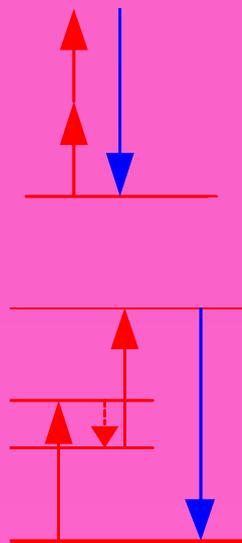


# [4] Upconversion of photon energy

高調波発生

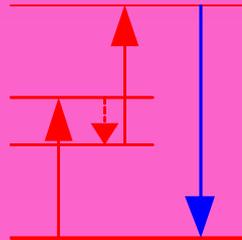
非線形結晶

2~3倍



多段階励起

希土類イオンドープ固体



IRセンサーカード

気体のRF・マイクロ波放電

電磁波の電場で加速された電子が衝突電離で気体をイオン化

>10<sup>5</sup>倍

(impact ionization)

電子の数がなだれ的に増える(avalanche ionization)

光励起による固体での衝突電離過程は通常

レーザー誘起絶縁破壊 Laser Ablation

半導体で、衝突電離過程による安定な発光は観測できるか？



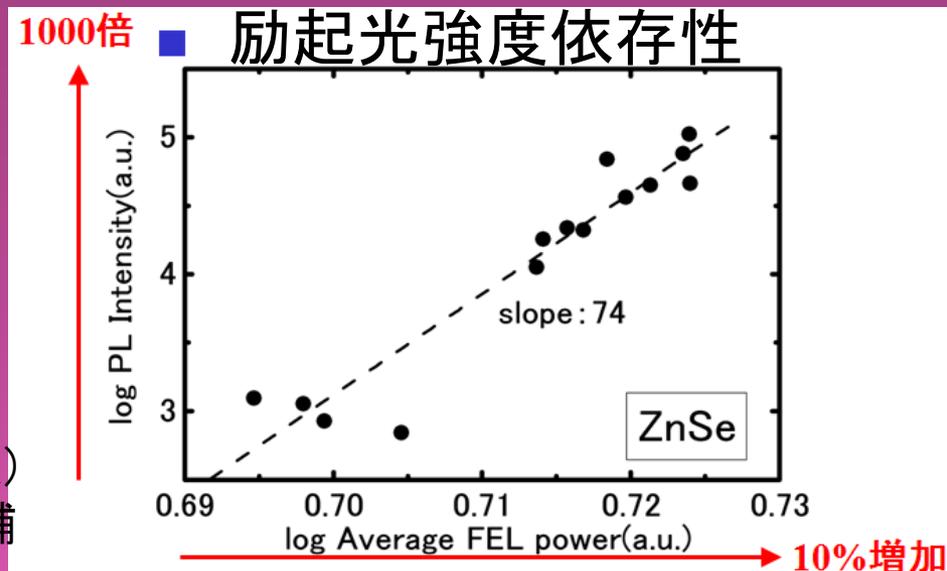
# 赤外自由電子レーザーによるZnSeバンド端発光 佐藤尚人、松田亮二

## Free Electron Laser

ZnSe ( $E_g = 2.68\text{eV}$ ) に中赤外レーザー ( $9.0\mu\text{m} = 0.13\text{eV}$ ) を照射

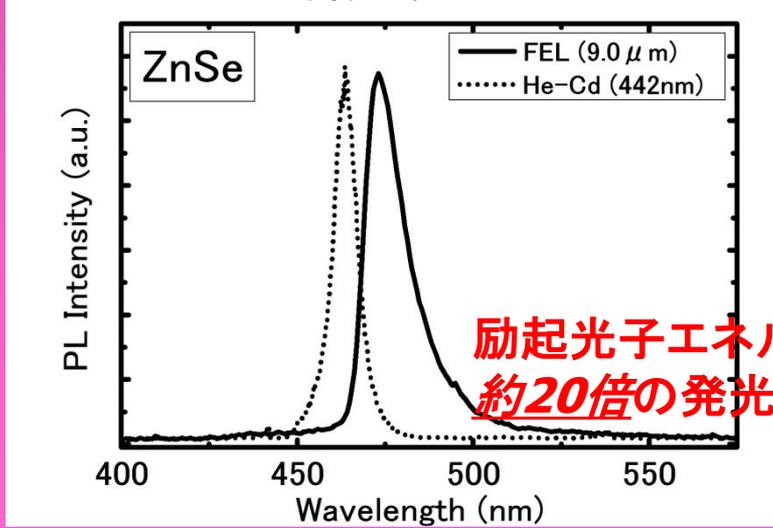


ワイドバンドギャップ半導体;  $E_g=2.72\text{eV}$  (455nm)  
 GaN、SiCに次ぐ青色発光ダイオード、LDの候補  
 バンド端より長波長側では中赤外域まで透明



励起光強度の**74乗**に比例

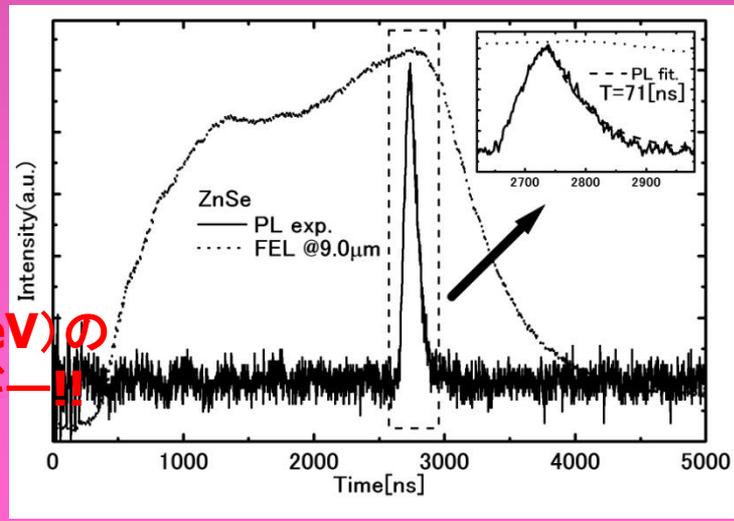
### ■ バンド端発光スペクトル



励起光子エネルギー ( $0.13\text{eV}$ ) の  
 約**20倍**の発光光子エネルギー!!

可視光励起に比べ**長波長シフト**

### ■ 発光の時間波形



FEL時間波形に**全く追随しない**

# 半導体中DAペア発光も観測

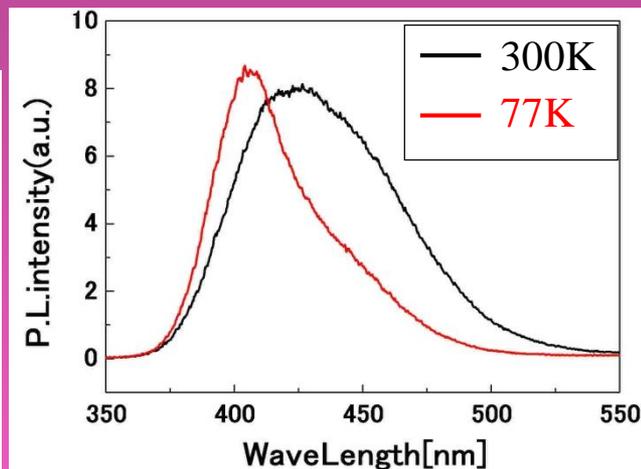
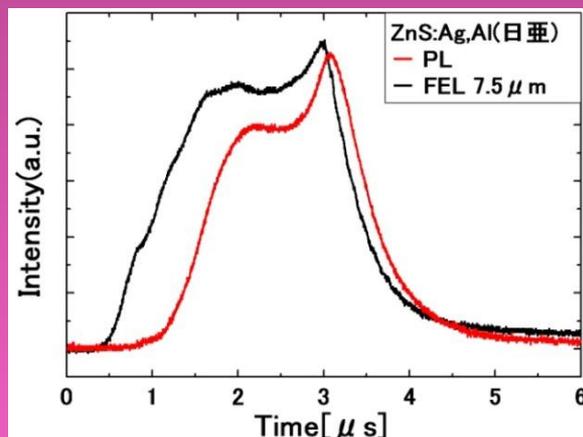
酒井大輔、奥田良直

FEL(自由電子レーザー)7.5 $\mu$ m励起でZnS:Ag,Al、ZnS:Ag,Cl(粉末)の発光を観測

中赤外光励起での半導体DAペア発光の観測は世界初！

FELは東京理科大学野田キャンパスにある(日本で3施設のみ)

## ◆発光の時間構造

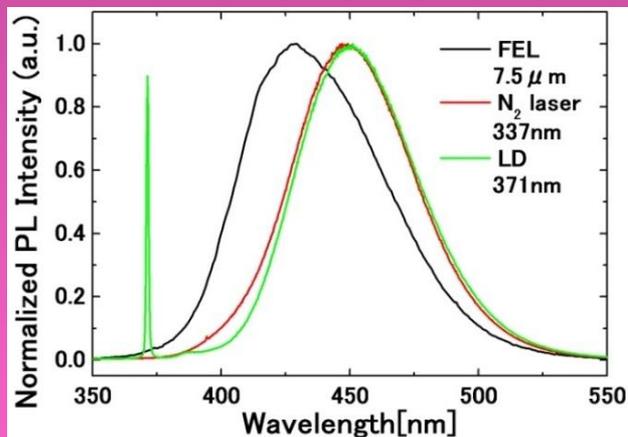


ZnS:Ag,Cl(7.5 $\mu$ m FEL励起)

## ◆発光の温度依存性

FEL時間波形に**追隨している**  
⇒ 励起強度依存性は2~3乗

## ◆発光スペクトル



紫外光励起に比べ**短波長側にシフト**

$\text{ZnSe} : E_g = 2.7 \text{ eV} < \text{ZnS} : E_g = 3.7 \text{ eV}$

⇒ ZnSは band gapが大きいにも関わらず

$\text{ZnS:Ag,Cl}$ と $\text{ZnS:Ag,Al}$ はZnSeよりも**発光しやすい**