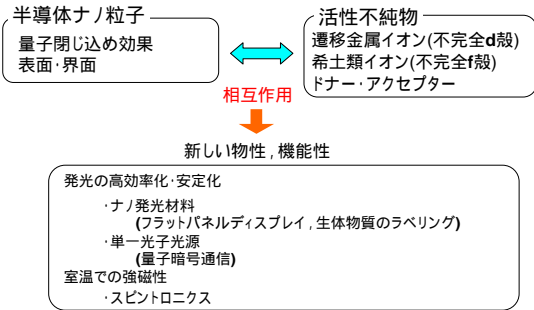
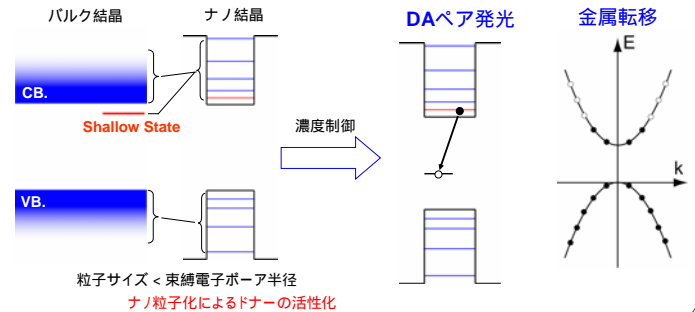


### 半導体ナノ粒子への活性不純物ドーピング



### 半導体ナノ粒子へのドナー・アクセプタードーピング

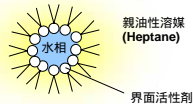


### 試料作製

#### 逆ミセル法

逆ミセル中微小水相における化学反応によるナノ粒子の合成。

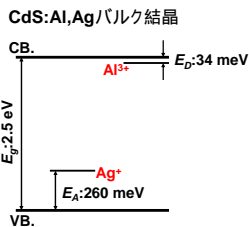
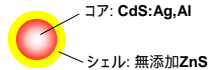
逆ミセルの大きさによって、生成されるナノ粒子の大きさを制御。



#### Al, Agをドーピングしたコア/シェル型CdS/ZnSナノ粒子

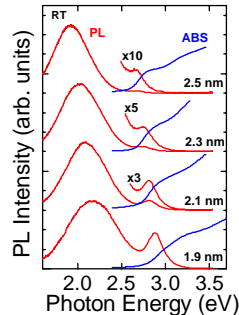
Cd<sup>2+</sup>を置換  
⇒ Ag<sup>+</sup>:アクセプター, Al<sup>3+</sup>:ドナー

コア/シェル型  
CdS:Ag,Al/ZnSナノ粒子



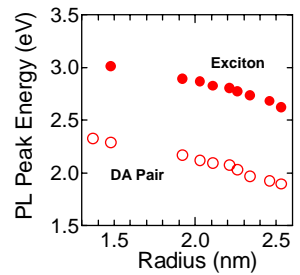
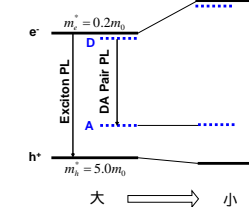
### 粒子サイズ制御

#### 発光・吸収スペクトル (Al: 1%, Ag: 1%)



Exciton Bohr Radius: 2.8 nm  
Donor Bohr Radius: 2.1 nm

#### 粒子サイズ依存性



励起子エネルギー、DAペア発光エネルギーは同様の粒子サイズ依存性を示す。

#### 電子の閉じ込め効果

励起子発光

$$m_e^* << m_h^*$$

電子の閉じ込めが発光のピークシフトを支配

DAペア発光

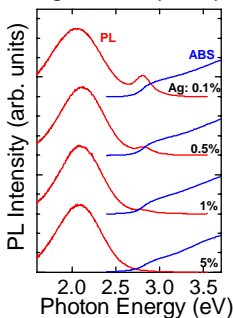
浅い不純物に束縛された電子(有効質量近似)

深い不純物に束縛された正孔(局在化)

浅い不純物に束縛された電子の非局在化  
・自由電子との区別がつかない

### Ag, Al濃度制御

#### Ag濃度依存性 (Al: 1%)



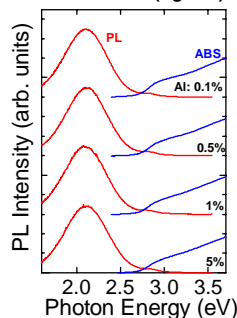
励起子発光・DAペア発光が観測

Ag濃度上昇 → バンド端発光の減少

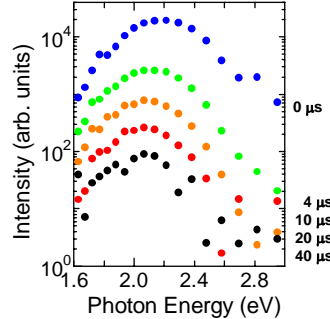
深いアクセプター準位による正孔の束縛

Al濃度上昇 → 吸収・発光スペクトルに変化無し

#### Al濃度依存性 (Ag: 1%)



#### 時間分解発光スペクトル



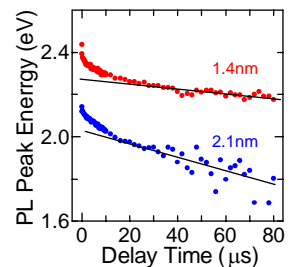
発光エネルギー(ゼロフォノンライン)

$$E = E_g - E_A - E_D + \frac{e^2}{4\pi R}$$

遷移確率

$$W(R) = W_0 \exp\left(-2\frac{R}{a_D}\right)$$

R: DAペア間距離  
a<sub>D</sub>: 束縛電子ボア半径



粒子サイズの減少

シフト量の減少

・低エネルギー 成分の抑制  
・長寿命

DAペア間距離の最大値の制限

- ・ 逆ミセル法によってAlおよびAgをドーピングしたCdSナノ粒子を作製。
- ・ Al, AgドーピングCdSナノ粒子において、励起子発光とDAペア発光が観測。
- ・ AgはCdSナノ粒子中で深い不純物準位を形成。
- ・ ドナー電子の波動関数は、ナノ粒子全体に広がっており、自由電子との区別がつかない。
- ・ 粒子サイズによって、DAペア間距離の最大値が制限。