



|              |   |
|--------------|---|
| Title        | アレイ光源を用いた微小物体操作技術とその応用に関する研究  |
| Author(s)    | 住山, 文香  |
| Citation     | 大阪大学, 2005, 博士論文  |
| Version Type |   |
| URL          | <a href="https://hdl.handle.net/11094/45744">https://hdl.handle.net/11094/45744</a>   |
| rights       |   |
| Note         | 著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、<a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">大阪大学の博士論文について</a>をご参照ください。 |

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

|               |  |
|---------------|--|
| 氏 名           | すみ やま ふみ か<br>住 山 文 香  |
| 博士の専攻分野の名称    | 博 士 (情報科学)   |
| 学 位 記 番 号     | 第 19609 号  |
| 学 位 授 与 年 月 日 | 平成 17 年 3 月 25 日   |
| 学 位 授 与 の 要 件 | 学位規則第 4 条第 1 項該当<br>情報科学研究科情報数理学専攻                               |
| 学 位 論 文 名     | アレイ光源を用いた微小物体操作技術とその応用に関する研究                                     |
| 論 文 審 査 委 員   | (主査)<br>教 授 谷 田 純<br>(副査)<br>教 授 沼 尾 正 行 教 授 増 原 宏 助 教 授 笠 井 康 弘 |

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文では、光マニピュレーション用光源として、垂直共振器型面発光レーザー (VCSEL) アレイを用い、光源の特徴を活かした三次元的な微小物体操作技術を開発すると共に、その応用として VCSEL アレイ光マニピュレーション技術の情報処理分野への適用に関する研究成果をまとめた。

第 1 章では、光マニピュレーション技術の基本原理と共に、照射パターン制御による物体操作技術について示した。さらに、本研究で用いた VCSEL アレイ光マニピュレーション技術の手法と特徴について述べた。

第 2 章では、VCSEL アレイ光源の特徴を活かした微小物体操作方法として、 $2 \times 2$  複数ビームを用いた微小球の積み上げ手法を提案した。 $2 \times 2$  ビームを用いることにより、直径  $10 \mu\text{m}$  の微小球を最大 7 個積み上げることに成功した。また、微小球の積み上げ構造形成条件を定性的に調べるために、実験条件を変化させて積み上げ構造の形成状態を観察した。その結果、ビームの照射領域と微小球のサイズの関係が積み上げ構造形成の可否に影響を与えるとの知見を得た。

第 3 章では、VCSEL アレイ光マニピュレーションシステムの観察系を改良して、積み上げ構造の形成過程の側方観察を行った。その結果、VCSEL アレイ光源を用いて形成した積み上げ構造は、浮揚した状態で形成され、各微小球間は接触した状態であることが明らかになった。

第 4 章では、VCSEL アレイ光源を用いた微小球群形成技術を提案した。VCSEL アレイの複数ビームを用いることにより、単一ビームでは困難であった微小球群の水平移動に成功した。また、微小球群形成条件を定性的に調べた結果、照射ビーム数に応じて微小球群サイズと微小球密度が変化すること、光パワーに依存して微小球群内の微小球の数と群の形成位置が変化することを確認した。

第 5 章では、光技術を DNA コンピューティングへ適用した新たな情報処理技術であるフォトニック DNA コンピューティングへの応用を検討した。基礎実験として、光マニピュレーション技術を用いた DNA 分子群の位置制御を行った。その結果、VCSEL アレイ光マニピュレーションによる複数の DNA 分子群の並列ノンメカニカル輸送に成功した。

## 論文審査の結果の要旨

光マニピュレーション技術は、利用分野の拡大に応じて精密かつ複雑な操作が求められている。この要求に応える方法として、現在、ビームの照射パターンを利用した方法が盛んに検討されている。照射パターン制御には、空間光変調器などの光変調デバイスが用いられるが、光源自体で発光パターンを制御可能である VCSEL（垂直共振器型面発光レーザー）アレイ光源は複雑な物体操作を簡素な光学システムで実現可能であり極めて有用である。本論文では、VCSEL アレイ光源の特徴を生かした物体操作技術の確立を目指し、複数ビームを用いた微小物体の操作技術について検討を行っている。複数のビームを用いることにより 4 mW 程度の低い光パワーで微小物体の積み上げ構造を形成することに成功したほか、微小球群の形成・操作技術を提案している。また応用として、フォトニック DNA コンピューティングにおける DNA 分子の位置制御技術として VCSEL アレイ光マニピュレーションを適用し、DNA 分子操作に適用可能であることも確認している。得られた結果を要約すると以下のとおりである。

(1) VCSEL アレイ光源の  $2 \times 2$  ビームを用いた微小物体の積み上げ構造形成技術を開発している。また、発光パターンを制御することにより、積み上げ構造を維持した状態で水平方向に移動することにも成功している。複数ビームを用いることにより、単一ビームよりも低い光パワーで積み上げ構造を形成することが可能であることを確認している。

(2) 観察光学系の改良により、積み上げ構造を側方から観察を行い積み上げ構造の形成過程を明らかにしている。また、実験条件の変化に対する積み上げ最大数の変化、構造の状態変化の様子を確認している。

(3) VCSEL アレイ光源を用いた微小球群の形成・操作技術を開発している。複数の VCSEL ビームを微小球に照射することにより、微小球群を形成することが可能であると共に群を維持した状態で操作が可能であることを確認している。

(4) フォトニック DNA コンピューティングにおける分子操作技術への VCSEL アレイ光マニピュレーションの適用方法を提案している。基礎実験として、DNA 分子群の局所的な位置制御を行い、VCSEL アレイ光マニピュレーションの分子操作への有用性を実証している。

以上のように、本論文は、VCSEL アレイ光源の複数ビームを用いた微小物体操作技術とその情報処理技術への応用方法について述べたものである。これらの成果は、情報フォトニクス発展に寄与するところが大きい。よって博士（情報科学）の学位論文として価値あるものと認める。