



ワイヤ対円柱電極構造における強誘電体バリア放電特性

川田吉弘^{*1}, 金子正光^{**2}, 伊藤泰郎^{**3}, Jen-Shih CHANG^{*,***,4}

(2002年4月2日受付, 2002年4月18日受理)

Characteristics of Ferro-Electric Barrier Discharge for Wire-rod Electrodes Gaps

Yoshihiro KAWADA^{*1} Tadimitsu KANEKO^{**2}, Tairo ITO^{**3}, Jen-Shih CHANG^{*,***,4}

(Received April 2, 2002; Accepted April 18, 2002)

Ferro-electric barrier discharge is widely used in non-thermal plasma techniques, for example ozonizer, packed bed type pollutant reduction reactor. In this work, the characteristics of ferro-electric barrier discharge reactor with wire-pole configuration were experimentally investigated. Wire-pole configuration of wire-rod and wire-quadrupole types were studied. Unlike the other barrier discharges, experimental results show that the discharge power significantly influenced by a gas flow rates.

強誘電体材料は一般に誘電率が大きく、また誘電分極の大きさが電場の大きさだけでは定まらず、過去の状態に依存する、ヒステリシス特性を持つ。強誘電体をバリア放電に利用した例では、オゾンイザ¹⁾の他に、NO_xやCO₂分解リアクタ^{2,3}があり、その他に強誘電体个体層プラズマ反応炉の放電特性を雑音 EMC 対策の面から検討した研究⁴⁾もある。本研究では、パックドベット形状や平行平板構造ではなく、図1に示すような、圧力降下が小さく、大流量のガスが流せるワイヤ対円柱電極構造のバリア放電における放電特性について検討を行ったので報告をする。

図1に電極構造概略図を示す。本研究において、ワイヤ対円柱構造(図中 a)、ワイヤ対四重電極構造(図中 b)の2種類の電極構造を用いた。いずれも中央の高電圧

印加ワイヤ電極は直径 0.2mm のワイヤを厚さ 0.3mm、外径 1.1mm のチタン酸バリウム(比誘電率 $\epsilon=10^4$)により覆った構造とした。一方、いずれの構造においても、接地電極にあたるロッド電極は厚さ 1mm のガラスチューブ(比誘電率 $\epsilon=4.7$)で覆った構造である。エアギャップ間の電界 E_{air} / 誘電体の電界 E_{die} = 誘電体の比誘電率 ϵ_{die} / 空気の比誘電率 ϵ_{air} であり、エアギャップにおける電界は高い誘電率の材料で覆った場合の方が高められる。ただし、誘電体の厚みの分、線電極の直径が大きくなったと見なせるため、緩和することも考えられる。印加電圧は抵

キーワード: 強誘電体, バリア放電, 四重電極

* 武蔵工業大学工学部電気電子工学科 (158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1)

Department of Electrical & Electronics Eng., Musashi Institute of Technology, 1-28-1 Tamazutsumi, Setagaya-ku, Tokyo 158-8557, Japan

** 宮崎公立大学人文学部国際文化学科 (880-8520 宮崎市船塚 1-1-2)

Department of Intercultural Studies, Faculty of Humanities, Miyazaki Municipal University, 1-2, Funatsuka 1-chome, Miyazaki 880-8520, Japan

*** Department of Engineering Physics, McMaster University, NRB118 128 Main Street West, Hamilton, Ontario, L8S 4M1, Canada

¹ g0073001@eng.musashi-tech.ac.jp

² kaneko@miyazaki-mu.ac.jp

³ ito@ee.musashi-tech.ac.jp

⁴ changj@mcmaster.ca

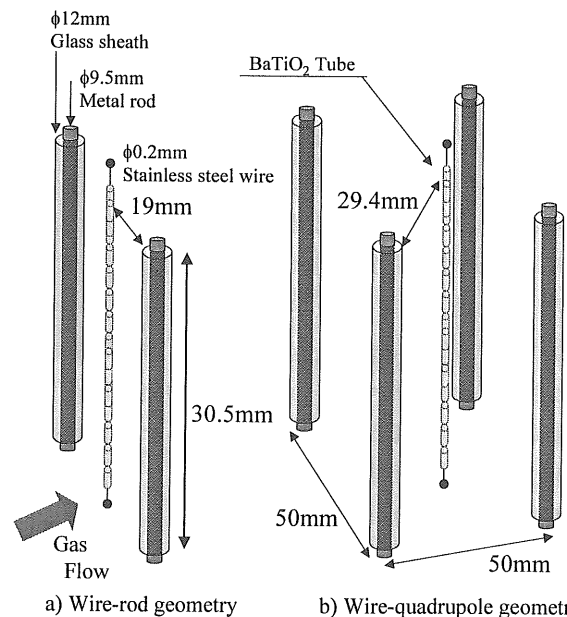


図1 強誘電体を用いた電極構造外観 (a)ワイヤ対円柱電極, (b)ワイヤ対四重電極)

Fig.1 Schematic of electrode arrangements; (a)wire-rod geometry and b) wire-quadrupole geometry with ferro-dielectric .

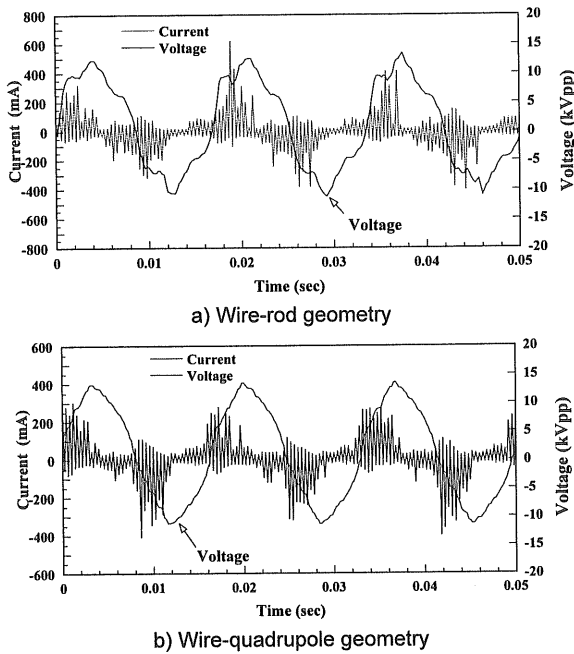


図 2 印加電圧, 放電電流波形 (印加電圧 $12\text{ kV}_{\text{peak-peak}}$)
 Fig. 2 Typical barrier discharge voltage and current time averaged waveforms at applied voltage $12\text{ kV}_{\text{peak-peak}}$.

抗($2\text{ G}\Omega$ vs. $500\text{ k}\Omega$)により分圧した後, デジタルオシロスコープ (Tektronix, TDS420 400 MHz)により測定した。また, 放電電流波形は電流モニタ (Ion Physics Corp., model CM10MG, 0.1 V/A)を用いて, 電圧と同時にオシロスコープにて測定した。

典型的な印加電圧と放電電流波形を図 2 に示す。放電電流波形は, 100 回の envelop mode により測定した。いずれの電極構造においても, 電流は正負電圧に対して非対称であるが, 通常のバリア放電などと同様に, 印加電圧がゼロクロス付近において放電電流パルスが観測された。また, ワイヤ対四重電極構造では, ワイヤ対ロッド電極構造に比べ電流パルスのピークが全体的に低い。これはエアギャップがロッド電極構造では 19 mm であるのに対して, 四重電極構造では 29.4 mm と広いことによる電荷分布の差によるものと考えられる。

平均電力対ガス流速依存性を図 3 に示す。印加電圧の増加とともに電力は増加する。ガス流速の増加に対し, 電極構造によって差が生じた。ワイヤ対ロッド構造ではガス流速の増加に対して電力は増加するが, ワイヤ対四重電極構造ではいずれの印加電圧においても, 電力は極大値を持つ特性となった。このようにガス流量に対し放電電力がガス流に影響を受ける現象は, コロナ放電では温度が介在した放電電流のガス流量特性などが報告⁵⁾されているが, バリア放電ではあまり報告されていない。

したがって, 上述のような放電電力の流量特性は強誘電

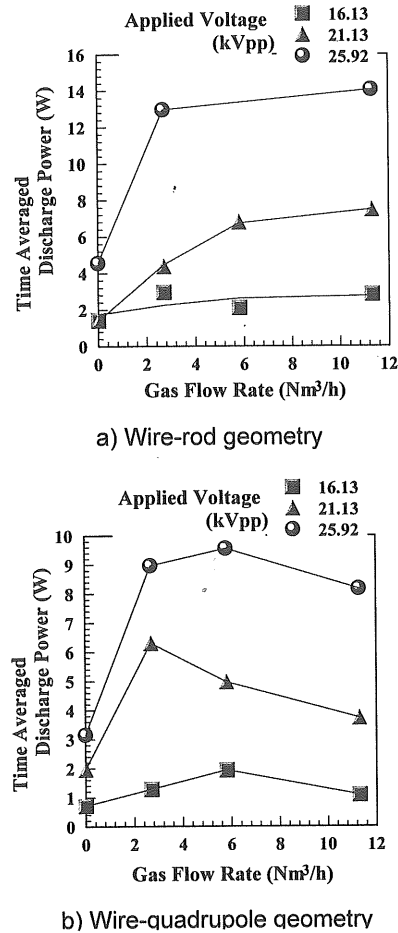


図 3 放電電力のガス流量特性

Fig. 3 Time averaged discharge power as a function of gas flow rate.

体バリア放電により大流量処理を目的とする, オゾナイザや電気集じん荷電装置, 酸性ガス処理を目的とした装置特有のものと考えられるが, その詳細な原因は, 現在検討中である。放電によって発生する熱とガス流による電極冷却効果によるものと思われる。

実験にご協力, ご助言を頂いた, McMaster University の D.Brocile 氏, P.C.Looy 氏, A.A.Berezin 教授, K.Urashima 博士に感謝いたします。また, 本研究の一部は, National Science and Engineering Research Council of Canada の支援に基づく。

参考文献

- 1) T. Opalinska, A. Szymanski, H. Sabadil, H.-E. Wagner: *Contrib. Plasma Phys.* **29** (1989), 1
- 2) A. Mizuno, Y. Yamazaki, H. Ito and H. Yoshida: *IEEE Trans. I.A.*, **28**, (1992), 535
- 3) K. Jogan, A. Mizuno, T. Yamamoto and J.S.Chang: *IEEE Trans. I.A.*, **29** (1993), 876
- 4) 内村圭一, J.S. Chang: *電気学会論文誌 A*, **118-A** (1998), 426
- 5) J.S. Chang, F. Pontiga, P. Atten, A. Castellanos: *IEEE Trans. I. A.*, **32**, (1996), 1250