

# 光ナノ量子物性科学研究領域における最近の研究

## 光ナノ量子物性科学

当研究領域では、様々な半導体材料からなるナノ粒子、薄膜、バルク結晶の新しい光物性・機能を引き出し、ナノサイエンスの新領域を開拓することを目指している。本稿では、当研究領域での最近の研究成果の一部について紹介する。

### 1. 鉛ハライドペロブスカイト半導体における負の屈折率温度係数発現メカニズムの解明

鉛ハライドペロブスカイトは簡便かつ安価に作製可能な新しい光学デバイス材料として注目されている。近年、ペロブスカイト半導体の光学応答の温度依存性が従来半導体と大きく異なることが報告されており、その理解が強く求められる。そこで我々は、鉛ハライドペロブスカイト  $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbCl}_3$  を試料として用いて、可視域全体の屈折率分散の温度依存性を計測した。その結果、 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbCl}_3$  が可視全域で負の屈折率温度係数を有し、その絶対値が吸収端付近で大きくなることを発見した。さらに、屈折率温度係数を決定する吸収ピークの温度変化および熱膨張率を実験的に決定し、ローレンツ振動子モデルに基づく解析を行った。 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbCl}_3$  が持つ巨大熱膨張率に起因した電子密度の減少が、負の屈折率温度係数をもたらすことを明らかにした。

### 2. 2色直交電場による高次高調波の偏光制御

高強度のパルスレーザーを固体へ照射することにより、入力した光子エネルギーの整数倍の高いエネルギーを持つ光が発生する。この現象は高次高調波発生 (HHG) と呼ばれ、新たな光技術に向けて研究が行われているが、その詳しい発生メカニズムは未解明である。さらに、より広帯域な波長変換技術への発展のためには光波混合による HHG の実現、また発生した高次高調波光の特性 (強度、偏光) の理解と制御が求められている。我々は、近赤外光領域の 2 色の異なる波長 ( $\lambda_1=2.4\ \mu\text{m}$ 、 $\lambda_2=1.3\ \mu\text{m}$ ) を持つレーザー光パルスを半導体試料 GaSe に照射し、広範囲な HHG と特殊な結晶角度依存性を発見した。さらに高次高調波光の偏光状態は直交したレーザー光の電場で 2 次元的に強く駆動される電子の運動に関係づけられることを明らかにした。これらの結果は、高次高調波光の特性を制御する技術だけでなく、レーザー光の電場で制御する次世代の光エレクトロニクスにもつながるものである。

### 3. ダブルポンプ法を用いたハロゲン化金属ペロブスカイトナノ粒子の光学利得性能の向上

ハロゲン化鉛ペロブスカイト  $\text{CsPbX}_3$  ( $X=\text{Cl}, \text{Br}, \text{I}$ ) ナノ粒子は、高い発光効率や粒子サイズ・組成制御による発光波長の可変性といった優れた光学特性を有し、レーザーなど様々な発光デバイスへの応用が期待されている。しかしながら、レーザー光源への応用に向けた課題として、光励起されたエキシトン同士の相互作用に由来する再吸収過程により増幅光が吸収され、得られる光学利得が低下することが問題となっていた。そこで我々は、ダブルポンプ過渡吸収分光法を用いて、様々な励起状態における  $\text{CsPbI}_3$  ナノ粒子の再吸収過程の評価および光学利得閾値の測定を行った。その結果、ダブルポンプ法により非対称ホットバイエキシトン状態を効率的に生成することで再吸収過程を抑制し、光学利得閾値の低減すなわち光学利得性能の向上を実現した。