

半導体ナノ粒子の選択的光輸送

Selective Optical Manipulation of Semiconductor Nanoparticles

阪大院基礎工 芦田 昌明

Graduate School of Engineering Science, Osaka University, Masaaki Ashida

E-mail: ashida@mp.es.osaka-u.ac.jp

半導体ナノ粒子では、閉じ込められた電子・正孔あるいは励起子のエネルギー準位が離散化し、それをサイズ等によって制御できることから、光源の高性能化や太陽光発電の高効率化など、幅広い応用が期待されている。しかしながら、その特長を最大限活かすには、ナノ粒子集団のエネルギー準位の均一性を高める必要があり、MBE や化学反応の制御によるサイズ・形状の均一化では限界がある。そこで発想を変えて、作製されたナノ粒子群から所望の性質を有するもののみを選別することが考えられる。そうした中、エネルギー準位構造などの量子力学的特性を利用したナノ構造の選択的光マニピュレーションが石原らによって提案されている[1, 2]。我々は、共鳴光の照射によって特定のエネルギー準位を有するナノ粒子のみを励起し、その際生じる輻射力を利用して運動を選択的に制御する共鳴型光マニピュレーションを試みてきた[3]。

光マニピュレーションの原理検証には、できるだけ外乱を抑えた環境が望ましく、超流動ヘリウム中で実験を行ってきた。これは、超流動ヘリウムの極めて低い粘性が輻射力の効果を顕在化させやすいこと、ナノ粒子の温度を下げて共鳴準位の幅を狭くすることでエネルギー準位選別の精度を上げられること、液体ヘリウムが化学的に不活性かつ紫外域まで透明、などの理由による。ナノ粒子の導入のため、超流動ヘリウム中でレーザーアブレーションを行って、粒子群を直接作製した。驚くべきことに、この極低温下でも、単結晶など品質のよいナノ・マイクロ粒子が作製できることを確かめている[4]。さらに、アブレーション用レーザーと同時にマニピュレーション用のレーザーも照射し、超流動ヘリウム中で特定のサイズの半導体ナノ粒子を 1cm 程度の距離に亘って輸送することを試みてきた。これまで、励起子閉じ込めが生じるワイドギャップ半導体 CuCl, ZnO 及び電子・正孔個別閉じ込めが生じる CdSe といった半導体において、レーザーアブレーションによるナノ粒子作製とそのサイズ選別を伴う光マニピュレーションに成功しており、この手法の実現可能性を示してきた。これまでは選択的に輸送された粒子の形状を電子顕微鏡によって観測することに留まっていたが、最近、その光学特性も計測し、実際にエネルギー準位の分布が狭窄化されていることを確かめている。

参考文献

1. Iida and H. Ishihara, Phys. Rev. Lett. **90**, 057403 (2003).
2. Iida and H. Ishihara, Phys. Rev. Lett. **97**, 117402 (2006).
3. K. Inaba *et al.*, phys. stat. sol. (b) **243**, 3829 (2006).
4. S. Okamoto, Y. Minowa, and M. Ashida, Proc. of SPIE, **8263** 82630K (2012).