

# 研究タイトル： ガラス中半導体微結晶における光非線形過程の研究



氏名： 篠島 弘幸 / SHINOJIMA Hiroyuki E-mail: shinojima@kurume-nct.ac.jp  
職名： 特任教授 学位： 博士（工学）

所属学会・協会：

キーワード： 光物性, 量子エレクトロニクス, 半導体微結晶, 量子状態制御

技術相談

提供可能技術： 光物性, 量子エレクトロニクス, 半導体微結晶, 量子状態制御

## 研究内容： ガラス中半導体微結晶における光非線形過程の研究

### 1. 研究の背景

ナノメートルサイズの半導体は、量子力学的な特徴を発現し、それにもなった特異な性質を示します。周期構造によってもたらされる本来連続的な半導体のバンド構造は、単体の原子や分子のような離散化されたエネルギー準位構造を持ち、光励起における選択則や確率を変えます。

またナノメートルサイズの半導体では、系の原子の総数に対する表面にある原子数の割合が著しく大きくなり、系の表面での現象や効果が顕在化して、その光学応答を大きく変化させます。このようなナノメートルサイズの半導体に特徴的な現象や物性を制御し、利用することで、超高速な光応答特性を有し、高効率で動座する新しい電子、光機能素子の創出が期待されています。ここでは、半導体量子点であるガラス中半導体微結晶に着目してその研究を進めています。

### 2. 研究課題

ガラス中の半導体微結晶は、析出結晶化の際の温度と時間を制御することで、その平均的な大きさが制御できます。図1は、熱処理条件を制御して作製されたガラス中  $Cd_{0.12}Se_{0.88}$  微結晶の TEM 写真です。球形の半導体微結晶がガラス中に析出していることがわかります。熱処理条件を変えることで、半導体微結晶の大きさを制御することに成功しました。

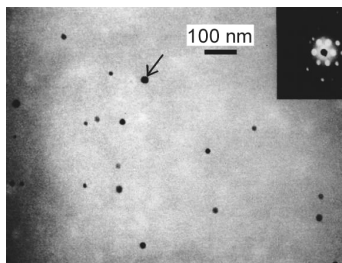


図1. ガラス中  $Cd_{0.12}Se_{0.88}$  微結晶

フェムト秒やサブピコ秒の高速な時間応答は、通常の光検出器では、時定数の問題から測定することができません。そこでガラス中  $Cd_{0.12}Se_{0.88}$  微結晶における、

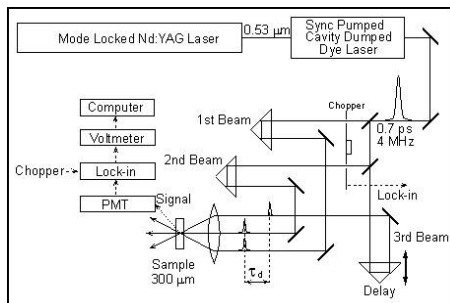


図2. 縮退四光波混合法の実験配置

光励起キャリア寿命の粒径依存性を縮退四光波混合法という測定方法を使って調べました。図2は、縮退四光波混合法の実験配置です。第一、第二光パルスで作った干渉縞の明暗に応じて物質は光を吸収します。吸収された光は励起キャリアを生成し、物質の屈折率を変えます。この屈折率の時間変化を、第三パルスの時間遅れの関数としてその回折光強度を測定することで、物質の光励起キャリア寿命を測定します。図3にガラス中  $Cd_{0.12}Se_{0.88}$  微結晶におけるキャリア寿命の粒径依存性測定結果を示します。

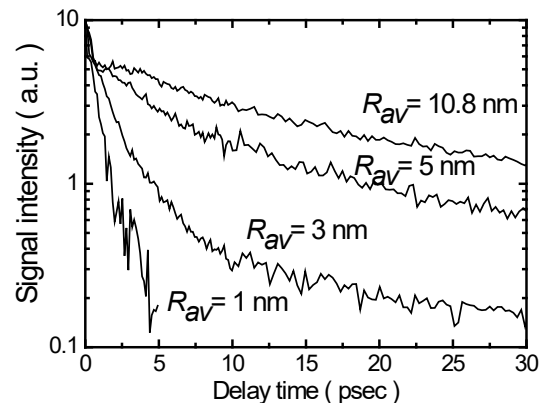


図3. ガラス中  $Cd_{0.12}Se_{0.88}$  微結晶におけるキャリア寿命の粒径依存性  
 $R_{av}$  は平均半径

粒径が小さくなると、第三パルスの遅れ時間が数ピコ秒で、物質の屈折率変化に起因した回折光がなくなることがわかります。これは、粒径が小さくなるに従って、キャリア寿命が高速化することを示し、粒径が小さい半導体微結晶ほど、光を照射する前の状態に高速で戻ることがわかります。平均半径が1 nmの  $Cd_{0.12}Se_{0.88}$  微結晶では、4ps程度のキャリア寿命となり、非常に高速な光応答が可能であることがわかります。

### 3. これまでの研究成果と今後の進め方

半導体微結晶の粒径が小さくなると高速に光応答することがわかりました。また、半導体微結晶内の欠陥や不純物を減らし、光応答におけるエネルギー損失を低減することで、その動作効率の向上が期待できます。今後は、半導体微結晶における光応答の動作効率の向上に取り組み、超高速かつ高効率で動作する光素子材料としての半導体微結晶の可能性を追究するとともに、その量子力学的な特徴を用いて、半導体の光応答における光制御についての研究も進めて行きたいと考えています。

### 4. 参考文献

H. Shinojima, "Optical nonlinearity in  $CdS_{0.12}Se_{0.88}$  microcrystallites embedded in glasses", IEICE TRANS. ELECTRON., E90-C, 1, 127(2007).

## 提供可能な設備・機器：

### 名称・型番（メーカー）