



磁界印加トレンチ型バリア放電特性

内田敬久^{*1}, 浦島邦子^{*}, John W. HOARD^{**}, Jen-Shih CHANG^{*2}

(2002年8月31日受付; 2002年9月19日受理)

Characteristics of Magnetized Trench Type Dielectric Barrier Discharges

Yoshihisa UCHIDA^{*1}, Kuniko URASHIMA^{*}, John W. HOARD^{**} and Jen-Shih CHANG^{*2}

(Received August 31, 2002; Accepted September 19, 2002)

Characteristics of the deep ditch trench type dielectric barrier discharge reactors with and without external magnetic fields were experimentally investigated. In a trench type barrier discharge reactor, discharge occurs at sharp edges near barrier electrode and chemical reactions take place at ditch space between each triangle electrodes. Therefore, effective ozone generations or pollutant gases treatment can be achieved. The results show that the input power to plasma increases with increasing applied voltage for all conditions. The results also indicated that the external magnetic fields enhanced energy efficiency of barrier discharge.

1. はじめに

著者らは、高密度オゾン発生の向上を目的として、トレンチ型バリア放電装置を製作し、検討を行ってきた^{1,2)}。トレンチ型放電装置は、沿面放電をトレンチ電極の山型近傍で起こし、直接電子衝突反応でラジカルを生成させ、さらにラジカルを溝に拡散させる方式である^{2,3)}。一方、永久磁石を放電炉に配置することにより、大気中で電子の動きを制御する方式は、NO_x処理率の向上に寄与することが発表されており⁴⁾、又大気圧では約100 G以上で電子の拡散に影響を与えることが理論的に計算されている⁵⁾。本論文では、磁界印加トレンチ型バリア放電装置の特性を実験的に解析、検討を行った。

2. 実験装置及び方法

トレンチ型放電装置の概略を図1に示す。図1(a)に示すように、装置は、深さ10 mmの溝と5つのエッジからなる高圧側トレンチ電極(200 x 100 x 20 mm, Al)、スペーサ(テフロン®)、誘電体バリア電極(厚さ: 3 mm, パイレックスガラス®)、接地側平板電極(厚さ: 0.8 mm, Al)および永久磁石(12.5 x 12.5 x 38 mm, 1 kG)により構成されている。図1(b)に示すように、8個の永久磁石が、トレンチ電極のエッジに沿って、平板電極側に配置されている。高圧電源

には、スライダックとネオン変圧器を用い、印加電圧(V_{pp}: 0-17 kV, AC 60 Hz)を調節した。印加電圧及び電流は、高圧プローブ(Tektronix, P6015A)及び電流モニター(Ion Physics, CM-10-MG)を介して、デジタルオシロスコープ(Tektronix, TDS 420A)にて測定した。放電電力は、コンデンサ(4 μF)をリアクタと直列に挿入することにより電荷量を測定し、V-Qリサーチ図形より算出した。実験は、大気圧、20℃空気において行った。

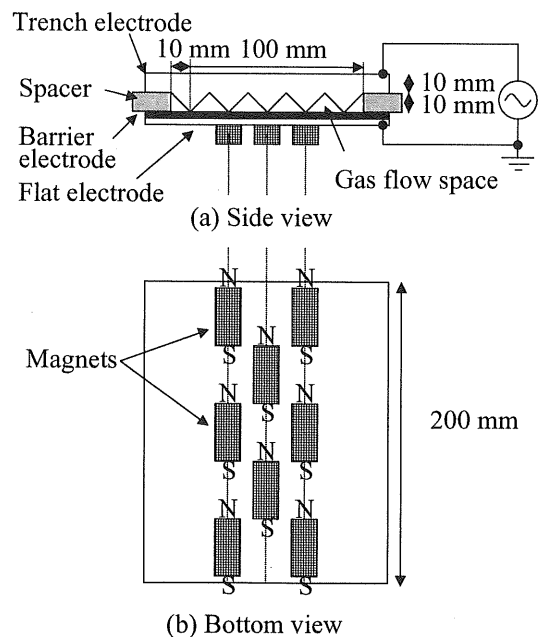


図1 磁界印加トレンチ型バリア放電装置の概略
Fig.1 Schematic of magnetized trench type dielectric barrier discharge reactor at (a) Side view and (b).

キーワード: 磁場, トレンチ, バリア放電, 沿面放電

^{*} McMaster University, Hamilton, Ontario, L8S 4M1, Canada.

^{**} Ford Motor Company, Dearborn, Michigan, USA.

¹ uchiday@mcmaster.ca

² changj@mcmaster.ca

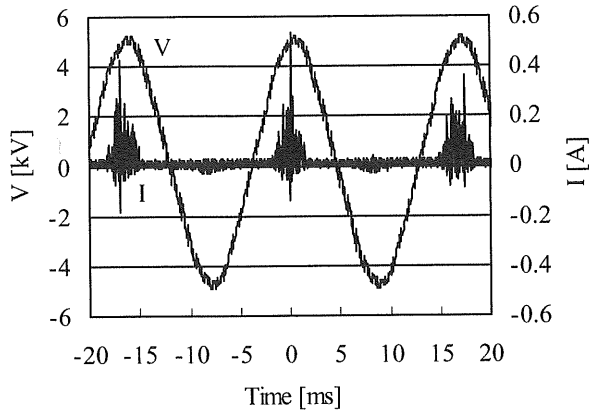


図2 典型的な電圧及び電流波形
Fig.2 Typical voltage and current waveforms at 10 kV and 60 Hz without magnetic field.

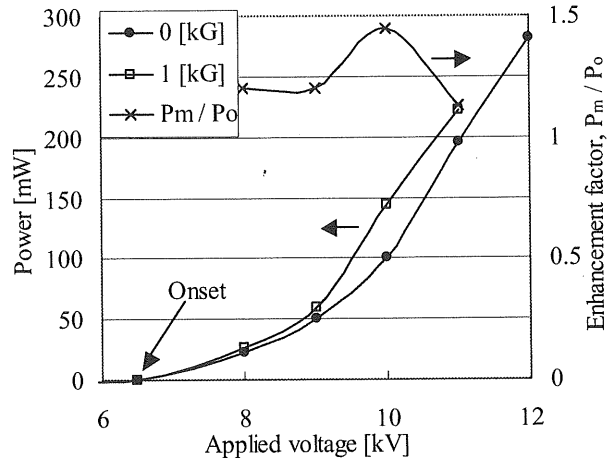


図4 印加電圧に対する放電電力特性
Fig.4 Characteristics of input power to plasma with and without magnetic field.

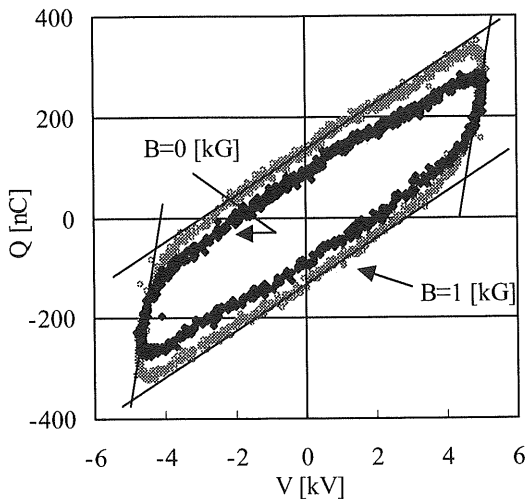


図3 磁場のある場合とない場合のVQリサーチ図形
Fig.3 V-Q Lissajous figure at 10 kV, 60 Hz with and without magnetic field.

3. 実験結果

典型的な磁場のない場合における電圧及び電流波形を図2に示す。図2より、印加電圧が負から正に変化した後に、放電電流パルスが発生しているのがわかる。それに対し、正から負に変化した時の放電電流値は、はるかに小さい。これは、電極構造によるものと推察できる。つまり、トレンチ電極の山型部分で電界が集中するため、負から正に変化する時に放電が起こりやすいためである。また、沿面放電がトレンチ電極の山型近傍で発生しているのが観察された。磁場のある場合において、電圧波形はあまり変化が見られなかったが、放電電流の各ピーク値は高めに観察された。典型的な磁場のある場合とない場合のV-Qリサーチ図形を図3に示す。リサーチ図形は、平行四辺形を示しており、その面積から放電電力が算出できる。図3では、明らかに磁場のある場合とない場合でリサーチ図形に違いが観測され、同一印加電圧において、磁場によって有効に

電力がプラズマ中に注入されることを示している。図4に印加電圧に対する放電電力特性及び磁場による増加率 (P_m / P_0) を示す。放電開始電圧は、6.5 kVであり、印加電圧の増加とともに放電電力、したがって放電電流が増加する特性を示した。また、外部磁界を印加することにより、同一印加電圧において、放電電力(電流)が10-40%増加することが観測された。理論的には約100 G以上で電子の拡散に影響を与えることが計算されているので⁵⁾、本放電装置において、トレンチの山型部分で最大350 G程度の垂直磁場が得られていることから、磁場により電子がトレンチの山型部分近傍により集中され、放電部の電子密度が増加し、放電電力が増加すると推察される。

4. おわりに

磁界印加トレンチ型バリア放電特性を実験的に解析、検討を行った。その結果、トレンチ型バリア放電においては、放電がトレンチ電極の山型近傍で発生しているのが観察された。その放電部に外部磁界を集中させると、電子運動を制御して、同一印加電圧に対して放電電力又は放電電流が増加することがわかった。したがって、外部磁界をうまく利用することにより、エネルギー効率を向上できることがわかった。

参考文献

- 1) J.S. Chang, 応用物理, **69**, 268-277 (2000)
- 2) J.S. Chang, P.C. Looy, M. Arquilla, I. Kamiya and R. Sinjo, J. Adv. Oxid. Tech., **2**, 274-277 (1997)
- 3) 江原由泰, 山田雅之, 岸田治夫, 伊藤泰郎, 電学論, **122-A**, 2, 192-197 (2002)
- 4) J.Y. Park, G.H. Kim, J.D. Kim, H.S. Koh and D.C. Lee, Combustion Sci. & Tech., **133**, 65-78 (1998)
- 5) J.S. Chang, K. Kostov, K.M.P.F. Monteiro, J.L. Ferrera and T. Kaneda, 東京電機大工学研究, **47**, 21-28 (1999)