

論文内容の要旨

博士論文題目 パルスレーザーをアシストに用いた光ピンセット法の開発

氏名 前田 紗希

(論文内容の要旨)

光ピンセットは、光の放射圧を利用して微小物体を非接触かつ非破壊で捕捉・操作する技術である。近年、生命科学分野の研究において、細胞内での光ピンセット操作 (in vivo 光ピンセット操作) が求められている。しかし、従来の光ピンセットでは捕捉力が小さいため粘度の高い細胞中での操作が困難であった。本研究では、細胞内での光ピンセット操作を想定し、短時間に強力な放射圧を発生させることで捕捉力を強化して、粘性媒質中での光ピンセット操作を可能にするために、Pulse-Laser-Assisted optical Tweezers (PLAT) と名付けた新しい手法を開発した。

本手法は、通常用いられる光ピンセット用の CW レーザービームに加えて、パルスレーザービームを同軸入射することによって、パルス光の持つ瞬間的に高いエネルギー密度を利用して強力な力を発生させることを特徴としている。この力を利用することで、水中での光ピンセット操作中に微小物体の吸着等で操作困難になった対象物を再び操作可能にすることに成功した。

本手法の有用性を検証するため、カバーガラス基板および細胞表面に吸着した粒子の取り外し実験を行い、パルスレーザーのパルス幅を 6 ns から 150 μ s に伸長させることで、確実に吸着粒子を取り外せることを示した。また、パルス幅の伸長が誘電破壊現象の抑制にも効果があることを明らかにした。さらに、操作時の入射エネルギーを小さくして細胞へのダメージを減らすために、本手法の最適パルス幅の算出を行い、新たに 160 ns のパルス幅を持つパルスレーザーを作製した。その結果、パルス幅 150 μ s のパルス光に比べ、入射エネルギーを約 60 分の 1 に抑えられることを示した。これらの実験結果に基づき、パルスアシスト光ピンセットにおいて使用するパルスレーザーのパルス幅について、ns オーダーからサブ ms オーダーの範囲で見込まれる効果を整理し、用途毎に選択すべきパルス幅について指針を示した。

氏名	前田 紗希
----	-------

(論文審査結果の要旨)

平成24年3月30日に開催した公聴会の結果を参考に、平成24年5月29日に本博士論文の審査を実施した。

以下に述べる通り、本博士論文は、本学位申請者が情報科学の生命機能計測応用分野で研究開発活動が続けていくために必要な素養を備えていることを示すものである。

前田紗希は、本博士論文において、短時間に強力な放射圧を発生させることで捕捉力を強化して、粘性媒質中での光ピンセット操作を可能にするために、Pulse-Laser-Assisted optical Tweezers (PLAT) と名付けた新しい手法を開発した。この手法は細胞内での光ピンセット操作を可能し、生命科学研究分野に新しい実験手法を拓くことが期待できる。

論文は大きく2つの部分からなる。まず、通常用いられる光ピンセット用のCW(連続波)レーザービームに追加して、瞬間的に高いエネルギー密度を持つパルスレーザービームを同軸入射することによって、必要なときだけ強力な力を発生できる装置を開発した。そして、ガラス基板および細胞膜に吸着した粒子の取り外し実験によってその有効性を明らかにした。つぎに、誘電破壊を生じない範囲で最適なパルスアシスト効果を示すパルス幅とピークパワーについて考察し、用途毎に選択すべきパルス幅について指針を示した。これらのアイデアの新規性は高く評価できる。

本論文で提案された、Pulse-Laser-Assisted optical Tweezers システムの着想と開発は、情報工学と光学の境界領域における生命機能計測学の発展に大きく貢献するものである。よって、本論文は、博士(工学)の学位論文として十分な価値があるものと認める。