

複合指数関数を用いた蛍光 OLED の輝度劣化曲線解析

Analysis of luminance degradation curve of fluorescence organic light emitting diode using combined-exponential decay function

北陸先端大 先端科学技術 ○松本 伶, Le Cong Duy, 白鳥 瑞穂, 酒井 平祐, 村田 英幸

JAIST, °Ryo Matsumoto, Duy Le Cong, Mizuho Shirotori, Heisuke Sakai, and Hideyuki Murata

E-mail: murata-h@jaist.ac.jp

【はじめに】 有機発光ダイオードの輝度劣化曲線は、拡張指数関数減衰 (stretched-exponential decay, SED) 関数を用いてフィッティングが行われてきた^[1]。SED 関数を用いることで極めて高精度に輝度劣化曲線を再現できる^[2]。しかし SED 関数の式には分散係数が含まれているため、得られる輝度劣化曲線の式は反応速度論的な意味を持たず、劣化の要因となる素反応の解析には適用できない。本研究では劣化の素反応が 1 次反応であると仮定し、分散係数を用いず指数項の線形結合のみで表した複合指数関数減衰 (combined-exponential decay, CED) 関数^[3]で解析を行った。その結果、指数項の数が 3 で最適化されることが分かった。この CED 関数を用いれば、SED 関数の場合と同等の良好なフィッティングが可能であることが分かったので報告する。

【実験方法】 本研究では ITO/MoO₃(0.75 nm)/α-NPD(90 nm)/Alq₃(70 nm)/LiF(1 nm)/Al(100 nm)の素子構造を用いた。この素子を定電流密度 (J) を 50 mA/cm²、温度 (T) を 25 °C の条件下で駆動し、輝度を劣化させた。得られた輝度劣化曲線のデータを SED 関数および CED 関数を用いてフィッティングした。後者については、指数項の数を変化させながらフィッティングを行った。

【結果と考察】 CED 関数の指数項を 2~4 項 (exp2, exp3, exp4) に変えてフィッティングを行い、その際に得られた標準残差を比較すると指数項が 3 と 4 のとき誤差が小さかった (Fig.1)。フィッティング精度を評価する値である決定係数 R^2 値を比較すると、指数項が 3 と 4 の CED 関数は共に良いフィット結果を示した (Fig.2)。しかし指数項が 4 の CED 関数では減衰定数 $\tau_1 \sim \tau_4$ のうち、 τ_2 と τ_3 が同一の値となっており、実質的に指数項の数は 3 で飽和することが分かった。したがって指数項が 3 の CED 関数が Alq₃ 素子のフィッティングに最も適していると考えられる。以上の結果は Alq₃ 素子での劣化機構は 3 つの 1 次反応の並発反応であることを示唆している。これまで Alq₃ 素子は α-NPD の励起状態の分解や Alq₃ のカチオンが消光剤として作用することが劣化の要因として提唱されている^[4]が、今回の結果からは新たな劣化反応の存在が示唆された。また、標準残差を詳しく解析すると、初期の劣化は誤差が大きい (Fig.1)。これは駆動開始時の素子温度の上昇に伴い、PL 強度が減少したことが要因であると考えられ、さらに良好なフィッティング結果を得るには駆動中の素子温度について検討すべきであることが分かった。

【参考文献】

- 1) M. Ishii, Y. Taga, *Appl. Phys. Lett.*, **80**, 18 (2002).
- 2) T. Yoshioka, K. Sugimoto, H. Ohata, S. Miyaguchi, T. Tsutsui, *SID Symposium Digest*, **46** 1650 (2015).
- 3) H. Murata and A. D. Sandanayaka, *SID symposium Digest*, **45**, 32 (2014).
- 4) 村田英幸, 有機 EL 討論会第 20 回例会予稿集 S1-1 (2015).

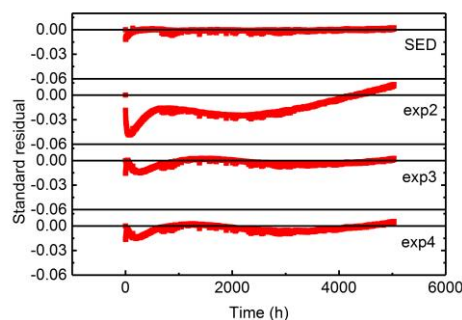


Fig.1 Standard residual of CED function fitting ($J=50$ mA/cm², $T=25$ °C)

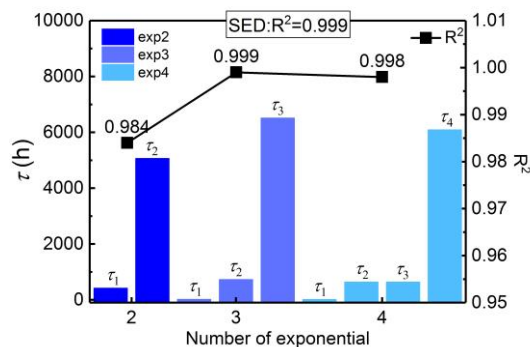


Fig.2 Fitting parameters of CED function ($J=50$ mA/cm², $T=25$ °C)