T2R2 東京工業大学リサーチリポジトリ
Tokyo Tech Research Repository

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	電界共役流体（ECF）駆動形マイクロシリンジポンプの開発
Title(English)	Development of Microsyringe pumps Actuated by ECF(Electro Conjugate Fluid)
著者(和文)	松原竜也
Author(English)	Tatsuya Matsubara
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11588号, 授与年月日:2020年9月25日, 学位の種別:課程博士, 審査員:金 俊完,吉田 和弘,柳田 保子,松村 茂樹,吉岡 勇人,石田 忠
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11588号, Conferred date:2020/9/25, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

Powered by T2R2 (Tokyo Institute Research Repository)

（博士課程）

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第　　号		学位申請者氏名	松原　竜也	
論文審査 審 査 員		氏　名	職　名	氏　名	職　名
	主査	金　俊完	准教授	吉岡 勇人	准教授
	審査員	吉田　和弘	教授	石田 忠	准教授
		柳田 保子	教授		
		松村 茂樹	准教授		

論文審査の要旨（2000 字程度）

本論文は，「電界共役流体（ECF）駆動形マイクロシリンジポンプの開発」と題し，以下の６章から構成されている．

第１章「緒論」では，化学実験をマイクロ流路チップ上で行うラボオンチップや臓器の機能をチップ上に再現するオーガンオンチップは，反応速度の向上，試薬やサンプル量の低減などの特長を有する一方で，チップ外にある大形のシリンジポンプがシステム全体の小形化を妨げていると指摘している．また，シリンジポンプの単純な小形化は，機械的な摺動部の寸法効果による相対的な摩擦の増大のため，その実現に問題があると述べている．この問題を解決するため，本研究では，水溶液と混ざらない電界共役流体（ECF，Electro-Conjugate Fluid）に直流電圧を印加してジェット流を発生させることで，数 μL/min の微少な流量で水溶液を送液できる 25 mm × 25 mm サイズのマイクロシリンジポンプの実現を目指すと述べている．

第２章「三角柱電極対向形 ECF マイクロポンプの開発」では，通常のシリンジポンプと同様に ECF を両方向に流動させる必要性から，一方向のみの流動を目的とした従来の三角柱－スリット形電極対の電極配置を変更し，スリット電極を共有しながら二つの三角柱電極を対向させる新たな三角柱電極対向形 ECF マイクロポンプを提案している．また，このポンプでは，対向する三角柱電極への印加電圧をスイッチングすることで ECF ジェット流の向きを切り替えられる可能性があると述べている．この ECF マイクロポンプをフォトリソグラフィおよび電鋳技術を用いて試作し，発生圧力および流量を実験的に評価することで両方向への流動が同等の性能を有することを明らかにしている．また，ステップ応答実験および周波数応答実験を行い，その動特性を明確にしている．

第３章「ノズルーディフューザ形流路を用いた ECF 駆動形マイクロシリンジポンプの開発」では，機械的な摺動部のないマイクロシリンジポンプを実現するため，（１）三角柱電極対向形 ECF マイクロポンプ，（２）シリンジを構成する水溶液と ECF の界面およびマイクロ流路，（３）摺動部を有しないバルブ要素としてノズルーディフューザをワンチップに集積した ECF 駆動形マイクロシリンジポンプを提案している．試作したデバイスでは，ECF が水溶液との界面を維持しながら水溶液を往復運動させ，数 μL/min の送液に成功しているものの，ノズルーディフューザの整流特性が低いことと製作誤差の影響が大きいことから高精度・高効率の送液には限界があることを明らかにしている．この結果から，送液の精度と効率を向上させるために，流れのオンオフ制御を行うアクティブバルブの必要性を指摘している．

第４章「ECF 駆動形アクティブバルブの開発」では，流れのオンオフ制御の実現のため，PDMS（ポリジメチルシロキサン）膜を ECF マイクロポンプの発生圧力で変形させ，ポートを塞ぐことで機能する ECF 駆動形アクティブバルブを提案している．（１）水溶液用 PDMS 流路，（２）PDMS 膜，（３）ECF 用 PDMS 流路，（４）ECF ジェット用電極対を有するガラス基板から構成されるデバイスを有限要素解析に基づき設計し，その製作に成功している．製作したデバイスの評価実験により，弁体となる PDMS 膜を十分に変形させるために必要な圧力とその印加電圧を明らかにしている．また，バルブ閉鎖時の耐圧力と ECF 駆動形アクティブバルブへの印加電圧の関係を明らかにし，その有効性を実証している．

第５章「アクティブバルブを集積した ECF 駆動形マイクロシリンジポンプの開発」では，低精度・低効率の要因であったノズルーディフューザの代わりに第４章で開発したアクティブバルブを採用した ECF 駆動形マイクロシリンジポンプを提案している．試作したデバイスには，バルブ駆動用と水溶液の吸入・吐出用の 2 種類の ECF マイクロポンプがあり，各ポンプに必要な印加電圧とその特性を明らかにしている．送液対象として着色水を用いた実験において，バルブの開閉と水溶液の吸入・吐出のための印加電圧を同期させることで，微少な流量の水溶液を高精度かつ高効率に送液できることを示し，提案したマイクロシリンジポンプの有効性を実証している．

第６章「結論」では，本研究で得られた結果を総括するとともに今後の課題について述べている．

以上要するに本論文は，機械的摺動部のないマイクロシリンジポンプを実現するため，（１）駆動源として三角柱電極対向形 ECF マイクロポンプ，（２）シリンジとして ECF と水溶液の界面を有するマイクロ流路，（３）整流要素として ECF 駆動形アクティブバルブを融合することを提案し，これらをチップ上に集積した ECF 駆動形マイクロシリンジポンプを実現し，その有効性を明らかにしたもので，工学上ならびに工業上寄与するところが大きい．よって，本論文は博士(工学)の学位論文として十分に価値があるものと認められる．（2054 文字）

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ（T2R2）にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。