マイクロプラズマアクチュエータを用いた流体・微粒子制御の研究

伊藤　暁彦[1]，マリウス　ブラジャン[2]，ヤロスラヴ　クリストフ[3]，清水　一男[1,2,3]

[1]静岡大学大学院総合科学技術研究科　[2]静岡大学イノベーション社会連携推進機構

[3]静岡大学創造科学技術大学院自然科学系教育部

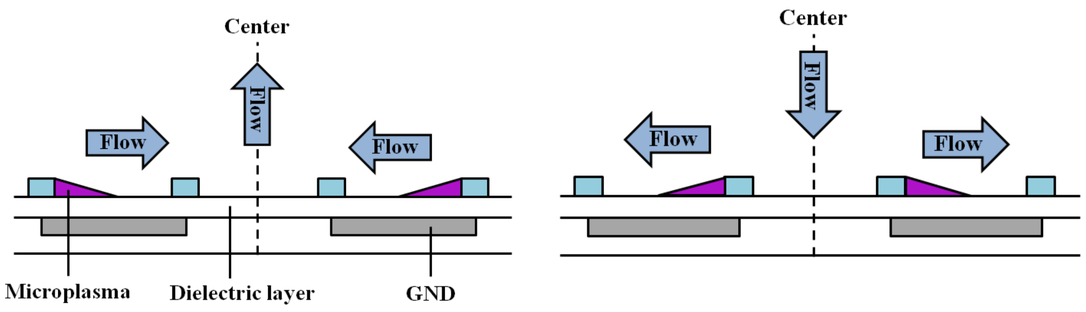
プラズマアクチュエータは新たな流体制御デバイスとして注目されており，基礎研究だけでなく剥離の制御や乱流摩擦抵抗の低減などさまざまな応用研究も世界中で行われている．また近年では，実験的研究に加え数値シミュレーションも盛んに行われている．プラズマアクチュエータは，可動部を有さない非常に単純な構造であることや時定数の短い電気的制御が可能であることなどの利点があり，それらに加えて，マイクロプラズマアクチュエータは従来のものと比較して低電圧（約1 kV）で駆動することができる．

本研究では，マイクロプラズマアクチュエータを用いて，流体の流れ方向の制御を行った．また，流体だけでなく様々な微粒子を対象として，マイクロプラズマアクチュエータ型の電極を用いて微粒子の制御も行った．

1. 目的

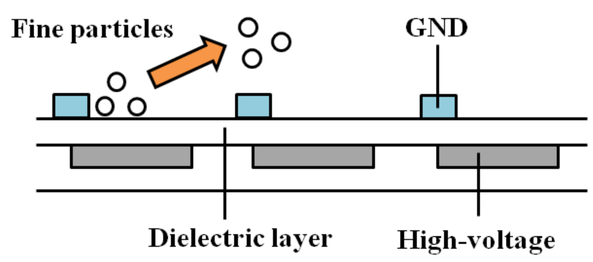
流体制御

4つの独立したチャンネルに印加する電圧を制御することで，さまざまな方向の誘起流を発生



微粒子制御

プラズマアクチュエータの構造と同じ構造の電極に電圧を印加することで，微粒子はクーロン力や一部誘電泳動力を受け，一方向に移動



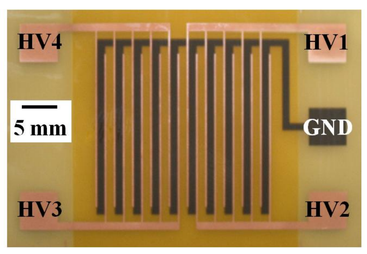
2. 実験方法

流体制御

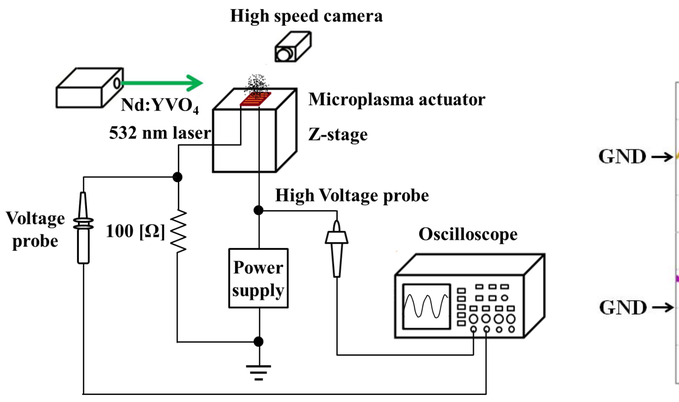
・FETとブリッジダイオードを組み合わせた双方向スイッチにより，正弦波電圧（1.4 kV, 20 kHz）を制御

⟶　誘起流の流れ方向の制御

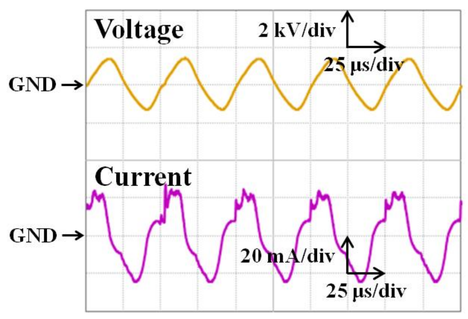
・Particle Tracking Velocimetry (PTV) 法により，流れの可視化および流速の測定



マイクロプラズマアクチュエータ



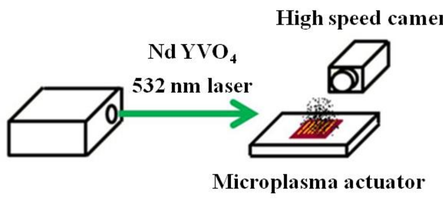
実験装置図



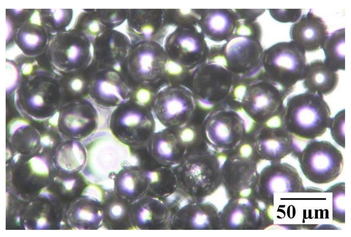
電圧電流波形

微粒子制御

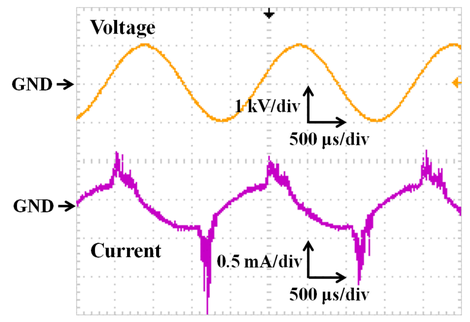
・対称微粒子：50 μm SiO_2
・印加電圧：正弦波電圧（1 kV, 500 Hz）
・微粒子の振る舞いをレーザにより可視化し，ハイスピードカメラで撮影
・電圧印加前後での微粒子の位置を，電極上側から撮影



微粒子の振る舞いの可視化



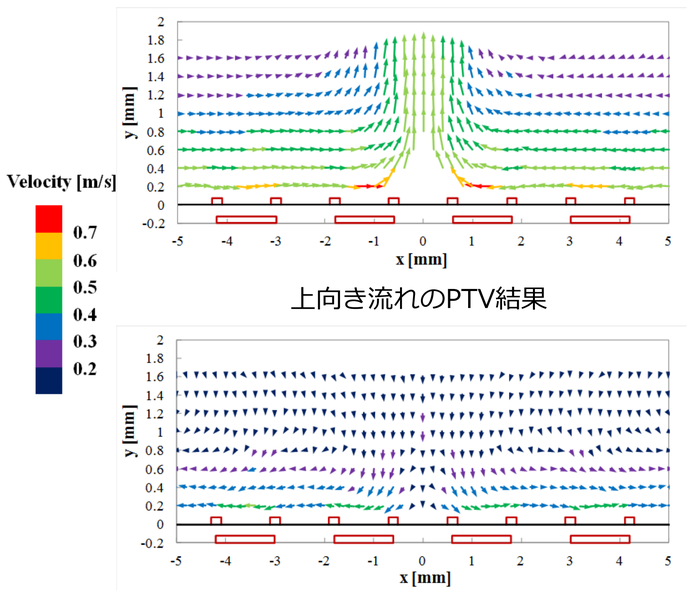
SiO_2微粒子の顕微鏡画像



電圧電流波形

3. 実験結果

流体制御



上向き流れのPTV結果

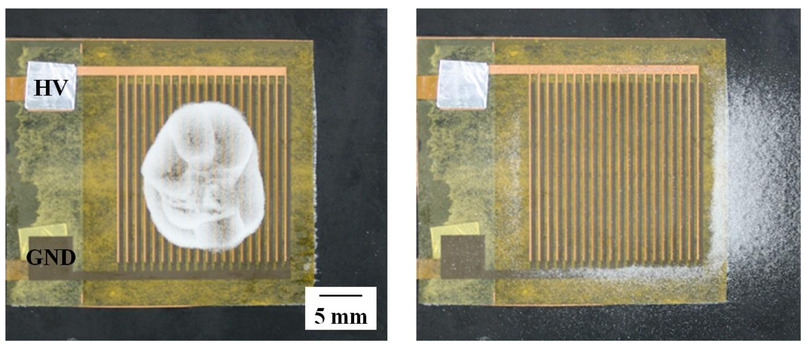
・0.55 m/s の上向き流れ
・最大流速 0.75 m/s
（電極近傍）

下向き流れのPTV結果

・0.20 m/s の下向き流れ
・最大流速 0.51 m/s
（電極近傍）

微粒子制御

電圧印加後100 ms後の微粒子の振る舞い



電圧印加前　　電圧印加後

・約3秒間の電圧印加によりSiO_2微粒子が右側へ移動

4. 結論

流体制御

各チャンネルに印加する1.4 kV，20 kHz の正弦波電圧を制御することで，0.55 m/s の上向き流れおよび 0.20 m/s の下向き流れの発生が確認された．また，左右方向や回転誘起などの流れ制御も行うことが出来た．

微粒子制御

1 kV, 500 Hz の正弦波電圧を電極に印加することで，電極上の50 μm SiO_2 微粒子の約90 % が3秒間の電圧印加により電極外側まで移動した．また，オイルミストや導体微粒子等への除去効果も認められた．