

(株)豊田中央研究所 志賀孝広、時任静士、鈴木基史、多賀康訓

Improved Method of Quantum Efficiency Measurement for Organic Light Emitting Diodes  
 Takahiro Shiga, Shizuo Tokito, Motofumi Suzuki and Yasunori Taga  
 TOYOTA Central R&D Labs., Inc.

有機EL素子(OLED)の外部量子効率  $\eta_{\text{ext}}$  は、その発光メカニズムを解明し、さらなる高効率化を目指す上で最も重要な指標のひとつである。従来、OLED の  $\eta_{\text{ext}}$  は、主に「励起子一重項発光」と「光の全反射臨界角の存在による光の取り出しの制限」の2つの因子により、その上限が5% であると言われてきた。しかし近年、「励起子三重項発光の利用」及び、「OLED の光学的な構造の見直し」により、5% を越える量子効率を持つ OLED が数多く報告されてきている。

しかし現時点では、OLED の外部量子効率測定法は標準化されておらず、異なるグループの報告事例を厳密に比較可能かという点には疑問の余地がある。日本で広く採用されている「輝度換算法」は、「素子の放射パターンはランバーシアン型である」、「発光スペクトルは、観測角に依存しない」という2つの仮定の下に  $\eta_{\text{ext}}$  を求める方法であるが、実際の素子においては、放射パターンがランバーシアン型からずれているケースも多い。この点に関して筒井らが、放射パターンを実測してこれを補正係数に取り込んだ測定を行い、ランバーシアン型を仮定していた従来の輝度換算法では  $\pm 20\%$  程度の誤差が生じている可能性を指摘している。

今回我々は、筒井らのアプローチをさらに一般化し、微小共振器型素子のように、スペクトルが観測角に大きく依存するような OLED においても、正確に  $\eta_{\text{ext}}$  を測定できるよう改良した。具体的には、各観測角  $\theta$  におけるスペクトル  $E(\lambda, \theta)$  を実測し、これを式(1)に従い数値積分することにより、スペクトルの角度依存に起因する誤差を無くするというものである。(  $j$ : 電流密度、 $L(j)$ : 正面での輝度、 $V(\lambda)$ : 分光視感特性、 $I(\theta)$ : 放射パターン、 $S(\lambda)$ : 放射パターン測定に用いる光検出器の分光感度特性、 $K_m$ : 683lm/W、 $h, c, e$ : 定数、 $\int_A dx: A(x) \neq 0$  なる  $x$  の範囲での積分。)

$$\eta_{\text{ext}} = \frac{L(j)}{K_m \int_V V(\lambda) E(\lambda, 0) d\lambda} \int_0^{\pi/2} \frac{I(\theta) \int_S S(\lambda) E(\lambda, \theta) d\lambda}{I(0) \int_S S(\lambda) E(\lambda, \theta) d\lambda} \int_E \frac{E(\lambda, \theta)}{hc/\lambda} d\lambda 2\pi \sin \theta d\theta \Big/ \frac{j}{e} \quad (1)$$

図1, 2 に、本測定法のテストケースとして試作した、キナクリドンをドーブした Alq を発光層とする微小共振器型素子の、放射パターン及びスペクトルを示す。この素子においては、放射パターンは前方に強く指向し、またスペクトルも観測角に強く依存しているため、従来の輝度換算法の2つの仮定は明らかに成立しない。

しかし、改良した我々の手法を用いることにより  $\eta_{\text{ext}}$  の測定が可能となり、この素子の輝度  $300 \text{ Cd/m}^2$  における  $\eta_{\text{ext}}$  は  $2.1\%$  であると測定された。ちなみに、正面における電流効率は  $14.3 \text{ Cd/A}$  であった。

一方、同じ基板上に同時に作成した、誘電体ミラーを持たない通常の素子の  $\eta_{\text{ext}}$  は  $2.5\%$ 、電流効率は  $9.9 \text{ Cd/A}$  であった。

つまり、今回試作した素子構造においては、微小共振器構造を適用することにより正面輝度は  $1.4$  倍になったが、外部量子効率は逆に  $0.86$  倍程度に下がっていることなどが、我々の測定手法を用いることにより、明らかになった。

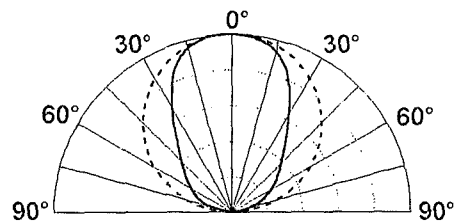


図1 実線:微小共振器型素子の放射パターン  $I(\theta)$  の例  
破線:ランバーシアン型

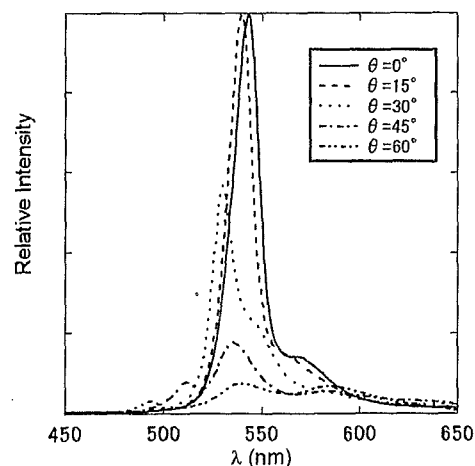


図2 微小共振器型素子の各観測角におけるスペクトル  $E(\lambda, \theta)$  の例