変位電流測定法による有機 EL 素子の評価: 分極電荷と注入電荷の相互作用

Characterization of organic light-emitting diodes by displacement current

measurement: Interaction between polarization charge and injected charge

千葉大院融合¹, 千葉大先進², 千葉大 MCRC³ ^O牧野 孝宏¹, 田中 有弥^{1,2}, 石井 久夫^{1,2,3}

AIS Chiba Univ.¹, CFS Chiba Univ.², MCRC Chiba Univ.³

^oTakahiro Makino¹, Yuya Tanaka^{1,2}, Hisao Ishii^{1,2,3}

E-mail: y-tanaka@chiba-u.jp

【序論】有機 EL 素子に用いられる Alq₃、Al(7-prq)₃といった極性分子を蒸着すると基板上で分子が自発的に配向し、膜表面の電位が膜厚に比例して変化する巨大表面電位(GSP)と呼ばれる現象が発現する。Alq₃の場合、電界強度は約 0.5 MV/cm(48 mV/nm)にも達して電荷の蓄積に影響を与える[1]。また高感度紫外光電子分光法を用いて、Alq₃の負イオンが膜表面の正の分極電荷 σ_+ とクーロン相互作用することでエネルギー的に緩和することが報告されている[2]。この結果は σ_+ により電子注入が促進されることを示唆しており、その検証のためにはキャリアの挙動を直接評価する必要がある。変位電流測定法(DCM)は素子に三角波電圧を印加し、応答電流を掃引速度で規格化することで、容量-電圧(C-V)波形を得る手法である。本研究では極性分子を含む電子オンリー素子(EODs)を作製して DCM を適用し、容量の変化から分極電荷がキャリアの注入や輸送、蓄積に与える影響を調べた。

【実験】Al 界面側にσ₊を持つ Alq₃、負の分極電荷σ_を持つ Al(7-prq)₃ をそれぞれ用いて EODs[p⁺-Si/SiO₂(100 nm)/TTC(30 nm)/Alq₃(100 nm) or Al(7-prq)₃(100 nm)/Al(100 nm)]を遮光下で作製した[3]。

【結果・考察】Figure1 に Alq3 素子の DCM 結果を示 す。Forward sweep では大きく3つの領域が存在する。 (i)0-8V では Al 電極に電子が蓄積している空乏状態 の素子容量が現れ、(ii)8V-16V では Al からの電子注 入が始まり容量が増加し、(iii)16V-25V では注入した 電子が TTC 界面に達して蓄積して絶縁層の容量が観 測される。また Backward sweep では電子が放出される 過程を示している。ここで電子注入開始時の傾きを比 べるとAlq3素子はAl(7-prq)3素子より大きい。またAlq3 素子は Al(7-prq)3 素子より、注入した電子が TTC 界面 に到達するのに必要な電圧(Fig.1中↓)が高い。これは Alq3 に存在する Al 界面側のσ+が電子注入を助ける一 方で、TTC 側のσ_が注入された電子と反発して TTC 界面の蓄積を妨げるためと考えられる[Fig. 2(a)]。ま た、Al(7-prq)3素子では注入時に Al 界面のσ_と反発し あうが、TTC 界面の σ_+ と引き合うため Alq₃ 素子より も低電圧で TTC 界面に到達すると推測できる[Fig. 2(b)]。Backward sweep で現れる電子の放出が始まる電 圧(Fig. 1 中 ↑)は、Al(7-prq)₃素子の方が Alq₃素子より





も低い。これは TTC 界面に存在するσ₊によるクーロン引力に起因していると解釈できる。本講 演では、光照射によって Al 界面の分極電荷に捕まっている電子の脱離を促し分極電荷とキャリ アの挙動との相関を調べた結果についても報告する。

[1] Y. Noguchi et al., *J. Appl. Phys.* 111, 114508 (2012). [2] H. Kinjo et al., *Appl. Phys. Express* 9, 021601 (2016). [3] Y. Noguchi et al., *Appl. Phys. Lett.* 102, 203306 (2013).