

効率的白色高分子電界発光素子 An efficient bio-white polymer light-emitting device

○小野田 光宣¹, Paramatma Chandra Mathur², Pramod Kumar Bhatnagar²
Univ. of Hyogo¹, Univ. of Delhi², M. Onoda¹, P. C. Mathur², P. K. Bhatnagar²

Email: onoda@eng.u-hyogo.ac.jp or ss-svu02@eng.u-hyogo.ac.jp

1. 背景

deoxyribonucleic acid (DNA) が豊富に存在する鮭の白子(精子)はあまり利用価値がなくほとんど廃棄物として処理されている。DNA は有用な天然資源であり有効利用する方法を検討すべきであろう。生体高分子である DNA は、

- 分子量が数百万以上で合成高分子に比べて分子鎖が長い。
- 安定で規則正しい二重螺旋構造を有する。
- π 電子が豊富な塩基対が積重なって螺旋鎖に沿って並ぶ。

などの特徴があり、棒状の高分子と考えられている。高分子であるなら、繊維や膜に成形できる可能性があり電導性や非線形光学などを有する機能性膜として期待できるが、DNA は生体材料であるため水にしか溶解しないので、成形・製膜するために cetyltrimethyl ammonium chloride, CTMA などの脂質と結合させることで有機溶媒に可溶となり薄膜化が可能である。筆者らは、poly(9,9-dioctylfluorene), POF を発光層とする高分子電界発光素子の動作で、電子ブロッキング層 (electron blocking layer, EBL) として DNA-CTMA 複合膜の効果を検討した。¹⁾

一方、高効率の白色高分子発光 (white polymer light-emitting diode, WPLEDs) を実現することを目的として、青色発光する導電性高分子として poly(9,9-dihexyl-fluorenyl-2,7-diyl), PHF を使用し、iridium(III) tris(2-(4-tolyl)pyridinato-N,C²), Ir(mppy)₃ を添加用緑色燐光色素として作製した高分子電界発光素子の基本特性について検討し、ホスト導電性高分子である PHF から緑色燐光色素中での電荷捕獲による励起電界発光に対する自己捕獲機構を見出し、励起一重項状態や励起三重項状態を有するホスト材料/ゲスト材料間の Förster 機構あるいは Dexter 機構によるエネルギー移動に起因する電界発光ではないことを確認した。²⁾

2. 考え方

一般に、蛍光材料に注入された電子と正孔によって形成された励起子のうち 25% が励起一重項状態 (全スピン量子数=0) になり、残りの 75% は励起三重項状態 (全スピン量子数=±1) を作り出すので、導電性高分子を発光層とする発光素子の内部量子効率率は 25% 以上になることは無い。励起一重項状態のみが放射減衰して電界発光し、励起三重項状態は基底状態へ非放射減衰する。高効率 WPLED を実現するためには、青色発光導電性高分子内で形成される励起三重項状態の有効利用が不可欠である。蛍光色素ではなく赤色および緑

色の燐光色素を添加した青色発光導電性高分子では、励起三重項状態を電界発光に利用できる。この考えの重要な点は、青色発光導電性高分子の励起三重項状態が緑色燐光色素のそれよりエネルギー的にかなり低い位置にあることで、励起三重項状態のエネルギーが蛍光導電性高分子から緑色燐光色素へ移動できない。しかし、赤色燐光色素では励起三重項状態のエネルギー準位が青色導電性高分子のそれより低い位置にあり、青色発光導電性高分子の励起三重項状態から赤色燐光色素へのエネルギー移動が可能である。

3. Bio-WPLED

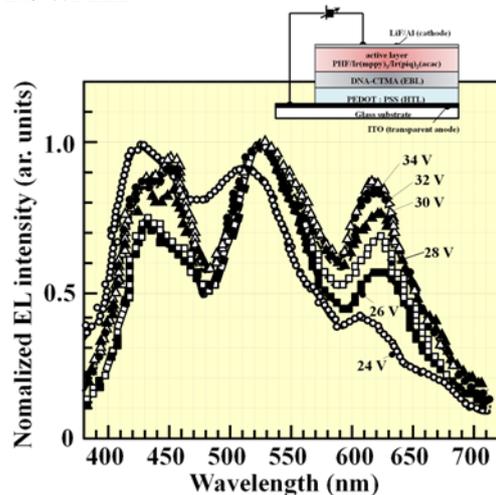


Fig. 1 Spectra of Bio-WPLED for different bias voltages.

Fig. 1 は試作した Bio-WPLED の電界発光スペクトルを示す。挿入図は素子構造を示し、赤色燐光色素として *bis*(1-phenyl-isoquinoline)(acetylacetonate)iridium (III), Ir(piq)₂(acac) を混入している。~430 nm に青色、~514 nm に緑色そして~612 nm に赤色のピークを示し、発光効率 0.86 cd/A, 最大輝度 350 cd/m² を得た。発光機構は、電荷の自己捕獲による緑色発光、Förster 機構あるいは Dexter 機構による励起三重項エネルギー移動による赤色発光そしてホスト材料 PHF の青色発光である。

<参考文献>

- 1) 小野田光宣, P. K. Bhatnagar, P. C. Mathur, “鮭の白子から抽出した DNA 生体膜を用いた有機電界発光素子”, 2012 年 (平成 24 年) 春季第 59 回応用物理学関係連合講演会論文集, 15p-F1-6 (2012) pp.12-168.
- 2) 小野田光宣, P. K. Bhatnagar, P. C. Mathur, “緑色燐光色素を添加した高分子発光素子”, 2012 年 (平成 24 年) 秋季第 73 回応用物理学関係連合講演会論文集, 14a-H2-7 (2012), pp.12-141.