有機 EL 応用を目指したアモルファス酸化物半導体
Amorphous Oxide Semiconductors for OLED application

東工大元素センター&研究院 細野 秀雄

Tokyo Tech. MCRES & IIR

E-mail: hosono@mces.titech.ac.jp

IGZO-TFT をバックプレーンとする大型 OLED-TV の実用化に代表されるように、アモルファス酸化物半導体(AOS)はディスプレイ分野への応用に高いポテンシャルを有する。アモルファスは室温で容易に大面積で平坦・均質な薄膜が容易に作製可能で、化学組成が連則的に変わられるので物性値のチューニングもやりやすいというその特徴に加え、うまい系を選べばフェルミレベルなど半導体特性を制御できると考えられる。OLED などのデバイス応用では、活性層だけでなく電極から活性層まで電子や正孔を輸送・注入する材料も同様に重要である。これまで、有機 EL では正孔に関しては有機物や MoO_2 が、電子注入層としては $\text{LiF}+\text{Al}$ がよく用いられている。しかしながら、前者では移動度が小さく、後者では化学的に不安定で、かつ逆積み構造では注入層障があまり低減しないなどの課題がある。本講演では以下の3つについて述べる。

1. 電子注入層材料： 透明で仕事関数が金属リチウムと同程度に小さく、しかも化学的に安定なアモルファス C12A7 エレクトライド薄膜。電子輸送材料³⁾： 透明で電子移動度 $\sim 1 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 。仕事関数 $\sim 3.5\text{eV}$ 。(金属 Mg 程度。), 殆どに金属とオーミック接触が可能な ZnO-SiO_2 。²⁾2つを電子注入層、輸送層に用いると逆積み構造でも、既存の $\text{LiF}+\text{Al}$ を用いた順積み構造と同等以上の電子注入特性が実現できる。³⁾

2. 正孔注入・輸送材料： 有機分子や MoO_2 などの材料では移動度は高くて $10^2/\text{Vs}$ 程度で、着色している。そのため、厚くすると不利になる、しかし薄いと短絡が生じやすい。そこで $\text{In}_2\text{O}_3\text{-MoOx}$ (IMO)系を選択し、正孔輸送層からの正孔注入が可能になる大きな電子親和力を持ち、かつ移動度が $\sim 1\text{cm}^2/\text{Vs}$ の AOS 薄膜を実現した。⁴⁾

3. NBIS に安定な TAOS-TFT: これまでの酸化物 TFT は結晶、アモルファスともに NBIS 不安定性 (白色 LED 光照射下でゲート電圧をマイナスにすると、TFT の閾値電圧がマイナス側に大きくシフト) をもつ。そのオリジンは価電子帯頂上に存在する大きな状態密度をもつサブギャップ状態である。その構造的起源については酸素欠陥や M-H 結合などが報告されているが、NBIS が無視できるほどの低減法は見出されていない。もう一つの解決策は、化学組成を変えて VBM と一緒に問題の DOS を下げることである。このアプローチで NBIS-free で移動度 $\sim 20\text{cm}^2/\text{Vs}$ の AOS-TFT が実現できた。⁵⁾

- ¹⁾ Hosono, Nat. Electron., 1, 428, (2018), ²⁾Adv. Electron. Mater. 4, 1700352(2018), ³⁾Hosono et al. PNAS 114, 233 (2017), ⁴⁾ Kim et al Adv. Mater. Interfaces. 5, 1801307 (2018), ⁵⁾Kim et al. APL Mat. To be published.