

金属/有機界面の LUMO 準位電子準位接続への Liq 挿入効果

Liq insertion effect on LUMO level electron level connection of metal / organic interface

千葉大院理工,¹ 千葉大院工,² 千葉大学分子キ³ ○(M1)福島 駿¹ 吉田弘幸^{2,3}

GSI Chiba Univ.¹, GSE Chiba Univ.², MCRC Chiba Univ.³,

○(M1)Shun Fukushima¹, Hiroyuki Yoshida^{2,3}

E-mail:f-syun@chiba-u.jp

<緒言>

OLED では陰極からの電子注入が課題である。例えば、代表的な電子輸送層 Alq₃と陰極 Al の界面では、真空準位の一致を仮定すると 2.2eV もの大きな電子注入障壁が予想される[1]。この界面に、電子注入層として Liq を挿入すると、OLED の駆動電圧が下がり発光効率が上がることが知られている[2]。電子注入効率には、陰極の仕事関数と電子輸送層の LUMO 準位の電子準位接続が大きく関わっている。本研究では、我々が独自に開発してきた低エネルギー逆光電子分光法 (LEIPS)[3]を用いて、代表的な電子輸送層である Alq₃と陰極 Al の界面への Liq 挿入効果を調べた。また、OLED におけるデバイス作製では、陰極 Al を蒸着する際に有機層に Al が拡散する。これに対して、電子分光の基礎研究ではしばしば Al 上に有機層を蒸着し、Al 拡散はほとんどない。そこで製膜順序による界面電子準位接続の違いについても調べた。

<実験>

薄膜は真空蒸着法で製膜した。Al を有機層に蒸着する際には、10 nm の Alq₃の上に Al の膜厚を 2.0 nm まで増やしながら測定した(Al/Alq₃、Al/Liq/Alq₃と呼ぶ)。Alq₃を蒸着する実験では、10nm Al の上に Alq₃の膜厚 2.0 nm まで増やしながら測定した(Alq₃/Al、Alq₃/Liq/Al)。また、どちらの場合も Liq の膜厚は 1.0 nm とした。膜厚の関数として真空準位と LUMO 準位を LEIPS で調べた。LEIPS は、検出光エネルギー4.785 eV で測定した。

<結果・考察>

Alq₃/Al、Alq₃/Liq/Al の真空準位と LUMO と HOMO の変化を、LiF についての先行研究(Alq₃/LiF/Al)[4]と UPS を用いた先行研究(Alq₃/LiF/Al)[5]の結果と合わせて図 1(a)に示す。LiF を挿入すると真空準位と LUMO はともに低エネルギー側にシフトする。真空準位の変化は、金属表面からしみ出した電子が有機分子より押し戻されるプッシュバック効果によるものと考えられる[6]。

図 1(b)に Al/Alq₃、Al/Liq/Alq₃の真空準位、LUMO の結果を、LiF についての先行研究[4](Al/LiF/Alq₃)と UPS を用いた HOMO の先行研究[7](Al/Liq/Alq₃)の結果と合わせて示す。Liq gap state は Liq を挿入した場合に生じたギャップ内準位を示している。Al の膜厚増加に伴ってフェル

ミ準位基準 E_F の LUMO 準位は低エネルギー側にシフトした。LiF、Liq 挿入による大きな違いはなく、電子注入障壁は同じである。一方、真空準位は Liq 挿入では低エネルギー側に、LiF では高エネルギー側にシフトした。

Liq 挿入により電子注入障壁がほとんど変化しないにもかかわらず、OLED の性能が向上する理由を考察するため、Liq の挿入による Al/Alq₃の LEIPS スペクトルの違いを詳細に比較した(図 2)。Al/Liq/Alq₃のスペクトルが直線的に立ち上がるのに対し、Al/Alq₃では立ち上がり E_F 側に長く裾をひいている。これは、エネルギーの異なる空準位が界面付近に存在するためと考えられる。Liq 挿入により、界面電子状態が均一になることで電子注入効率が向上すると考えられる。

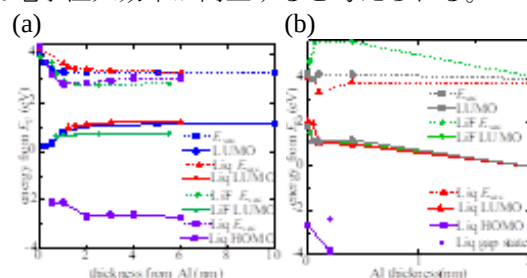


Figure 1 Vacuum level and LUMO, HOMO level to film thickness. The insertion effect of Liq and LiF [4] was investigated. (a) Alq₃ on Al (b) Al on Alq₃

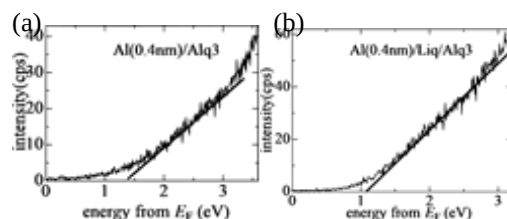


Figure 2 Difference in LEIPS spectrum due to Liq insertion. (a) Al/Alq₃ (b) Al/Liq/Alq₃

- [1]H.Yoshida,K.Yoshizaki,*Org.Electron.***20**,24(2015).
- [2]X.Zheng, et al., *Thin Solid Film.***478**,252-255 (2005).
- [3]H.Yoshida,*Chem.Phys.Lett.***539-540**,180(2012).
- [4]温井脩市,千葉大学工学部卒業論文(2018).
- [5]K.Cho,et al.,*Appl.Phys.Lett.***92**,093304(2008).
- [6]H.Ishii,et al.,*Appl.phys.***42**,3666(1999).
- [7]Y.Lee,et al.,*Org.Electron.***9**,407-412(2008).