

STM を用いた有機 EL デバイスの表面構造と発光分布評価

Surface Structure and Light Emission Studied by STM on Organic EL Devices

筑波大院数物 ○田町考至, 栗田丈裕, 谷中淳, 岡田有史, 金澤研, 武内修, 重川秀実

Inst. of Applied Physics, Univ. of Tsukuba

○K. Tamachi, T. Kurita, A. Taninaka, A. Okada, K. Kanazawa, O. Takeuchi and H. Shigekawa

<http://dora.bk.tsukuba.ac.jp/>

有機 EL 素子のさらなる高性能化、高寿命化に向けて、信頼性の向上や消費電力の低減などの課題が挙げられる。特に信頼性の向上は製品化にとって極めて重要である。EL 素子中に局在する電気的な欠陥は、デバイス駆動中に生成・成長し、製品の性能を著しく悪化させる原因となる。しかし、これら局所的な欠陥について、素子の特性と対比させながら詳細な解析を行う手法は十分確立していないのが現状である。そこで、素子を動作させた状態で、局所的な発光特性を高い空間分解能で評価可能な手法として、超高真空走査トンネル顕微鏡 (UHV-STM) に分光器を組み合わせた STM 発光分光装置を開発し[1]、適用することを試みた。本手法は EL 素子と同様の発光メカニズムを再現しながら、STM の高い空間分解能を利用した評価を実現する。従って、同手法を有機 EL 素子に適用することによって、有機 EL 素子を動作させた状態で、局所構造を観察すると同時に、ナノスケールにおける光学特性を明らかにすることが可能となる。本研究では、本手法の有用性を明らかにする目的で、条件を変えて作製した有機 EL 構造を用い、表面構造と発光分布を同時に観察し解析を行った。

装置は Omicron 社製の LT-STM を改良し、試料近傍まで光学系を近づけられる仕組みを開発して導入した。STM 像観察と同時に、トンネル電流により、探針直下の試料表面が励起され発光が得られる。得られた発光をレンズによりファイバー端面に集光し、分光器を通して分光した後 CCD により検出した。

図に得られた STM 像と発光強度分布の例を示す。走査は左下隅を始点として右方向へ行き、右上隅を終点とした。図(b)において、中央の数百 nm 四方の領域で発光強度が 0 になっているのが見て取れる。発光強度が 0 になった理由として、STM 探針から注入されるトンネル電流によって EL 素子が破壊されたためと考えた。実際、走査した 1 ライン目の発光強度に比べ、2 ライン目の強度は減少し、さらに 3 ライン目はより減少しており、トンネル電流が注入される領域は、走査範囲に比べ大きいために、1 ライン目を走査している間に 2 ライン目の分子を破壊していると考えられる。図(b)の周辺部において、発光強度が変化する領域は、探針から注入された電子が素子中で広がる距離に相当し、100nm 程度と見積もられた。EL 素子全体の厚さが 50nm 程度 (TPD/Rubrene/Alq3=30nm/3nm/18nm) であることを考慮すると、電子が探針から注入される領域は、非常に広範囲に及んでいることが考えられる。この電子の広がりや STM 発光の空間分解能に相当するが、電子の広がる範囲は探針の形状や Rubrene の化学的な状態に依存する結果も得られている。発表では異なる基板を用いた局所発光分布の結果など含め、詳細を紹介する。

[1] A. Okada, K. Kanazawa, K. Hayashi, N. Okawa, T. Kurita, O. Takeuchi and H. Shigekawa, Appl. Phys. Express, 3, 015201 (2010).

図 1 ITO/PET 基板における(a) STM 像 ($V_s=10V$, $I_t=3nA$, $1\mu m \times 1\mu m$)と (b)発光強度分布 ($V_s=10V$, $I_t=3nA$)

