令和2年度EIIRISプロジェクト研究成果報告会　2020年2月26日

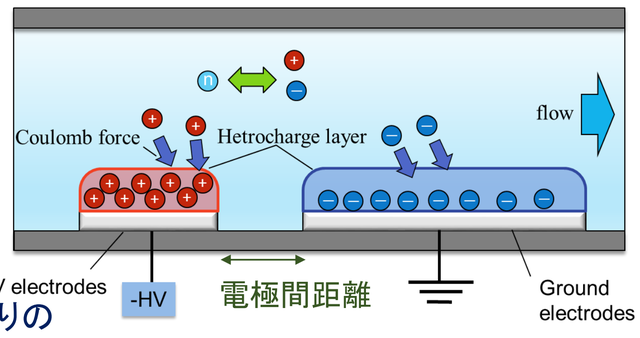
マイクロスケールEHDポンプ特性の解明

プロジェクトメンバー：機械工学系　内藤 駿一、西川原 理仁、柳田 秀記、横山 博史
JAXA　宮北 健、澤田 健一郎

緒言

EHD(Electro Hydro Dynamic) 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動力源とするポンプ
- 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



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明確にはされていない。

EHDポンプ原理(Conduction)

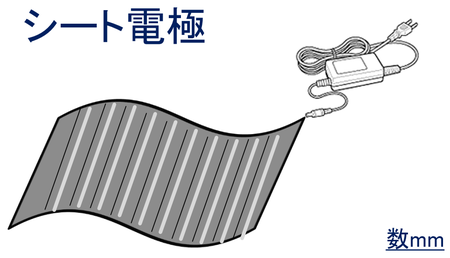
*横田、マイクロ液圧、第68回精研シンポジウム、pp. 35-50,2015.

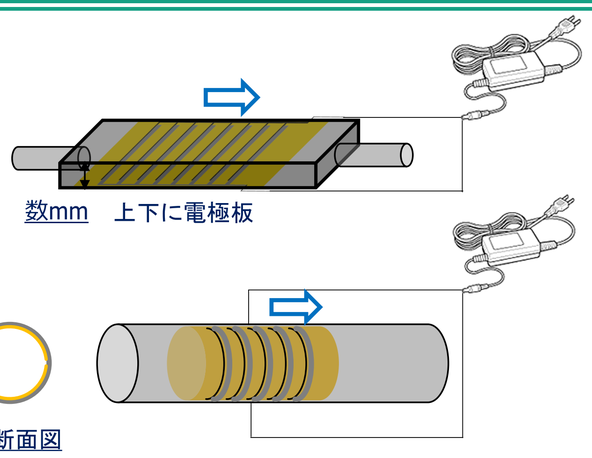
目的

微細加工技術(MEMS)によって、電極間距離が数百μm～数μm以下の電極形状を製作し、マイクロEHDポンプ特性におけるスケールの影響を調査する。

最終的なデバイスのイメージ

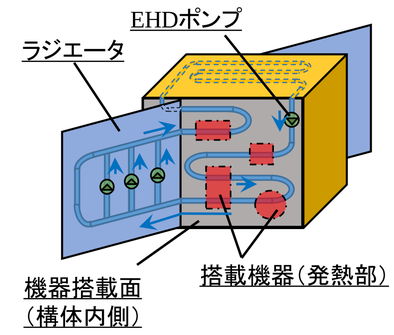
- 平面電極
- チューブ形状
- シート電極





応用対象

- 超小型衛星での熱制御デバイス
- 電子機器冷却
- インクジェットプリンタ、生化学分析など



電極形状設計

コンセプト

- 先行研究*の寸法比をもとに決定
- 電界強度10 kV/mmが 5VのACアダプタで実現できるようにGap(L2)を決定

$$L_2 = \frac{V}{E} = \frac{5(V)}{10(kV/mm)} = 0.5\mu m$$

*M.R. Pearson, J. Seyed-Yagoobi, Electrohydrodynamic Conduction Driven Single- and Two-Phase Flow in Microchannels With Heat Transfer, Journal of Heat Transfer. 135 (2013) 101701.

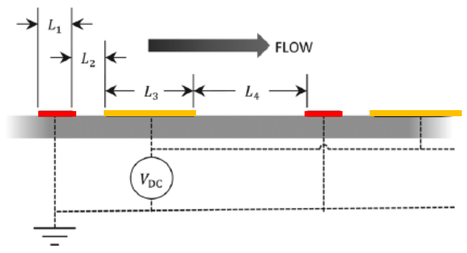


Fig. 3 Schematic of electrode dimensions and electrical connections M.R. Pearson, J. Seyed-Yagoobi, Experimental Study of Linear and Radial Two-Phase Heat Transport Devices Driven by Electrohydrodynamic Conduction Pumping, Journal of Heat Transfer. 137 (2014) 022901.

概略図 (*電極ペア数は省略)

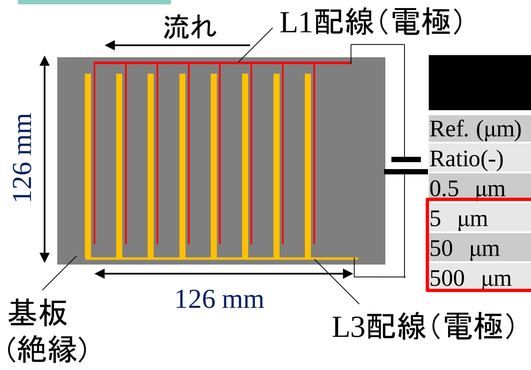


Table 電極寸法

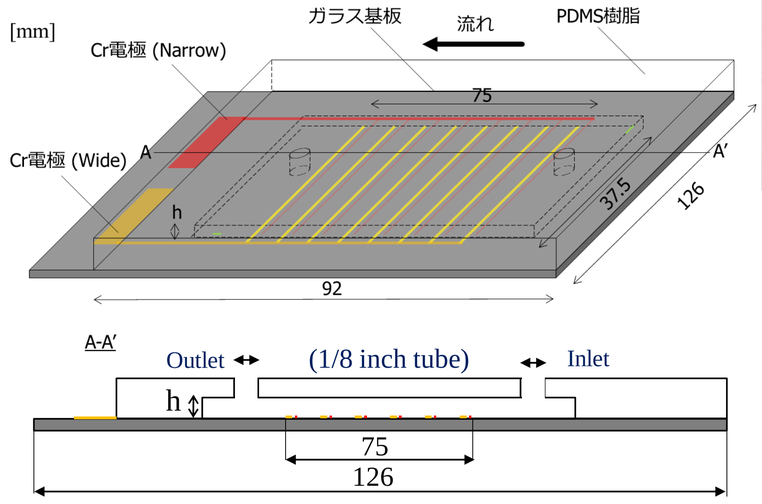
	L1 (narrow)	L2 (gap)	L3 (wide)	L4 (pair pitch)	pair n0
Ref. (μm)	127	127	381	1270	9
Ratio(-)	1	1	3	10	
0.5 μm	0.50	0.50	1.50	5.00	10000
5 μm	5	5	15	50	1000
50 μm	50	50	150	500	100
500 μm	500	500	1500	5000	10

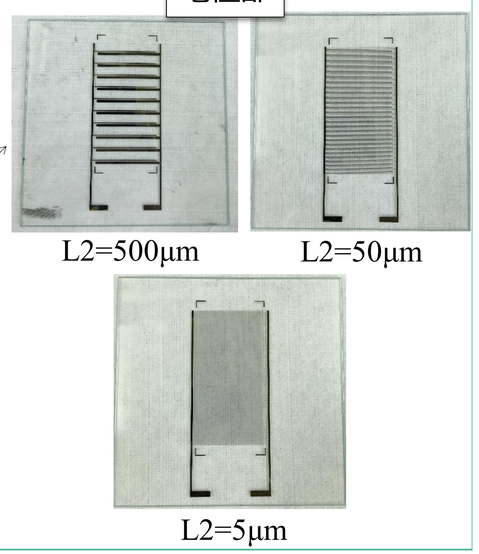
フォトリソグラフィによって作成
ギャップ幅：これまでの最小
流路高さ：ギャップの4倍(Ref.*にならって)
長さ、幅：マスク製作の照射領域の制約より

試作したポンプ

試作ポンプの主要寸法

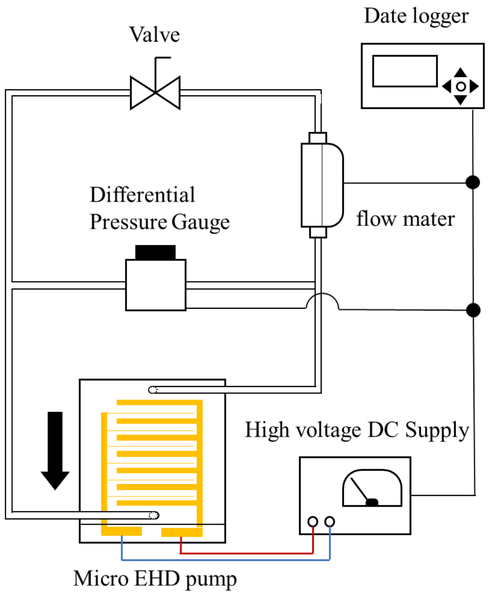
EHD現象が作用する領域
37.5 x 75 x h (mm3)





① 5inch四方のクロム乾板上に電極をパターニング
② PDMS樹脂を鋳型に流し込み、流路カバーを形成する
③ PDMS流路カバーをガラス基板と接着させることによりシールする
④ 流路接続方法は、1/8inchを差し込む

実験方法



目的

相似形状のマイクロEHDポンプに電圧を印加し、電極スケールや流路高さがポンプ特性に及ぼす影響を調査する。

実験内容

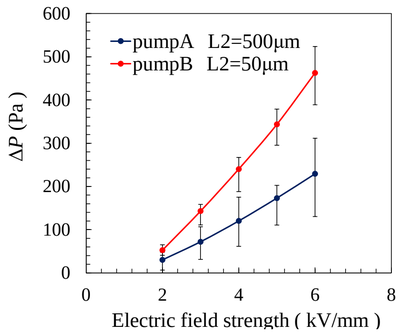
①ポンプ内をフッ素系冷媒であるVertrel XFで満たす
②各電極に電解強度1～6 kV/mmとなる電圧を印加
③データロガーにより発生圧力，電流値を測定する。

Table Vertrel XF物性値(25℃)*

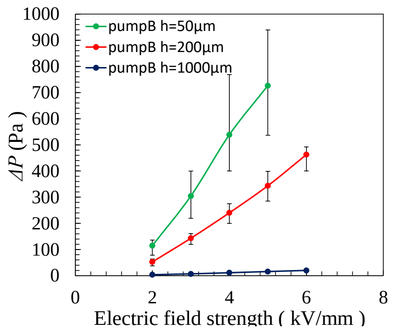
Physical properties	Vertrel XF ($C_5H_2F_{10}$)
Boiling point [℃]	55
Freezing point [℃]	-80
Density : ρ_f [kg/m^3]	1580
Conductivity : σ [S/m]	3.45×10^{-8}
Relative permitivity : ε [-]	7.2
Viscosity : μ_f [mPa・s]	0.67

*Vertrel Technical Information，三井・デュポンフロロケミカル株式会社
https://www.chemours.com/Vertrel/en_US/assets/downloads/pdf/vertrel-xf-technical-information.pdf

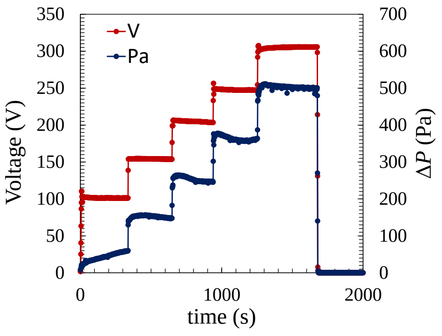
実験結果と今後の予定



○電極スケールによる圧力変動



○流路高さによる圧力変動



○電圧印加時の圧力変動(pumpB)

実験結果
・電極寸法をマイクロ化することによって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渡って作用

今後の予定

各ポンプにおける流量を測定し，PQ曲線により評価を行う予定
また，さらに小さい電極スケールのEHDポンプ(L2=5μm)も試作・実験予定