

半導体レーザーによる光ピンセットシステムの捕捉効率向上に関する検討

Improvement of trapping efficiency in laser diode optical tweezer

© 前田高嗣¹鈴木孝昌¹佐々木修己²

Takatsugu Maeda

Takamasa Suzuki

Osami Sasaki

新潟大学大学院自然科学研究科¹新潟大学工学部²Niigata University Graduate School of Science and Technology¹Niigata University Faculty of Engineering²

1. はじめに

光ピンセットシステムとは、ミクロンオーダーの微小物体（主に透明な微小球）に集光したレーザー光を照射し、その物体を三次元的に捕捉する技術である¹⁾。

この技術に用いられる光源は一般的に固体レーザーやガスレーザーである。これらはいずれもサイズが大きく、また価格も高いため手軽さに欠けてしまう。

このような理由からこの研究では安価で小型な半導体レーザー（以下、LDと略する）を光源に用い、小型で扱いやすい装置を実現することを目指した。また、それと同時にLDをパルス発光させ、発光条件と捕捉力の関係についての調査を行い、システムの捕捉効率の向上についての検討を行った。

2. システムの概要

光ピンセットシステムを実現するためには、まずレーザー光を数 μm 程度にまで絞り込む必要がある。そのために、光ピックアップ（光ディスクの記録・再生部品）と呼ばれる既存の技術を応用することとした。

システムの概略は図1に示すように顕微鏡が土台となる。XYステージを用い捕捉物体を微小操作し、ステージ下に取り付けた光ピックアップユニットで物体を捕捉する。そしてその様子を顕微鏡に付けたCCDで観察する。

また、元々の光ピックアップユニットに付いていたLDは直径 9ϕ の規格のものであったため、汎用性が増すように現在主流である 5.6ϕ のものを使用できるように改良を施した。このLDは物体をより捕捉しやすくするために、パルス発光をさせパワーを上げている。また、その時、CCDが飽和してしまうことが考えられるため、CCDの直前に偏光フィルタを挟み、飽和することを防ぐ。

実際に実験を行い観察するとレーザーの周囲が暗く捕捉物体が観察しづらかったため、照明用として光学系に白色のLEDを組み込む作業も行った。今回、このLEDはより強く発光させるために、CCDからのビデオ信号を取り出し、それを元にパルス信号を作り、それをCCDのシャッターに同期させてパルス発光させている。

3. 実験結果及び検討

捕捉する物体として、直径が平均で $11\mu\text{m}$ のポリスチレン球を用いた。

レーザーを約 40mA (Duty:50% 平均で 20mA)でパルス発光させ、 $10\mu\text{m}$ 程度に集光したところ、ポリスチレン球の捕捉に成功した。図2では、散らばっていたポリスチレン球を操作し、文字(T.M)を作っている。このように、かなり自由度の高い操作を行うことができると分かった。

図3は、ポリスチレン球を画面の半分(約 $172\mu\text{m}$)を移動させるのに要する時間を示したものである。このグラフより、CW発光に比べてパルス発光の方が小さな駆動電流で効率良く捕捉でき、短時間で移動を行えることが分かる。

4. まとめ

これまでの研究結果から、従来の光ピンセットシステムに比べ、小型で使い勝手の良いものができる。

先にも述べたように、精度良くかなり自由度の高い操作ができ、かつパルス発光させることにより効率の良い捕捉

が可能となった。

今後は、パルス発光の条件(周波数、Duty比)と捕捉力の関係について検討し、効率向上を目指す予定である。

謝辞

本研究は、(財)内田エネルギー科学振興財団の補助を受けて行われた。

参考文献

1)Ashkin, A. "Phys. Rev. Lett. 24, 156-159", (1970)

2)田中卓夫, 葛谷幹夫, 半導体レーザーを用いた光ピンセットの試作, 中部大学工学部紀要, Vol.38(2002)1215 pp. 61-64

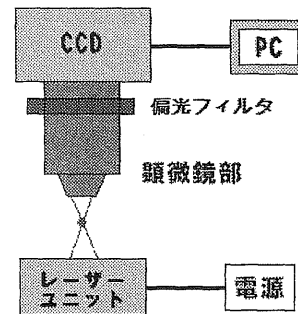


図1 実験装置の概略図

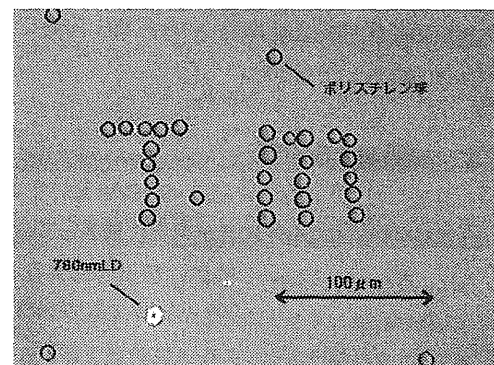
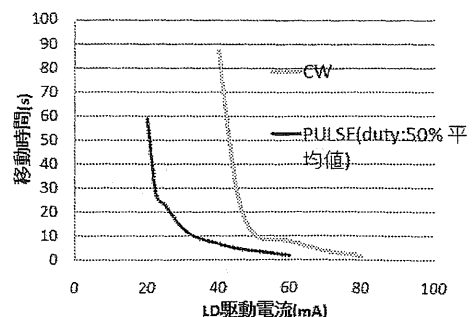


図2 ポリスチレン球での文字 (T.M)

図3 画面半分(約 $172\mu\text{m}$)移動させるのに要する時間