

審査の結果の要旨

氏名 篠原 恭介

本論文は、集積化学プロセスなどに用いられるマイクロ流体デバイス対して、その内部を流動する流動場の新しい計測手法を開発するとともに、マイクロ流体デバイス内部での結晶合成を行い、様々な結晶を生成するとともに、その物理的な特性に関する評価について論じたものである。本論文は4章で構成されている。

第1章では、本研究の動機と目的について述べている。集積化学プロセスなどに用いられるマイクロ流体デバイスの現状をまとめるとともに、流動場の計測手法に関する研究の現状や材料合成に関する研究の現状をまとめている。これを踏まえて、本研究で目的とする、マイクロ流体デバイスに対する流動計測手法開発と結晶合成応用の課題を示すと共に、本研究の位置づけを明確化している。

第2章は本研究で開発された3種類のマイクロ流体デバイス流動計測手法について記している。まず、マイクロ流体デバイス中の化学反応をpH分布として捕らえるため、マクロスケールの流体計測手法であるレーザー誘起蛍光法(LIF)をマイクロ流動に応用する事を提案している。その手法の開発について記した後、 $100\mu\text{m}$ チャンネルにおける塩酸・水酸化ナトリウム水溶液による中和反応を計測し、化学反応によって拡散が大きくなる現象を定量的に明らかにしている。2番目の手法として、マイクロ粒子画像流速測定法(マイクロPIV)手法に、高解像度高速度ビデオカメラを応用することを提案し、マイクロ流動デバイス内部の速度分布変動を時系列で計測する手法を開発した。この手法を、水・油対向流の界面近傍流動挙動を計測し、その有効性を確認している。この手法は空間方向の解像度を保ったまま、時間方向への計測量の拡大するものである。3番目の手法は、2番目の手法の時間方向への拡張を空間方向(奥行き方向)へ計測に拡大し、平均量ではあるが、3次元3成分速度分布計測手法を提案している。対物レンズをピエゾで移動させることによって奥行き方向の多断面を時系列で取得し、その情報から水平方向の情報に加えて、奥行き方向の速度分布を計測する手法を提案している。本手法を $95\mu\text{m}$ の円管内速度分布計測に応用し、ポアズユフローが正しく計測できることを確認している。

第3章ではマイクロ流路の特性を生かし、微小空間におけるフラーレン(C60)

の結晶合成について記している。従来、フラスコで行われている貧溶媒・富溶媒界面に析出する C60 結晶生成をマイクロ流動場に応用し、マイクロチャンネル内で結晶生成を行うことに成功している。温度や貧溶媒を変化させることで、様々な結晶を生成できる事を示し、これらのある種の相図としてまとめている。また、条件によっては、二流体の混合部からの結晶成長をする状況を実時間で観測し、二流体の速度の関数として結晶成長速度や結晶幅などの情報を得ている。さらに、得られた結晶について、ラマン分光、蛍光発光挙動などを計測することで、生成された結晶中に貧溶媒分子がトラップされている可能性について示している。

第4章は結論であり、本論文で得られた成果をまとめている。

以上のように、本論文は、マイクロ流体デバイスにおける、流体挙動計測法として、3種類の新しい計測手法を提案し、その有効性を確認するとともに、マイクロ流体デバイスを用いたフラーレン結晶合成を行い、その特性について評価を行った研究であり、システム量子工学、特にマイクロ流体工学の発展に寄与することが少なくない。よって、本論文は博士(工学)の学位請求論文として合格と認められる。