ハライドペロブスカイトナノ粒子における励起子格子相互作用

Exciton-phonon couplings in single lead-halide perovskite nanocrystals

京大化研 [1]，物材研 [2]，北大工 [2]

○張　健一 [1]，山田　琢允 [1]，田原　弘量 [1]，只野　央将 [2]，鈴浦　秀勝 [3]，猿山　雅亮 [1]，

佐藤　良太 [1]，寺西　利治 [1]，金光　義彦 [1]

ICR, Kyoto Univ. [1], National Institute for Materials Science[2],

Graduate School of Engineering, Hokkaido Univ.[3]

°Kenichi Cho[1], Takumi Yamada[1], Hirokazu Tahara[1], Terumasa Tadano[2], Hidekatsu Suzuura[3],

Masaki Saruyama[1], Ryota Sato[1], Toshiharu Teranishi[1], Yoshihiko Kanemitsu[1]

E-mail: cho.kenichi.52c@st.kyoto-u.ac.jp

ハロゲン化鉛ペロブスカイト $APbX_3$ [A = Cs, CH_3NH_3 (MA), $HC(NH_2)_2$ (FA); X = I, Br, Cl]は、直接遷移型半導体であり、そのナノ粒子は 90%を超える高い量子発光効率を示す。さらに組成やサイズの制御により、バンドギャップを可視域全域で変化させることが可能であり、新たな発光デバイス材料として注目を集めている[1]。その応用例として、単一光子源がある。これは、ペロブスカイトナノ粒子が低温で非常に短い励起子発光寿命や長い励起子位相緩和時間、さらには少ないスペクトル拡散などの特徴を持つためである[2]。特に励起子位相緩和時間は励起子格子相互作用に支配されることが知られているが、ペロブスカイトナノ粒子においては寄与する LO フォノンモードや結合定数などのフォノン特性は未だに明らかにされていない。

本研究では、シャープな発光スペクトルを観測できる低温下(5.5K)において、$FAPbBr_3$ ナノ粒子の発光スペクトルを単一ドット顕微分光法により調べた。発光強度の強い励起子発光ピークの低エネルギー側に 4 つのピークが現れることを発見し、励起子(X)の 2 つの LO フォノンレプリカ発光 (LO_1, LO_2) と荷電励起子 (X*) 、そして励起子分子 (XX) 発光であることを明らかにした (図 1)。発光に寄与する LO フォノンエネルギーは粒子サイズ依存性がみられなかった。一方、励起子-フォノンの結合定数すなわち Huang-Rhys 因子は、粒子サイズの減少に伴い増大することを発見した[3]。本成果はペロブスカイトナノ粒子の単一光子源への応用において重要な知見を与えるものである。

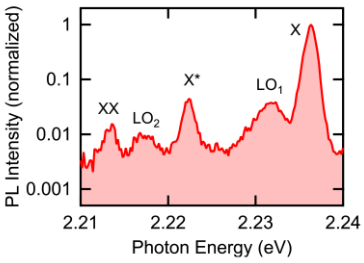

図 1　単一 $FAPbBr_3$ ナノ粒子の低温発光スペクトル。

本研究は JST-CREST (JPMJCR16N3, JPMJCR21B4)および科研費(JP19H05465, JP21K03424, JP20K03798)の援助による。

[1] L. Protesescu *et al.*, *Nano Lett.* **15**, 3692 (2015).

[2] H. Utzat *et al.*, *Science* **363**, 1068 (2019).　[3] K. Cho. *et al.*, *Nano Lett.* **21**, 7206 (2021).