

K3-41

プラズマアクチュエータの駆動特性 Characteristics of discharge of the DBD plasma actuator.

○小西友宏¹, 大竹智久², 村松旦典², 菊池崇将²Tomohiro Konishi¹, Tomohisa Ohtake², Akinori Muramatsu², Takamasa Kikuchi²

Abstract: To find characteristics of discharge of a DBD plasma actuator, we confirmed how the discharge grows and changes when the voltage and frequency increased. We took a video by increasing the voltage and the frequency of a PA by a digital camera and a high speed camera. We measured a waveform of the voltage applied to the PA synchronized to the high speed camera. As a result we find that the discharge's condition changes when the voltage or the frequency was increased. When the frequency was increased with the set voltage fixed, the applied voltage started increasing by itself. The pictures from the high speed camera show that when the voltage is positive, streamer discharges appear, and when the voltage is negative, glow discharges appear.

1. はじめに

近年、剥離抑制を可能とする能動的流体装置の一つとして誘電体バリア放電プラズマアクチュエータ (Dielectric Barrier Discharge Plasma Actuator, 以下 PA) が注目されている¹⁾。PA は 2 枚の電極で薄い誘電体を挟んだテープ状の構造をしており、片方の電極は大気中に露出している。この 2 枚の電極間に高電圧、高周波(数 kV, 数 kHz)の交流を印加することによりプラズマが発生し、露出電極から被覆電極の方向に向かって流れを誘起することが可能となる。PA は従来の能動的流体制御装置と比べて、可動部がなく、薄く軽量であるなどの機械的なメリットがある。しかしながら、現段階では誘起速度が低速なため、低 Re 数領域($Re = 10^4$ のオーダー) が主な適用対象である。近年では PA を作動させた時に一方向に流れが誘起される現象のメカニズムも徐々に解明されつつある²⁾。

本研究では、PA の駆動特性を調べることを目的として、PA 作動時のプラズマの発生する様子を電圧と周波数の変化が与える影響についてハイスピードカメラとデジタルカメラを用いて撮影した映像から考察した。

2. 実験装置および実験方法

PA の作動に使用した電源装置は、ピー・エス・アイ社製の PSI-PG1040F である。使用した PA の写真を Fig. 1 に示す。PA の電極には厚さ 70 μm の銅テープを使用し、誘電体には厚さ 25 μm のポリイミドテープを 5 枚重ねたものを使用した。表面電極の幅は 1 mm, 裏面電極の幅は 10 mm とした。PA の形状は、これまでの研究を参考に、誘起速度が最大となる形状を採用した³⁾。

実験装置の概略図を Fig. 2 に示す。実験にはハイスピードカメラ、デジタルカメラ、及び A/D コンバータ



Fig. 1 Plasma Actuator

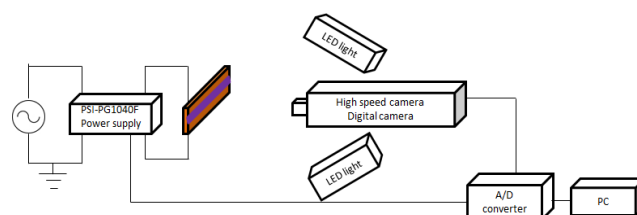


Fig. 2 Schematic diagram of experimental apparatus

を用いて撮影と同時に電圧の波形を測定し、電圧及び周波数のうち片方を固定し、もう片方のパラメータを徐々に上昇させた時の電圧の波形とプラズマの様子を比較した。ハイスピードカメラ撮影時の電圧は ± 8 kV, 周波数は 8 kHz に、撮影速度は 3×10^5 FPS, 波形の測定レートは 3×10^5 Hz で測定した。

3. 実験結果および考察

実験によって得られた結果を Fig. 2 から Fig. 6 に示す。周波数を固定した場合、プラズマの発生は電圧が低いとき、上部電極に沿って一様なプラズマが発生し(Fig. 3(a)), 電圧を上げていくとある値からプラズマがストリーマ状に変化する(Fig. 3(b)). さらに電圧を上げるとストリーマ同士が結合し、先端が広がり始める(Fig. 3(c)). 電圧がある値に達するとアーク放電が発生し PA は発火する(Fig. 3(d)). この放電状態が変化する電圧は周波数が上昇すると徐々に低下していく傾向が見られた(Fig. 4). 設定電圧を固定

した場合、周波数が上昇していくにつれて印加電圧も強弱を繰り返しながら上昇を始めていき、それに合わせてプラズマの発生も強弱を繰り返しながら強くなっていき、周波数がある値に達すると周波数固定の時と同様に形態を変え始めた。放電状態が遷移する周波数は電圧が上昇すると徐々に低下している (Fig. 5).

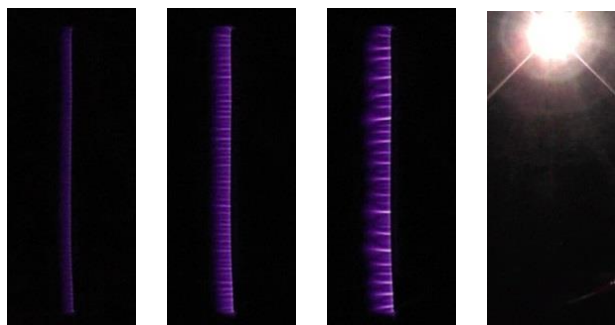
プラズマの発生はストリーマ状に発生する状態 (Fig. 6(a)) と点状にプラズマが発生する状態 (Fig. 6(c)) が交互に繰り返すことを確認することができた。また同時に測定した電圧の波形から、緑線の範囲でストリーマ状に、青線の範囲で点状にプラズマが発生し、茶色の範囲でプラズマが発生していないことがわかる (Fig. 6(d)).

4. 結論

PA 上のプラズマは電圧、または周波数が上昇するとその形態を変化させていき、最終的にアーク放電を起こし発火する。また印加している電圧が正の時と負の時でプラズマ発生の原理の違いにより発生の様子に変化が見られた。

参考文献

- [1] 深淵康二, 他: “プラズマアクチュエータの基礎と研究動向”, 日本流体力学学会 ながれ, 29 号(2010), pp. 243–250.
- [2] J. P. Bouef, 他: “EHD Force in Dielectric Barrier Discharges Parametric Study and Influence of Negative Ions”, AIAA Paper 2007-183.
- [3] 鈴木佑輔, 他: “プラズマアクチュエータの電極形状について”, 第 46 回飛行機シンポジウム講演集(2008), pp. 84–88.



(a) glow discharge (b) weak streamer discharge (c) streamer discharge (d) arc discharge

Fig.3 Discharge condition

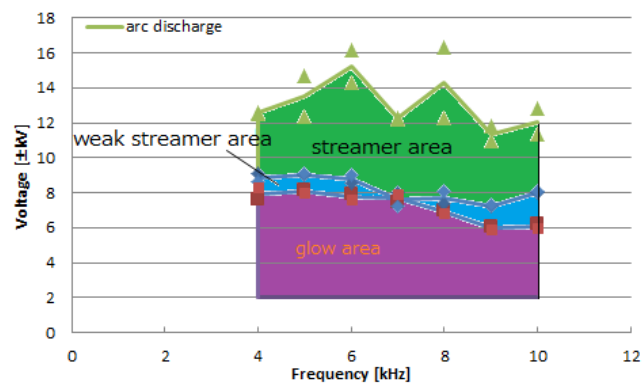


Fig.4 Discharge condition area for each frequency

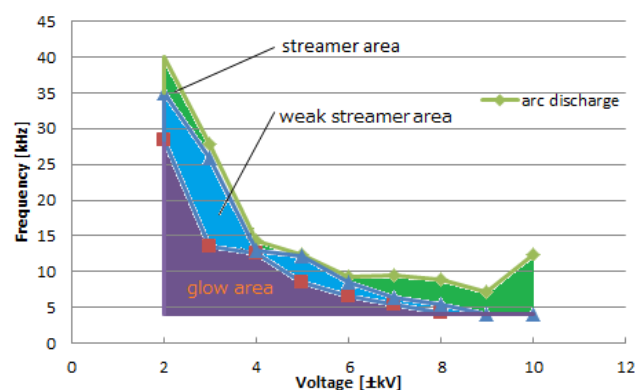
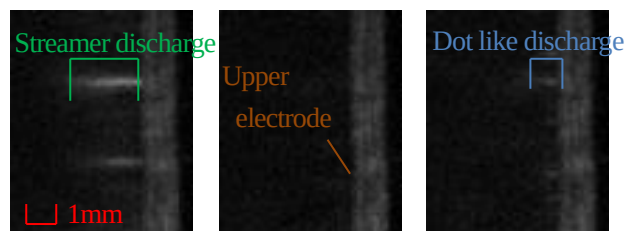
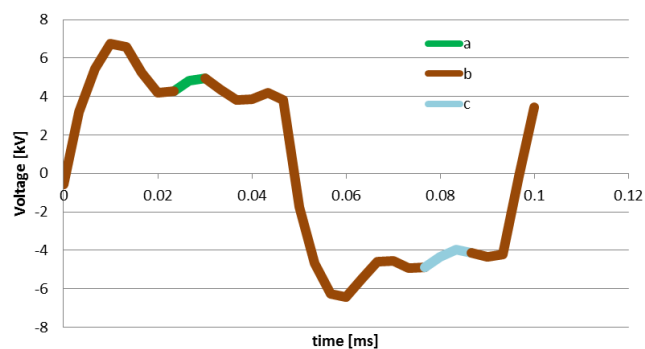


Fig.5 Discharge condition area for each voltage



(a) (b) (c)



(d) Voltage waveform

Fig.6 Pictures and voltage waveform taken by the high speed camera