The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	常温溶液中単一ナノ粒子の光操作・光固定化法の開発に関する研究
Author(s)	伊都, 将司
Citation	大阪大学, 2002, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/43383
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、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

【27】

氏　　名	伊　都　将　司（いと　しょうじ）
博士の専攻分野の名称	博　士（工　学）
学　位　記　番　号	第　17000　号
学位授与年月日	平成14年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科応用物理学専攻
学　位　論　文　名	**常温溶液中単一ナノ粒子の光操作・光固定化法の開発に関する研究**
論　文　審　査　委　員	（主査） 教　授　増原　宏 （副査） 教　授　後藤　誠一　　教　授　萩行　正憲　　助教授　齋藤　誠慈 助教授　吉信　達夫

論　文　内　容　の　要　旨

本論文は、常温、溶液中において多数のナノ粒子を配列、固定化する技術、或いは、ナノ粒子一粒ずつを操作、固定化する技術の開発に関する研究をまとめたものである。これまで、主にμmサイズの物体操作に利用されてきたレーザー捕捉技術をナノ粒子の操作に用い、さらにパルスレーザーにより誘起される局所的な光熱、光化学反応を利用し、有機、無機ナノ粒子を基板上に固定化する技術を開発した。以下に各章の要旨を記す。

第1章では、光の力学的作用である光圧を利用した研究の歴史を、主に溶液中における粒子の操作、及びその応用について概観し、その上で本研究の意義と目的について述べた。

第2章では、光圧を利用した微粒子捕捉の原理について説明し、溶液中で光捕捉可能な粒子の最小サイズについて見積った。また、本研究で用いたナノ粒子の光捕捉と光固定化のためのシステム、ナノ粒子の観測手法等についてまとめた。

第3章では、レーザーパルス照射により誘起される局所的な光重合を利用し、高分子ナノ粒子を基板上に固定化する種々の手法について述べた。多数の高分子ナノ粒子を同時に捕捉し、ナノ粒子の集合を基板上に固定化する手法、その応用として、ビーム走査レーザーマニピュレーション技術を利用し、多数のナノ粒子を配列させ、固定化する手法、ナノ粒子一粒ずつを基板上に固定化する手法の開発についてまとめた。

第4章では、レーザーパルス照射により誘起される光熱反応を利用し、金属ナノ粒子を瞬間的に溶解させ、ガラス基板上に固定化する手法について述べた。μmサイズの金属微粒子は反射の寄与が大きく光捕捉できないが、ナノ粒子になると光捕捉可能であることを実験結果から示した。また、光固定化用紫外パルスレーザーの照射条件等について検討を行い、最適フルエンス範囲を決定するとともに、光固定化のメカニズムや固定化精度について考察した。

第5章では、金ナノ粒子対が捕捉用レーザー光の偏光方向に配列する現象について述べ、その配向制御されたナノ粒子対を、光熱反応を用いて基板上へ固定化する手法についてまとめた。集光位置における光強度分布の異方性や誘起双極子間相互作用等の視点から、配向のメカニズムについて考察した。

第6章では、これらナノ粒子の光操作、光固定化技術について総括し、その長短所や科学、工学諸分野への応用の可能性について考察した。

論文審査の結果の要旨

有機、無機ナノ粒子は、そのサイズ故の特異な性質を示す興味深い研究対象であると共に、新材料としての可能性を秘めており、その操作、反応制御を目指した研究が近年注目を集めている。本論文では、溶液中においてナノ粒子一粒ずつを捕捉し、任意の位置に移動させ、固定化する技術の開発を目的とし、レーザー捕捉法を用いた手法を提案するとともに、実験条件を詳細に検討し、高分子ナノ粒子、金属ナノ粒子一粒ずつを固定化することに成功している。本研究の成果を以下に要約する。

(1)紫外レーザーパルス照射により誘起される局所的な光重合反応を利用し、生成させたゲルで高分子ナノ粒子を包み込み基板上に固定化する手法を開発している。ビーム走査レーザーマニピュレーション技術を利用し、多数のナノ粒子を基板上に配列、固定化するとともに、蛍光観察により、高分子ナノ粒子一粒ずつを確認しつつ光捕捉し、固定化することが可能であることを示している。また、原子間力顕微鏡（AFM）により、固定化物の形状を詳細に観察している。

(2)紫外レーザーパルス照射により誘起される光熱反応を利用し、光捕捉した金属ナノ粒子を瞬間的に溶解させ、ガラス基板上に固定化する手法を開発している。捕捉用レーザー光強度、固定化用レーザー光強度について検討を行い、固定化のための最適条件を決定し、最適条件下では再現性良く、精度が数十 nm 程度で金ナノ粒子パターニングが可能であることを実証している。

(3)基板上で同時に光捕捉した二つの金ナノ粒子が捕捉用レーザー光の偏光方向に配列することを発見し、偏光方向を変化させることで配向を制御しつつ、上記光熱的方法により金ナノ粒子対を基板上に固定化することに成功している。ナノ粒子配向のメカニズムについて、捕捉用レーザー光の集光位置における光強度分布の異方性や誘起双極子間相互作用等考えられる可能性について指摘すると共に、同時に光捕捉、固定化された金ナノ粒子対は接触しないことを AFM 観察により示し、粒子間接触を妨げる一つの要因が電気二重層反発であることを塩添加実験により確認している。

以上のように、本論文ではこれまで提案されている走査型プローブ顕微鏡を用いたナノ粒子パターニング手法を適用するには困難な環境である、常温溶液中で、リアルタイムで、高速に、3 次元的にナノ粒子一粒ずつを捕捉し、固定化する手法を提案している。本手法は、溶液中でナノ複合材料、量子ドット、共役系高分子、蛋白などを一つずつキャラクタライズし、合目的的に空間配置することによる各種機能の制御、さらには複合極微デバイスの作製など広い応用が期待され、今後のナノサイエンス、ナノテクノロジーの研究に大きく貢献するものとして高く評価される。本論文で得られた知見は、応用物理学、特にナノ粒子のレーザー科学に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値のあるものとして認める。