

ケルビン法で調べた金属層積層による TPBi 薄膜の表面電位の変化

Change in surface potential of TPBi by metal layer lamination studied by Kelvin method

千葉大院融合¹, 千葉大先進², 千葉大 MCRC³

○(M1) 栢口 英之¹, 田雑 友貴¹, 石井 久夫^{1,2,3}, 田中有弥^{1,2}

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

°Hideyuki Kayaguchi¹, Yuki Tazo¹, Hisao Ishii^{1,2,3}, Yuya Tanaka^{1,2}

E-mail: hidden9818@chiba-u.jp

有機発光ダイオード (OLED) の代表的な電子輸送材料である 1,3,5-tris(1-phenyl-1H-benzimidazol-2-yl)benzene (TPBi) を暗条件下で真空蒸着すると、膜表面には巨大な電位 (GSP) が発生する。これは永久双極子の自発的な配向に起因しており、膜表面と裏面には正負の分極電荷が形成される。分極電荷の密度は TPBi をエレクトレットに利用した振動発電素子の出力を左右し[1]、また OLED においては素子内の蓄積電荷量を決定する重要な要因でもある[2]。さらに TPBi/カソード界面には正の分極電荷が存在しており、これによって電子の注入が促進されると考えられている[2]。そのため有機層だけではなく電極を成膜した際の内部電位分布を理解することが、素子特性の向上につながると期待される。そこで本研究では SiO₂ 基板上に TPBi と Al を積層したサンプルを作製し、その内部電位分布を Kelvin Probe (KP) で調べた。

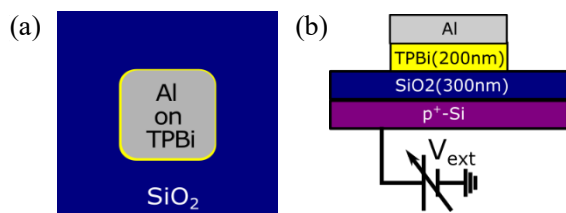


図 1(a)素子の平面構造 (b)素子の断面構造

図 1(a)が作製した素子構造の平面図であり、図 1(b)にその断面図を示している。サンプル下部の電極である p⁺-Si と Al が接触し同電位になることを避けるため、SiO₂ 層を導入し、さらにシャドーマスクを使用して SiO₂ 表面の一部に TPBi と Al を成膜した。図 1(b)に示すように、p⁺-Si には外部電圧 (V_{ext}) の印加が可能である。また KP 測定は高真空中の暗状態で行い、

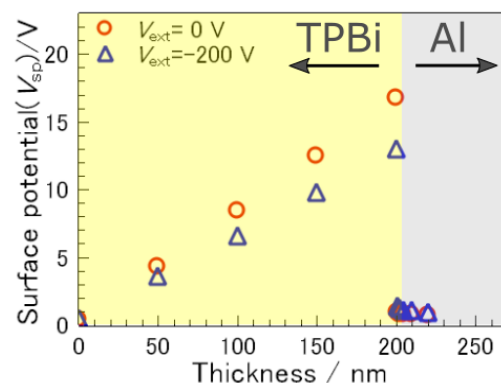


図 2 表面電位の膜厚依存性

薄膜の蒸着と KP 測定を繰り返して、表面電位 (V_{sp}) の膜厚依存性を調べた。

図 2 に KP 測定の結果を示す。図中の丸は $V_{\text{ext}} = 0 \text{ V}$ の時の測定結果である。ITO 上での先行研究と同様に、SiO₂ 上でも TPBi の V_{sp} は膜厚に比例して増加し、200 nm で 16.7 V に達した。表面電荷密度に換算すると 2.0 mC/m^2 であり、これは従来のポリマー型エレクトレット材料と同等の高い値である。この膜上に Al を 1 nm 蒸着したところ、Al は p⁺-Si と接触していても関わらず、膜の電位は維持されことなく 0.92 V まで減少した。この結果は、Al の蒸着中に蒸着源から発生する熱電子もしくは光によって TPBi 中にキャリアが供給され、分極電荷が補償されたことを示唆している。

サンプルへの熱電子注入を抑制するため、 $V_{\text{ext}} = -200 \text{ V}$ として Al の蒸着を行った。その結果を図 2 の三角で示す。電圧印加の有無によらず、 V_{sp} は急激に減少することがわかった。この結果は、熱電子は V_{sp} 減少の支配的な要因ではないことを示唆している。講演では蒸着源由来の光の影響も合わせて議論する。

[1] Y. Tanaka et al., Sci. Rep. 10, 6648 (2020).

[2] Y. Noguchi et al., J. Appl. Phys. 58, SF0801 (2019).