

# ペロブスカイト半導体の電子-格子相互作用：基礎物性とデバイス応用

## Electron-phonon Interactions of Halide Perovskites: from Fundamental Physics to Device Applications

千葉大院理 ○山田 泰裕

Chiba Univ. °Yasuhiko Yamada

E-mail: yasuyamada@chiba-u.jp

ハロゲン化鉛ペロブスカイト  $\text{APbX}_3$  [ $A = \text{Cs}^+$ ,  $\text{CH}_3\text{NH}_3^+$  ( $\text{MA}^+$ ), and  $\text{CH}_2(\text{NH}_2)_2^+$ ;  $X = \text{I}^-$ ,  $\text{Br}^-$ , and  $\text{Cl}^-$ ]はそのユニークな電氣的・光学的性質と様々なデバイスへの応用可能性から大きな注目を集める半導体材料である。我々はこれまで、ハロゲン化鉛ペロブスカイトが示すデバイス材料としての優れたポテンシャルの起源を明らかにするために研究を行い、長い励起状態寿命や高い発光効率などの優れた光学特性を実証してきた[1-7]。一方で、この材料系においてはキャリア輸送特性、特にキャリア移動度は従来の半導体と比べて小さいことが知られている。その理由として大きな電子-格子相互作用に由来したポーラロン形成が議論されてきた。電子-格子相互作用は、光照射下でのイオン移動過程やデバイス性能の光劣化にも関係することが指摘されている。このように電子-格子相互作用はハロゲン化鉛ペロブスカイトの材料特性を支配する重要な性質であり、その解明はペロブスカイトデバイスの特性向上のために必要不可欠である。

我々は最近、 $\text{MAPbX}_3$  単結晶において磁気光学測定を行い、ポーラロン有効質量を決定することでポーラロン形成メカニズムを議論した[8]。その結果、フレリッヒポーラロンモデルが有効であることを明らかにした。このことは、これまでに報告されてきた低いキャリア移動度と矛盾しており、ハロゲン化鉛ペロブスカイトの本質的なキャリア移動度が従来の実験研究では捉えられていないことを示唆する。そこで、高品質単結晶を用いて AC 光ホール測定によるキャリア移動度の測定を行ったところ、光照射下において  $300 \text{ cm}^2/\text{Vs}$  を超える高いキャリア移動度の測定に成功した[9]。このことは、キャリア輸送特性においてもハロゲン化鉛ペロブスカイトの高いポテンシャルを示す成果である。本講演では、磁気光学分光法と AC 光ホール測定によるポーラロン効果に関する我々の最近の結果を紹介する[8,9]。さらに、ハロゲン化鉛ペロブスカイトの大きな電子-格子相互作用を活用した新たなデバイス応用の可能性を提案したい。

本研究は、JST-CREST (JPMJCR16N3)、科研費 (JP19K03683)、キャノン財団研究助成、千葉ヨウ素資源イノベーションセンターの支援による。

[1] Y. Yamada *et al.*, Appl. Phys. Express **7**, 032302 (2014). [2] Y. Yamada *et al.*, J. Am. Chem. Soc. **136**, 11610-11613 (2014). [3] Y. Yamada *et al.*, J. Am. Chem. Soc. **137**, 10456-10459 (2015). [4] Y. Yamada, T. Yamada, Y. Kanemitsu, Bull. Chem. Soc. Japan **90**, 1129-1140 (2017). [5] Y. Yamada *et al.*, J. Phys. Chem. Lett. **8**, 5798-5803 (2017). [6] M. Nagai *et al.*, Phys. Rev. Lett. **121**, 145506 (2018). [7] K. Kojima *et al.*, APL Materials **7**, 071116 (2019). [8] Y. Yamada *et al.*, Phys. Rev. Lett. **126**, 237401 (2021). [9] T. Kimura *et al.*, Appl. Phys. Express **14**, 041009 (2021).