

Title	Laser fabrication and optical manipulation of wide-gap semiconductor nano- and microparticles in superfluid helium
Author(s)	稲葉, 和宏
Citation	大阪大学, 2009, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/49603">https://hdl.handle.net/11094/49603</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">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> をご参照ください。

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

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

Osaka University

【116】

氏名	稲葉かずひろ
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第23007号
学位授与年月日	平成21年3月24日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 基礎工学研究科物質創成専攻
学位論文名	Laser fabrication and optical manipulation of wide-gap semiconductor nano- and microparticles in superfluid helium (超流動ヘリウム中におけるワイドギャップ半導体微粒子の作製および光マニピュレーション)
論文審査委員	(主査) 教授 伊藤 正 (副査) 教授 北岡 良雄 教授 宮坂 博 准教授 芦田 昌明

## 論文内容の要旨

本論文は、レーザーアブレーションによって超流動ヘリウム中に半導体ナノ微粒子を生成し、励起子吸収帯の共鳴光を照射してそれらナノ粒子を搬送する光マニピュレーションに初めて成功したものである。

一般にマイクロサイズ微粒子の光マニピュレーションに使われるのは透明光(非共鳴光)であり、ナノ粒子では光が与える運動量の変化が小さく、光操作は難しいと考えられていた。一方、共鳴光を用いると微粒子に働く力が非共鳴の場合に比べ飛躍的に増強されることが理論的に示され、従来の手法では困難であった半導体ナノ微粒子の操作を可能にするものと期待される。ただし、共鳴吸収された光エネルギーが非輻射過程により熱エネルギーとして蓄積さ

れないことが必要条件である。

そこで実験手法は、共鳴効果を有効に活用し格子振動の影響を最小限にする環境である超流動ヘリウム(低温かつ粘性がない)中において、ワイドギャップ半導体であるCuClターゲットにパルスレーザーを照射し、レーザーアブレーションにより微粒子を作製した。生成した様々なサイズの微粒子に励起子共鳴レーザー光を照射し、ナノ粒子を選別して操作を試みた。その結果、10nm離れた基板上に半径10~50nm程度のナノ粒子を輸送することに成功した。これはナノ物質操作における共鳴輻射力の有効性を示すものであり、ナノ構造物質系特有の量子特性を利用した新奇操作技術の基礎となるものである。また、作製したCuClナノ微粒子は、非輻射過程の原因となる格子欠陥等が少ないことが要求されるが、高分解能透過型電子顕微鏡による観察の結果、単一の格子縞がナノ粒子全体にわたる良質の単結晶であることが分かった。

さらに様々な応用が期待されているワイドギャップ半導体ZnOについては、超流動ヘリウム中でのアブレーションによって、これまで作製が困難とされてきた球形のマイクロサイズ微粒子の作製に成功した。またカソードルミネッセンス(電子線励起による発光)測定により、球内に光が全反射共鳴で閉じ込められるウィスパリングギャラリモードの観測にも成功し、可視光領域における微小球レーザー実現の可能性を示した。

## 論文審査の結果の要旨

本論文は、レーザーアブレーション法を用いて超流動ヘリウム中に半導体ナノ微粒子を作製し、励起子吸収帯の共鳴光を照射してそれらナノ粒子を搬送する光操作(マニピュレーション)に初めて成功したものである。一般にミクロンサイズ微粒子の光操作に使われるのは透明光(非共鳴光)であり、ナノ粒子では光が与える運動量の変化が小さく、光操作は難しいと考えられていた。一方、共鳴光を用いると微粒子に働く力が非共鳴の場合に比べ飛躍的に増強されることが理論的に示され、従来の手法では困難であった半導体ナノ微粒子の光操作を可能にするものと期待されている。ただし、共鳴吸収された光エネルギーが効率よく発光に変換され、熱エネルギーとして蓄積されないことが必要条件である。

そこで、実験手法として、共鳴効果を有効に活用し、格子振動の影響を最小限にする環境である超流動ヘリウム(低温かつ粘性がない)中において、CuClのペレット上のターゲットにYAGレーザーの2倍波(緑)を照射し、レーザーアブレーションによりCuCl微粒子を作製した。生成された様々なサイズの微粒子に第2の励起子共鳴レーザー光(近紫外線)を照射した結果、10nm離れた基板上に半径10~50nm程度のナノ粒子を選別して輸送することに成功した。また、作製したCuClナノ微粒子を高分解能透過型電子顕微鏡で自ら観察し、非輻射過程の原因となる格子欠陥等が少ない単一の格子縞をもつ良質の単結晶であることを確認している。

一方、ワイドギャップ半導体ZnO微粒子については、超流動ヘリウム中でのアブレーションによって、これまで作製が困難とされてきた球形のミクロンサイズ微粒子の作製に成功し、カソードルミネッセンス(電子線励起による発光)により、球内に光が全反射共鳴で閉じ込められる可視光領域の特殊モードの観測にも成功し、微小球レーザー実現の可能性を示した。

以上のように、本論文は光による微粒子の作製および光操作を実現したものであり、特有の量子特性を利用した新奇光操作技術の基礎となる知見を得るとともに、ナノ構造物質系の応用研究の発展にも寄与するところが大きく、博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。