンビームを加速するための孔が開いており, その孔近傍で真空中絶縁破壊が発生している事から⁽¹⁾, 孔端部にはC加工やR加工といった電界緩和形状が施されている。先行研究では, 電極形状の変化と耐電圧, 暗電流の関係について調査が行われているが⁽²⁾, その詳細は明らかになっていない。耐電圧向上を目指した孔形状設計の指針を得るために, JT-60SA 負イオンNBIの加速電極を模擬した小型多孔電極を用いて, 孔周辺の電界分布を変化させた電極を設計し, 真空中絶縁破壊試験を行うことで, 暗電流・耐電圧の定量的評価を行った。

2. 実験方法

加速電極を模擬した小型電極の写真を図1に示す。材料は無酸素銅を用いており, 平坦部直径12mm, 直径2mmの孔が3mm間隔に9個設けた電極となっている。この電極に異なる孔端部形状のC面加工を設けた三種類の電極を作製した。電極の孔端部形状は, ①C0.4(端部距離[mm]), 165(端部角度[°]), ②C0.2 135°, ③C0.2 165°とした。それぞれの孔周辺の電界分布から電界積分値を求めた結果を図2に示す。この結果より, ①>②>③の順番で耐電圧向上が見込まれる。

真空中絶縁破壊試験に用いた絶縁破壊容器内は 10^{-7} Pa程の高真空状態に保っており, 同じ形状の電極を陽極・陰極に対向させ, ギャップ長は5~0.5mmの間で, 約100kVの正極性インパルス電圧を印加し, その時の絶縁破壊電界と暗電流を測定した。

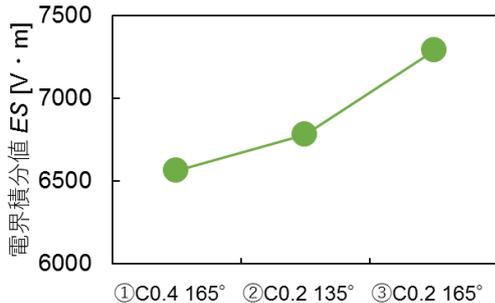


図2 電界積分値比較

3. 実験結果および考察

コンディショニング飽和後の平均絶縁破壊と電界積分値との関係を図3に示す。孔周辺の電界分布を変え, 電界積分値を低減することで, 絶縁破壊電界は向上するという結果が得られた。

F-N理論⁽³⁾より求まるF-Nプロットの平均傾きと平均切片から求めたコンディショニング飽和後の平均I-E特性を図4に示す。図より, 電界積分値の低減により, 絶縁破壊前に流れる暗電流(電界電子放出電流)を低減できることが明らかになった。この結果より孔端部のC面加工による耐電圧の向上は, 電界積分値の低減により, 電界電子放出電流が低減されるためであると考えられる。

以上より, 負イオン源加速電極においても, 電界積分値を低減した孔形状を設計することで, 低暗電流という観点から高耐電圧化を実現できると考えられる。

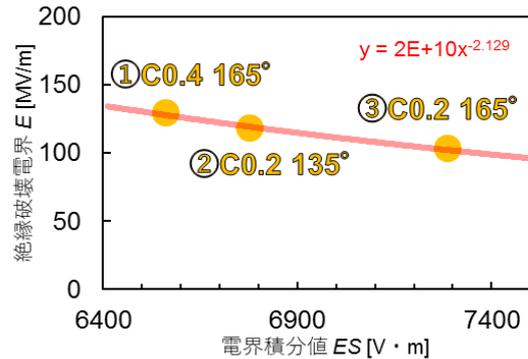


図3 電界電子放出電流-電界積分値関係

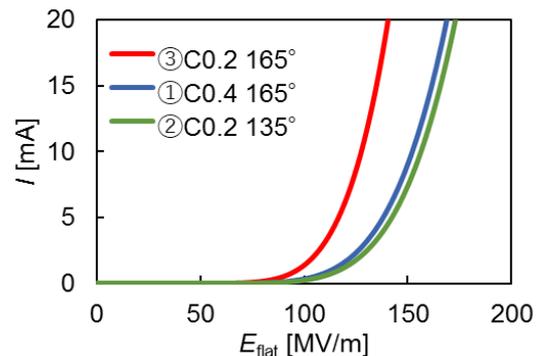


図4 I-E特性

文献

- (1) A.Kojima, M.Hanada, T.Inoue, Y.Yamano, S.Kobayashi: J. Vac. Sci. Jap., **56**, pp.502-506(2013).
- (2) 石田,山納,小林,小島,花田,齊藤:「真空中における小型孔開き電極の絶縁破壊特性および電界増倍係数の孔数依存性」,電学論A, Vol.134, No.12, pp.622-628, (2014)
- (3) R.H.Fowler and L.Nordheim: Proc. of R. Soc., Vol.**A119**, pp.173-181(1928).