

# マイクロスケールEHDポンプ特性の解明

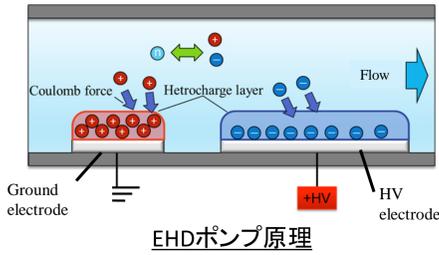
プロジェクトメンバー: 機械工学系

岡田光太郎、西川原理仁、柳田 秀記、横山 博史

## 緒言

### EHD(Electrohydrodynamic) ポンプ

- 電圧を印加することにより発生するクーロン力を駆動力とするポンプ
- ファンなどの可動部がないため 振動・騒音が少ない
- 小型化が可能である
- 宇宙分野などでの応用が期待されている。



### 課題

電極サイズをマイクロ化すると体積当たりの性能が向上することが分かっている\*。しかし、統一的な基準のもとでスケールの影響については明確にされていない。

\*横田、マイクロ液圧、第68回精研シンポジウム、pp. 35-50,2015.

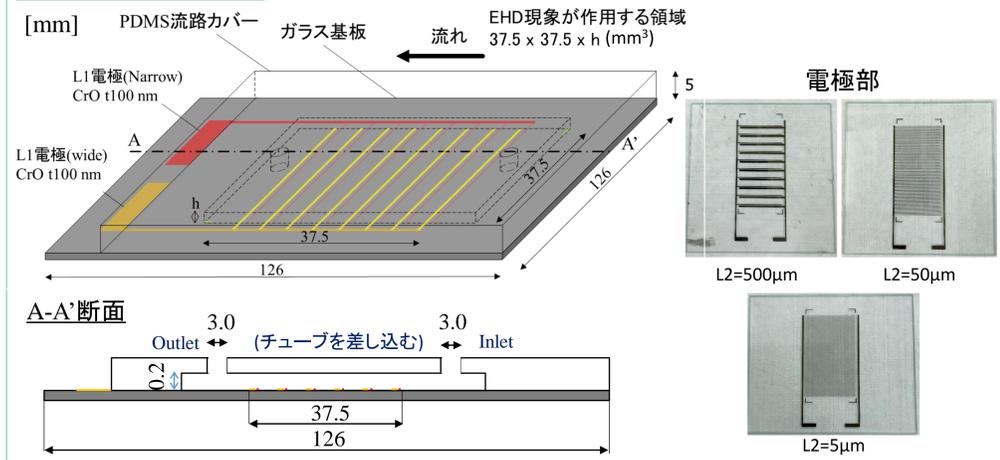
### 目的

EIIIRISの微細集積回路技術(MEMS)によって、電極間距離が数百μmから数μm以下の電極を製作し、マイクロスケールにおけるEHDポンプ特性を調査する。

1

## 試作したポンプ

### 試作ポンプの各寸法



- ① ガラス基板にフォトリソグラフィによって電極を形成する
- ② PDMS樹脂を鋳型に流し込み、流路カバーを形成する
- ③ PDMS流路カバーをプラズマ処理してガラス基板と結合させることによりシールする
- ④ ポンプと管路の接続には、1/8inchのチューブを用いる

2

## 電極寸法・実験方法

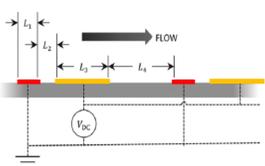


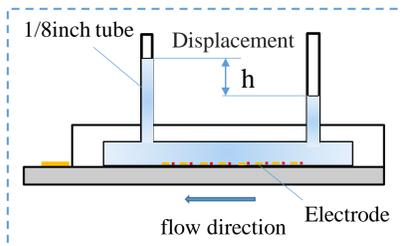
Fig. 3 Schematic of electrode dimensions and electrical connections

	L1 (narrow)	L2 (gap)	L3 (wide)	L4 (pair pitch)	pair number
Ref. (μm)	127	127	381	1270	9
Ratio(-)	1	1	3	10	
5 μm	5	5	15	50	500
50 μm	50	50	150	500	50
500 μm	500	500	1500	5000	5

### フォトリソグラフィによって作製

- 電極間距離: これまでの最小
- 流路高さ: ギャップの4倍(Ref.\*にならって)
- 長さ、幅: マスク製作の照射領域の制約より

実際にポンプに電圧を印加し、動作を確認すると共に、印加電圧、電流と発生圧力の関係を調査する。

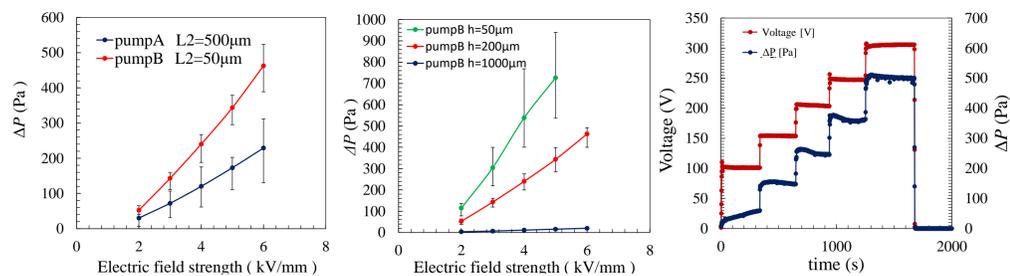


### 実験内容

- ① ポンプ内をフッ素系冷媒であるVertrel XFで満たす
- ② 電極に100~300Vを印加
- ③ 液面変位差 h よりポンプによる発生圧力を、データロガーにより電圧、電流を測定する。

3

## 実験結果



電極スケールが発生圧力に及ぼす影響

流路高さが発生圧力に及ぼす影響

印加電圧時の応答 (Pump B)

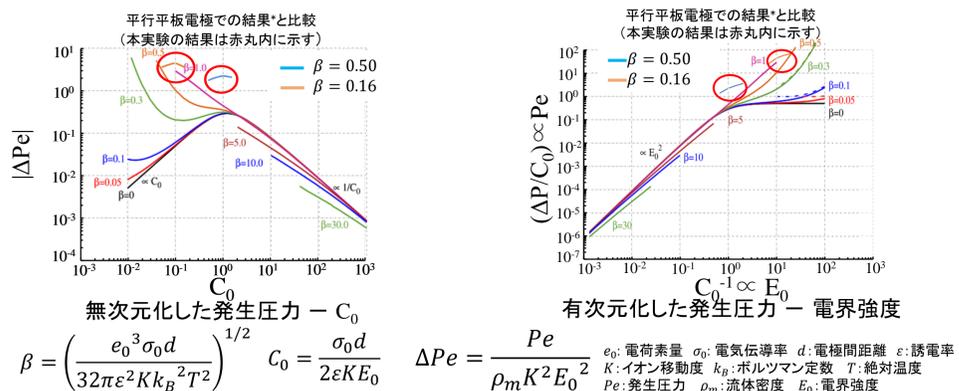
### 実験結果

- 電極寸法をマイクロ化することで発生圧力は大きくなる  
⇒ 電極対数の増大により、ポンプ効率が向上した可能性
- 流路高さは低いほど発生圧力は大きくなる  
⇒ クーロン力が流路全体にわたって作用

4

## 発生圧力の数値解析結果

COMSOLを用いて電気流体解析を行い、得られた発生圧力を無次元数  $C_0$  を用いて整理した。



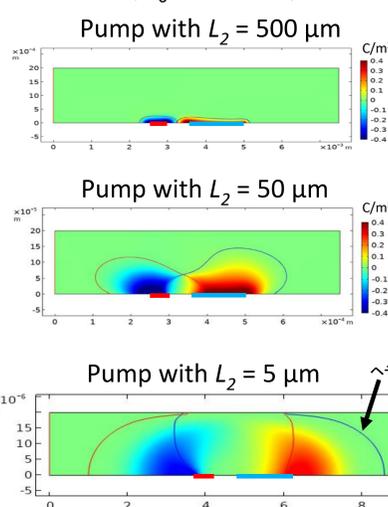
- $C_0$  は Conduction number と呼ばれ、イオンが電極間を移動するのにかかる時間とイオンが再結合する時間の比である。
- $\beta$  は解離傾向を表す無次元数であり、大きいほど解離イオンが生じやすくなる。

\*P.A. Vazquez et al, Physics of Fluid 31, 113601 (2019)

5

## 電荷密度分布

### Charge density distribution ( $E_0 = 6\text{kV/mm}$ )



### 正負のヘテロチャージ層長さ

	Heterocharge layer length (left) (μm)	Heterocharge layer length (right) (μm)	ratio
$L_2 = 500 \mu\text{m}$	1020	1910	1 : 1.873
$L_2 = 50 \mu\text{m}$	281	316	1 : 1.125
$L_2 = 5 \mu\text{m}$	53.1	53.6	1 : 1.009

- 先行研究\*で観測された、ヘテロチャージ層の重なりが観測された。
- ポンプのスケールが低下するに従い、ヘテロチャージ層の非対称性も低下した。

\*P.A. VÁZQUEZ, M. TALMOR, J. SEYED-YAGOUBI, et al, In-depth description of electrohydrodynamic conduction pumping of dielectric liquids: Physical model and regime analysis Physics of Fluids 31, 113601 (2019).

6