

論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)	氏名	佐藤 友美
学位授与の要件	学位規則第4条第1・②項該当		
論 文 題 目			
Study on Integration Technology of Flow Cytometry Chip (フローサイトメトリーチップ集積化技術に関する研究)			
論文審査担当者			
主 査	教 授	横 山	新
審査委員	教 授	岩 坂	正 和
審査委員	教 授	東 清	一 郎
審査委員	医歯薬保健学研究科教授 秀 道広		
審査委員	東京大学教授 三 宅 亮		
〔論文審査の要旨〕			
<p>サンプル液中の微小粒子を高速に分析する技術としてフローサイトメトリーが知られている。これは液中に含まれる粒子を一系列に配列して流し、短時間で大量の数の粒子を計測することができる技術であり、多様な粒子中に混在する数少ない粒子の存在を高い精度で捉えることができる。近年、血液像の検査のみならず、がん細胞の検出や培養細胞の評価まで、医療から基礎科学に至る幅広い分野で利用されており、基盤的なツールになりつつある。既に据え置き型サイズ（～幅数十cm）の装置（フローサイトメータ）が商用化されているが、今後オンサイトでの水質検査や、ベッドサイドでの迅速検査など、より身近な用途や場所での利用拡大を図っていくためには、粒子の染色反応などの前処理系も含めたシステム全体の大幅な集積・小型化、低コスト化を進める必要がある。現在のフローサイトメータの心臓部であるシースフローセルは、全体の長さが数 cm 程度、二重管構造となっており、円筒状のガラス管内の中央にサンプル液吐出用のノズルを配置し、その下流に細い毛細管を繋いだ構造となっている。このようなガラス管を複雑に組み合わせた構造では、これ以上に小さくすることは相当に困難である。システム全体の小型化、低コスト化のためには前処理系とフローセルをリソグラフィなどの微細加工技術を用いて一体で形成・集積化することが理想的である。本研究では手のひらに載るほどの超小型・低コストのフローサイトメータの実現を目標とし、シースフロー形成を実現するための3次元マイクロ流路簡易形成法に関する研究、前処理系とフローセルとの整合・集積化技術に関する研究、およびフローサイトメトリーチップを実装した超小型フローサイトメータの汎用展開性について検討した。</p> <p>第1章では、フローサイトメトリーチップ集積化技術に関する研究背景と目的について述べた。</p> <p>第2章では、シースフロー形成のメカニズムについて整理し、これまでの研究事例の調査により課題を抽出した。これをもとに、簡易に立体的な流路を形成する手法、具体的にはジメチルポリシロキサン (PDMS) 材料の弾性変形性を利用した振りマイクロ流路を新たに提案し、有限要素法による解析においてシースフロー形成が予測されたことを述べた。</p> <p>第3章では、3次元流路網簡易形成法で構築するシースフローセルの諸元決定法について述べた。また、粒子の速度からシースフロー形成を予測する方法を提案し、設計諸元を</p>			

もとに試作したマイクロ流路を用いて、速度の頻度分布を計測した結果から、振りフローセルにおいてシースフローが形成されていることについて述べた。

第4章では、前処理系とシースフローセルのサンプル流路を連続した一本の流路で繋いだチップに集積化する場合（フローサイトメトリーチップ）の整合の取り方や、流量設定などの運用条件に関する設計法について述べた。

第5章では、超小型フローサイトメータの実現に向けて、光学系としてLEDとPT (Photo Transistor) を用いた超小型・低コストのフローサイトメータの実現可能性を示した。

第6章では、本研究の要のプロセス技術であり、著者が新たに提案した3次元マイクロ流路網の簡易形成法の一般的なマイクロ流体システムへの展開性について述べた。また、手のひらサイズの超小型フローサイトメータ実現に向けて、LED・PTによる簡易光学系を用い、実際に粒子計測を行い、超小型化への実現可能性を示した。

以上のように、本論文は、従来、据え置き型が常識であったフローサイトメータの可搬・オンサイト利用を可能とするために、核部分のチップ化及び集積化技術を提案し、その試作・評価を通して有効性を立証した点において、学問的および工学的意義が大きい。よって、本論文の著者は、博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。