

マイクロスケールEHDポンプの開発

プロジェクトメンバー: 機械工学専攻 木佐 貴 陸久
 機械工学系 横山 博史、倉石 孝
 名古屋大学 西川 理仁



緒言

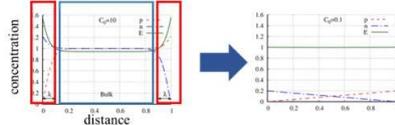
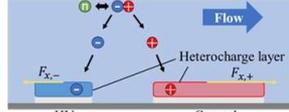
EHD pump [Electrohydrodynamics pump]

絶縁性の液体中で高電界を印加した際にクーロン力により生じる流動現象を利用したポンプ

- 利点**
- ・機械的可動部が不要
 - ・低振動・低騒音

原理 (コンダクション現象)

電極上にヘテロチャージ層が形成。
 電極形状の非対称性によってクーロン力が非対称になることで流れを生む



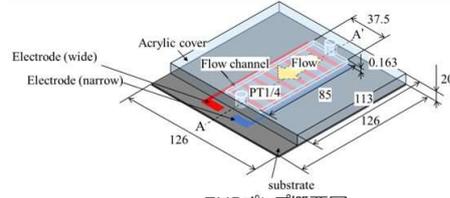
P.A. VÁZQUEZ, M. TALMOR, J. SEYED-YAGOOBI, et al, Physics of Fluids, 2019

研究背景

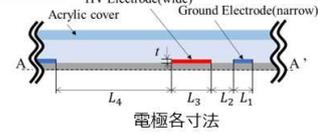
スケールが小さくなることでHV側とGround側のヘテロチャージ層が重なる

→マイクロスケールEHDポンプを製作し実験を行い、数値解析を用いてポンプ特性を調査する

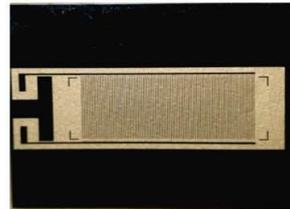
EHDポンプ



EHDポンプ概要図
 流路幅 : 37.5 mm
 電極対数 : 100対
 作動流体 : Novec7100



[μm]	Dimensions
L ₁	45.8 ± 1.03
L ₂	53.9 ± 0.92
L ₃	146.2 ± 0.76
L ₄	504.6 ± 0.81
t	0.395 ± 0.013



作製した電極



数値解析手法

解析条件

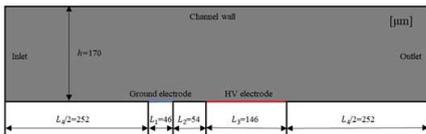
仮定: 定常, 層流, 非圧縮性, 外力はクーロン力のみ
 解析対象: 電極1対

支配方程式

流れ場: 連続の式, クーロン力を加えたナビエ・ストークス方程式
 電場: ガウスの法則, 解離電荷に電荷の保存則

作動流体各物性値

Physical properties	Novec7100[19°C]
Density ρ [kg/m ³]	1494
Conductivity σ [S/m]	1.4×10^{-8}
Ionic mobility μ_i [m ² /(V·s)]	1.4×10^{-3}
Relative permittivity ϵ [-]	6.9
Viscosity μ_f [Pa·s]	0.00074



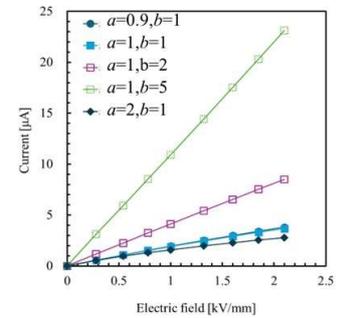
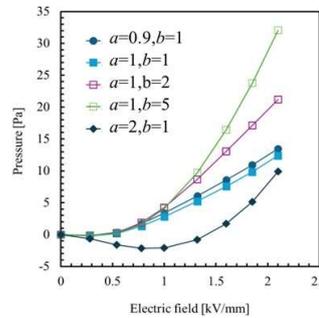
解析モデル

イオン移動度と導電率の影響

流体物性値 (イオン移動度と導電率) の倍率を変更することでイオン移動度と導電率の影響を調査

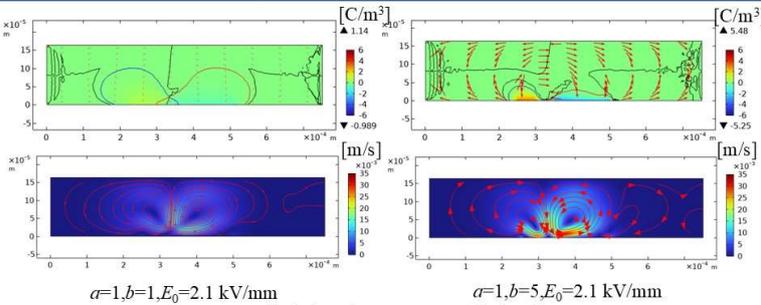
イオン移動度倍率: $a = 0.9, 1, 2$
 導電率倍率: $b = 1, 2, 5$

- ✓イオン移動度の増減による差圧, 電流の影響は微小
- ✓導電率の増加に伴い, 差圧も上昇



電界強度に対する差圧と電流

イオン移動度と導電率の影響



$\alpha=1, b=1, E_0=2.1$ kV/mm $\alpha=1, b=5, E_0=2.1$ kV/mm

Top: 電荷密度分布, Bottom: 速度分布

✓導電率が増加するとヘテロチャージ層厚さが減少

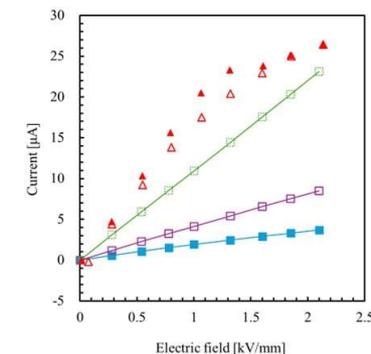
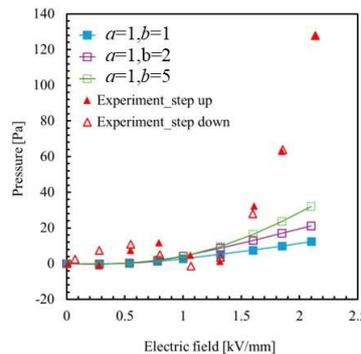
$$\text{ヘテロチャージ層厚さ} : \lambda_h \approx \mu_i E_0 \tau_\sigma = \mu_i E_0 \frac{\epsilon}{\sigma}$$

μ_i : イオン移動度 ϵ : 誘電率
 E_0 : 電界強度 σ : 導電率
 τ_σ : 緩和時間

✓電荷密度が増加することでクーロン力が増加

実験結果と数値解析の比較

- ✓0.28-1.32 kV/mm の範囲では解析値と実験値で概ね一致
- ✓1.6-2.1 kV/mm の比較的高電界で実験値 (差圧) が大きく乖離
- 高電界領域で差圧が上昇していることから原理としているコンダクション現象+イオンドラッグ現象が起こっている可能性が挙げられる



電界強度に対する差圧と電流

技術を究め、技術を創る

国立大学法人 豊橋技術科学大学

