Osaka University Knowledge Archive

Title	Particle Position Measurement in Micro Channel Using Plastic Optical Fiber Array
Author(s)	奥田, 一郎
Citation	大阪大学, 2014, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/34537
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

Osaka University

様式３

論　文　内　容　の　要　旨

氏　名　（　奥　田　一　郎　）	
論文題名	Particle Position Measurement in Micro Channel Using Plastic Optical Fiber Array （プラスチックオプティカルファイバアレイを用いた微小流路内での粒子位置の計測）

論文内容の要旨

再生医療、創薬などのバイオテクノロジーや化学のさまざまな分野で、マイクロ流体デバイスの利用が拡がっている。これら分野への応用にマイクロ流体デバイスに適合したセンサが必要である。機械センサ、電磁センサ、画像センサ、光センサなどの適用が考えられるが、光センサは、電気的ノイズに影響されず非接触に計測でき、高速性に優れている。本論文では、光ファイバの一種であるプラスチックオプティカルファイバ (POF) をアレイ状に配置し、微小流路内での粒子の位置を計測する光センサを提案する。従来、光ファイバを用いた計測では受光するビーム径を誤差として許容し、対称形状のビーム断面内にある粒子の位置を確定することが出来なかったが、本センサは、POFをアレイ状に配置することで微小流路内を広範囲に計測できる。本論文では、隣接する２本のPOFを用いてビーム断面内にある粒子位置を計測、また隣接する３本のPOFを用いて３次元方向に粒子位置を計測できることを示す。

ポリジメチルシロキサン (PDMS) チップ上にソフトリソグラフィで作成した微小流路を挟んでPOFアレイを対向に配置し、半導体レーザと増幅器内蔵のフォトICダイオードを接続した。POFアレイに光を照射し、粒子による出力光量の減少値から粒子位置を計測した。提案するセンサで、微小流路内を流れる十数μmから100 μmまでの粒子の位置を計測できることを確認した。外径250 μm、コア径240 μmのPOFを１層のアレイ状に配置し、幅200 μmの微小流路内を速度250 μm/sで移動する粒子の位置を計測した。微小流路を挟んで対向するPOFの光軸のずれによる影響を計算および実験で検証した。光軸のずれによる影響を校正することで、隣接する２本のPOFの出力光量から流れ方向および深さ方向の粒子位置を計測できることを確認した。次に、深さ方向に整列、または、流れ方向にPOFの半径分ずらした２層のPOFアレイ用いて、幅300 μmの微小流路内を移動する粒子の位置を計測した。縦方向および深さ方向に隣接する３本のPOFの出力光量を用いて粒子の位置を計算し、光軸のずれによる影響を校正することで、流れ方向、深さ方向、幅方向の３次元の計測ができることを確認した。POFアレイに半径分のずれがあるような作成が容易なセンサにおいても、粒子の位置を３次元で計測できた。さらに、粒子がビーム内で流路の幅方向に重ならないことを条件に、複数の粒子の位置を同時に計測する方法を考案した。隣接するPOFの領域に２個の粒子がある場合において、隣接する３本のPOFの出力値をそれぞれ２回サンプリングし、６元連立方程式の最適解から２個の粒子の位置を得られることを確認した。CCDカメラで撮影した粒子の画像と本センサで計測した粒子の位置を比較検証し、粒径の5%以下の誤差で計測できることを確認した。本センサは、胚操作の自動化で行われる卵細胞とドナー細胞のカプリング工程で、細胞の位置計測に適用が可能である。また、マイクロ流体デバイス以外にもさまざまな用途が考えられる。

様式7

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名　（　奥　田　一　郎　）		
論文審査担当者	（職）	氏　名
主 査	教 授	新 井　健 生
副 査	教 授	佐 藤　宏 介
副 査	教 授	石 黒　浩

論文審査の結果の要旨

本論文では、光ファイバの一種であるプラスチックオプティカルファイバ (POF) をアレイ状に配置し、微小流路内での粒子の位置を計測する光センサの構成法と評価について論じている．光ファイバを用いた計測では受光するビーム径を誤差として許容し、対称形状のビーム断面内にある粒子の位置を確定することができなかったが、提案されたセンサは、POFをアレイ状に配置することで微小流路内を広範囲に計測できることが特徴である。本論文では、隣接する２本のPOFを用いてビーム断面内にある粒子位置を計測、また隣接する３本のPOFを用いて３次元方向に粒子位置を計測できることが示された。具体的な構成法は，リジメチルシロキサン (PDMS) チップ上にソフトリソグラフィで作製した微小流路を挟んでPOFアレイを対向に配置し、半導体レーザと増幅器内蔵のフォトICダイオードに接続されている。POFアレイに光を照射し、粒子による出力光量の減少値から粒子位置が計測可能となる。提案するセンサで、微小流路内を流れる十数μmから100 μmまでの粒子の位置を計測できることを確認された。外径250 μm、コア径240 μmのPOFを１層のアレイ状に配置し、幅200 μmの微小流路内を速度250 μm/sで移動する粒子の位置を計測し，微小流路を挟んで対向するPOFの光軸のずれによる影響を計算および実験で検証している。また，光軸のずれによる影響を校正することで、隣接する２本のPOFの出力光量から流れ方向および深さ方向の粒子位置を計測できることも確認された。

次に、深さ方向に整列、または、流れ方向にPOFの半径分ずらした２層のPOFアレイ用いて、幅300 μmの微小流路内を移動する粒子の位置を計測する手法が提案されている。縦方向および深さ方向に隣接する３本のPOFの出力光量を用いて粒子の位置を計算し、光軸のずれによる影響を校正することで、流れ方向、深さ方向、幅方向の３次元の計測ができることを確認された。POFアレイに半径分のずれがあるような作製が容易なセンサにおいても、粒子の位置が３次元で計測できることが示された。さらに、粒子がビーム内で流路の幅方向に重ならないことを条件に、複数の粒子の位置を同時に計測する方法が考案され，隣接するPOFの領域に２個の粒子がある場合において、隣接する３本のPOFの出力値をそれぞれ２回サンプリングし、６元連立方程式の最適解から２個の粒子の位置を得られることが確認された。CCDカメラで撮影した粒子の画像と本センサで計測した粒子の位置を比較検証し、粒径の5%以下の誤差で計測できることが確認された。提案されたセンサは、胚操作の自動化で行われる卵細胞とドナー細胞のカプリング工程で、細胞の位置計測に適用することが可能であり，マイクロ流体デバイス以外にもさまざまな用途が考えられる。

以上の通り，本論文では流路内を流れる微小粒子を精度よく位置計測する手法を提案しており，センサの構成法や精度評価を通じて学術的にも実用面でも意義のある成果が示されており，博士（工学）の学位論文として価値のあるものと認める。