

次世代EL素子に向けた ZnSiO 電子輸送材料の開発、 そして超高性能ペロブスカイト LED の実証

07

Zn-Si-O (ZSO) Electron Transport Layer for Next-Generation ELs and Demonstration of High-Performance Perovskite LEDs

金 正煥 JH.KIM@mces.titech.ac.jp

東京工業大学 元素戦略研究センター

近年、ペロブスカイト型ハロゲン化物(例、 CsPbX_3)は優れた光物性を有することから太陽電池および EL 素子として大きく注目されている。特に、溶液法を用いた低温プロセスながらも発揮される高い性能はとて魅力的である。一方、近年では低次元性ペロブスカイトを用いた EL 素子の研究が盛んに行われている。低次元性材料とは電子構造的に光活性サイトが局在されており強い励起子閉じ込め効果が得られるといった利点を持つ。しかし、低次元性材料は伝導帯や価電子帯に寄与する軌道の局在化により電荷輸送特性が劣ってしまう。つまり、電荷供給が重要になる EL 素子にとっては不利に働く。反対に 3 次元ペロブスカイトは電荷輸送特性は優れているが励起子束縛エネルギーが小さいため消光現象が生じやすく発光効率の低下に繋がる。本研究では 3 次元ペロブスカイトの優れた電氣的性質を利用しながら高い励起子閉じ込め効果を得るといった新たな指針について工夫することにした。我々は実際の EL 素子では発光層の両側に電子と正孔それぞれの輸送層が隣接していることに着目、これを用いた励起子閉じ込め効果を狙った。注入される電子と正孔を発光層に閉じ込めるには、電子輸送層の場合、ペロブスカイトよりも高い位置の伝導帯そして深い価電子帯が必要となる。しかしながら、ペロブスカイトの電子親和力は約 3.5eV (CsPbBr_3) でありこのような小さい電子親和力を有する n 型半導体は極めて少ない。そのため本研究では ZnO-SiO_2 (ZSO) のアモルファス酸化物半導体を新たに開発した。図 2 に示したように Si の含有量が増加すると共に ZSO の電子親和力が徐々に小さくなるのがわかる。また、PL 寿命測定から Si 含有量が 20% を超えたあたりから ZSO の伝導帯が CsPbBr_3 よりも高い位置になるということがわかった。一方、新たに開発された ZSO は約 $1\text{cm}^2/\text{Vs}$ の高い電子移動度を示しており優れた電子輸送特性が期待できる。図 2 には ZSO 電子輸送層を用いたペロブスカイト LED の EL 特性を示しており極めて低い駆動電圧や高い輝度が確認された ($2.9\text{V}:10,000\text{cd}/\text{m}^2$, $500,000\text{cd}/\text{m}^2:5\text{V}$)。本研究は 3 次元ペロブスカイトと隣接層とのエネルギーアライメントが EL 特性に及ぼす影響が極めて大きいといった新たな発見と、このような知見から展開された新たな材料開発により達成された成果である。

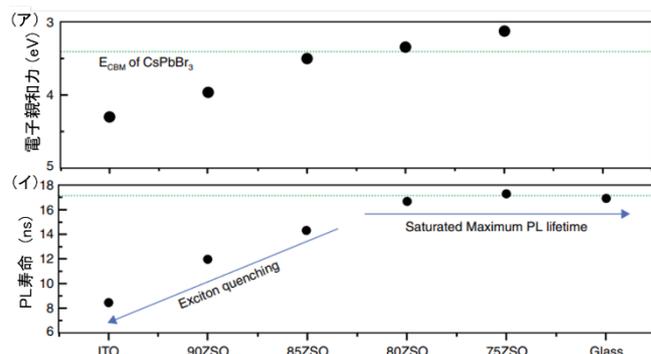


図1. 新たに開発されたZSO電子輸送層の電子親和力およびZSO薄膜上のペロブスカイト層のPL寿命。

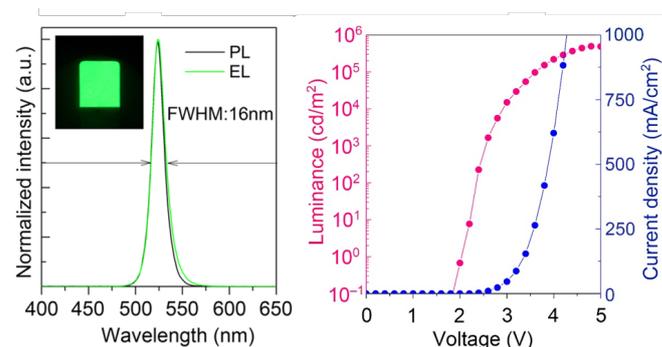


図2. ZSO電子輸送層を用いたペロブスカイトLEDのEL特性。

【共著者(所属)】

細野秀雄(東工大元素戦略研究センター)・平松秀典(東工大元素戦略研究センター)、沈基亨(東工大元素戦略研究センター)、Jun Taehwan(東工大元素戦略研究センター)、方俊皓(東工大元素戦略研究センター)、上岡隼人(日本大学)

【関連プロジェクト】

元素戦略プロジェクト<研究拠点形成型>電子材料拠点

【参考文献】(最大3本)

- [1] K. Sim, T. Jun, J. Bang, H. Kamioka, J. Kim*, H. Hiramatsu, H. Hosono*, Applied Physics Reviews, 6 (2019) 031402.
- [2] T. Jun, K. Sim, S. Iimura, H. Kamioka, M. Sasase, J. Kim*, H. Hosono*, Advanced Materials, 30 (2018) 1804547.
- [3] H. Hosono*, J. Kim, Y. Toda, T. Kamiya, S. Watanabe, PNAS 114.2 (2017) 233-238.