

## 研究計画

### 1) 研究目的および意義

本研究は、太陽光利用や新エネルギー開発に不可欠とされる光電子変換のメカニズムを、半導体”単一”ナノ粒子の分光計測という切り口からアプローチする。

半導体材料のナノ構造化することで、量子サイズ効果にはじまる様々な電子状態の変調を観測することができる。例えばナノ粒子にすることで、運動量保存則の緩和、局所的なキャリア密度の増大など、バルクでは顕に見られない物性を観測することができる。また表面積の増加に伴い、光化学反応効率の増強や、界面とおした電子移動効率の変化を観測することができる。ナノ粒子に特徴的な物性を検出するためには、多くの粒子の平均を測定するよりも、個々のナノ粒子を観測する方がシャープな物性測定ができる。本研究では半導体ナノ構造と光・電子物性の相関を精緻に分析することを目的とし、深紫外から可視域までの幅広いバンドギャップに対応した半導体ナノ粒子の”単一”計測を実現する顕微分光システムを開発する。

### 2) 研究内容および方法

#### (1) 顕微分光システムの構築

一般的な半導体ナノ粒子は、金属ナノ粒子にくらべて光の吸収散乱の効率が3桁以上低いいため、単一ナノ粒子計測のためには測光システムの高感度化と高い位置決め精度、長時間測定に耐える安定性が求められる。さらに、高い酸化還元能を期待されているワイドギャップ半導体については紫外光に対応した分光システムを構築する必要がある。申請者は紫外域の収差補正特殊レンズを分光器に導入し、世界に先駆けて紫外ブロードバンド顕微分光を実現した。さらに暗視野顕微鏡とスペクトル測定を位置精度よく切り替える機構を装備して、比較的強度の確保できる暗視野像で粒子を探し、同じナノ粒子を分光測定できるシステムを開発した。本システムを用いて”一個”の半導体ナノ粒子について、走査プローブ顕微鏡でその形状を評価した後、レーリー散乱分光とフォトルミネッセンス(PL)測定が可能な紫外顕微分光を行っている。レーリー散乱スペクトルの波長依存性からは電子吸収に相当する情報が、PLスペクトルからは光励起キャリアや欠陥順位に関する情報を得ることができる。

#### (2) 半導体ナノ粒子の作製

測定対象とする半導体ナノ粒子は、市販の粒子の他に当研究室でレーザーアブレーションによっても作製する。半導体のサイズ効果は、量子ドットから、メゾスコピック領域まで視野に入れる。また、異なる材料を組み合わせナノメートルレベルの複合体とし新しい特性を発現させた、ナノハイブリッドの作製と計測も行う。

#### (3) 半導体キャリア多体効果とナノ構造の関係の解明

半導体をバンドギャップエネルギーよりも短波長で光励起すると、電子が励起されて自由キャリアとなったうえに余剰エネルギーを持つ。余剰エネルギーが熱で失活する前にもう一つのキャリア形成を促すことができれば、光電子変換の効率を向上させることができる。ホットなキャリアから2つのクールなキャリアを生成するマルチエキシトン生成(MEG)は、光電子変換効率の向上に向けて近年広く研究されている。ナノ粒子にすることでMEGの確率を高めることができるので、構造とMEGの関係が研究されている。MEG過程はPL寿命に変化をもたらすため、スペクトルの線幅を詳細に解析することで評価できる。集団平均では線幅から情報を抽出することは困難だが、単一ナノ粒子なら微細な線幅の変化を議論できる。本研究で開発したシステムを用いてMEG効率とナノ構造の関係を評価する。得られた情報から、効率的な光電子変換に向けた材料設計への基礎データを提供することができる。

### 3) 研究スケジュール

4~9月：実験装置の整備及びナノ粒子(ZnOを予定)の作製

9~12月：単一ZnOナノ粒子についてPLと紫外-可視散乱スペクトル測定

1~3月：分光スペクトルの解析、結果のまとめと学会発表

### 4) その他

大学間連携等：浜口宏夫教授(台湾交通大学)と、半導体ナノ粒子のサイズと分光スペクトル形状の相関を説明する理論に関する共同研究を行う。