

光致发光和电致发光测试在有机太阳能电池中的应用

前言

有机太阳能电池由于其可调的化学结构和易于进行大面积的光伏板制作的特点，成为太阳能电池中很有潜力的研究方向。由于在有机/聚合物混合物中含有带隙约为 1.4eV 到 3eV 的有机半导体，这类材料对于太阳光谱的吸收很少。为了克服这个缺点，其中一种办法就是在电池中堆积不同带隙的物质，形成新的新的设计结构。本文将通过稳态瞬态光谱对在太阳能电池中广泛应用的一种物质 P3HT : PCBM (Poly(3-hexyl)thiophene-2,5-diyl: [6,6]-phenyl C61 butyric acid methyl ester) 进行相应的表征。

实验设备

光致激发、发射和电致发光的光谱使用 FLS980 稳态瞬态荧光光谱仪进行表征。仪器配置为 450W 氙灯，双激发/双发射单色器，紫外可见光电倍增管 R928P 及近红外光电倍增管 R5509。时间分辨光谱测试使用皮秒脉冲二极管 (EPL-445) 和钛蓝宝石激光器 (Coherent, 重复频率为 4.75MHz, 激发波长为 445nm)。发射信号使用微通道板 PMT (R38094-50) 检测。测试所使用的三个检测器全部同时接在 FLS980 的发射单色器出口。

结果与讨论

图 1 分别显示了暴露在空气和密封起来的 P3HT:PCBM 样品归一化的激发和发射光谱。在密封前后发射光谱位于 720nm 处的发射峰没有太大变化。测量环氧树脂密封样品的激发光谱，监测的发射波长为 720nm，可以看到位于 600nm 的主峰，450nm 处的肩峰以及 220nm 和 280nm 的两个峰。激发光谱与 PCBM 位于 200-400nm 及 P3HT 位于 400-600nm 处的吸收光谱相符合。

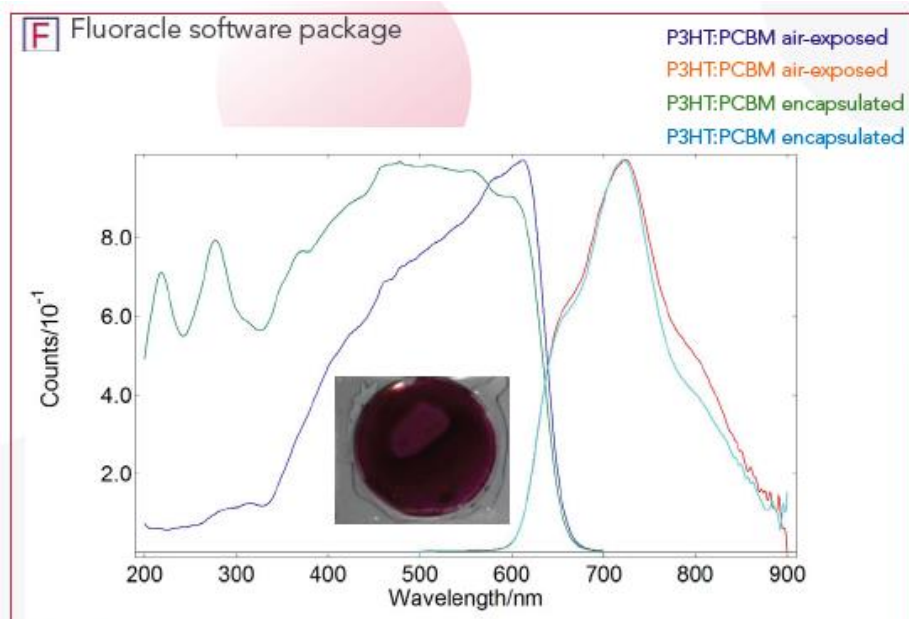


Figure 1: Excitation and emission spectra of air-exposed and encapsulated P3HT:PCBM solar cells. P3HT:PCBM air-exposed $\lambda_{em}=720nm, \Delta\lambda_{exc}=10nm, \Delta\lambda_{em}=5nm$, P3HT:PCBM air-exposed $\lambda_{exc}=450nm, \Delta\lambda_{exc}=10nm, \Delta\lambda_{em}=5nm$, P3HT:PCBM encapsulated $\lambda_{em}=720nm, \Delta\lambda_{exc}=\Delta\lambda_{em}=3nm$, P3HT:PCBM encapsulated $\lambda_{exc}=450nm, \Delta\lambda_{exc}=\Delta\lambda_{em}=3nm$

P3HT:PCBM 的荧光衰减光谱显示在图 2 中。暴露在空气中的样品可以使用单指数拟合得到一个 46.84ps 的寿命。而密封的样品寿命为 647.20ps 明显要高很多，这个寿命与纯 P3HT 相吻合，这个结果表明，在这个样品中聚合物发光没有被 PCBM 猝灭。

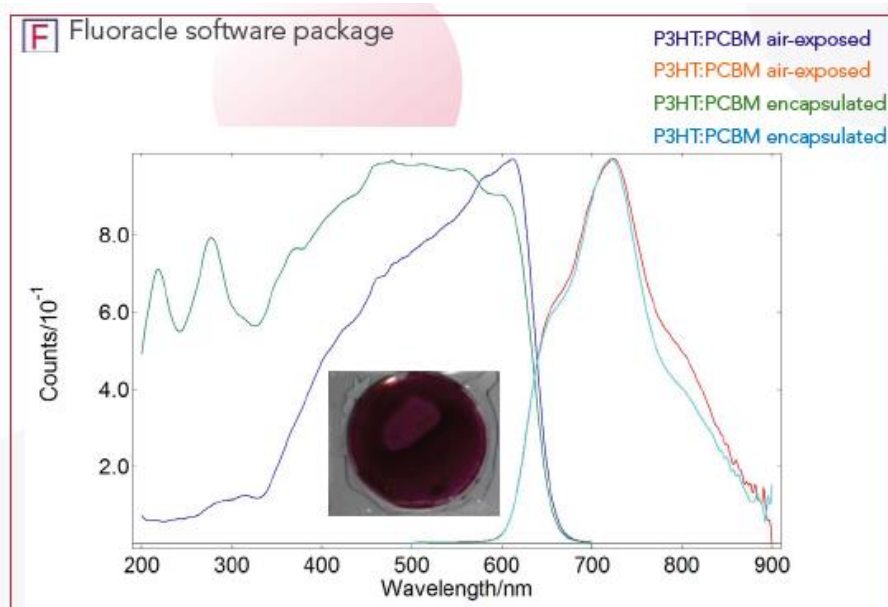


Figure 1: Excitation and emission spectra of air-exposed and encapsulated P3HT: PCBM solar cells. P3HT:PCBM air-exposed $\lambda_{em}=720\text{nm}$, $\Delta\lambda_{exc}=10\text{nm}$, $\Delta\lambda_{em}=5\text{nm}$, P3HT:PCBM air-exposed $\lambda_{exc}=450\text{nm}$, $\Delta\lambda_{exc}=10\text{nm}$, $\Delta\lambda_{em}=5\text{nm}$, P3HT:PCBM encapsulated $\lambda_{em}=720\text{nm}$, $\Delta\lambda_{exc}=\Delta\lambda_{em}=3\text{nm}$, P3HT:PCBM encapsulated $\lambda_{exc}=450\text{nm}$, $\Delta\lambda_{exc}=\Delta\lambda_{em}=3\text{nm}$

图 3 是密封的样品在不同电流下的归一化电致发光光谱。可以看到当注入的电流增加的时候，光谱发生了蓝移，这与高能态分子比例的增加有关。

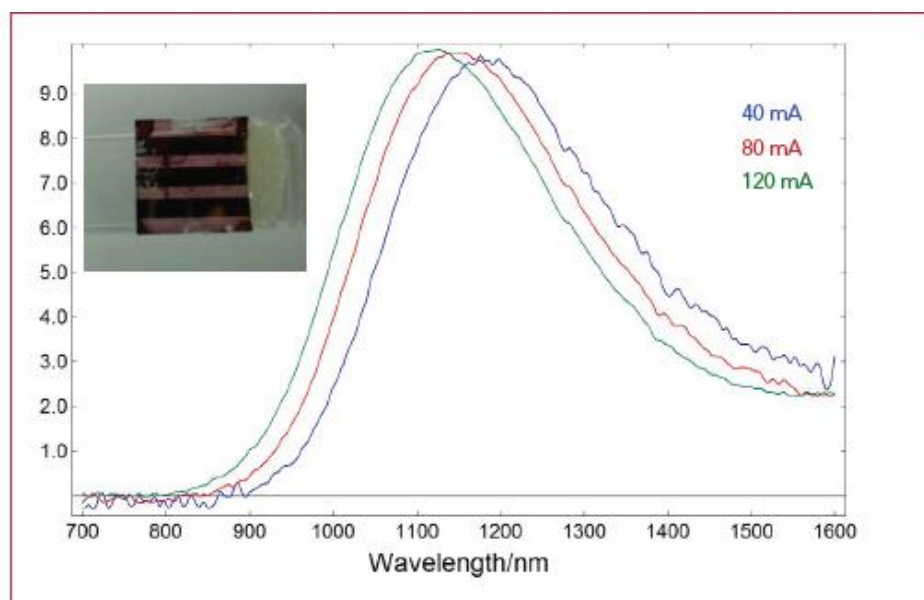


Figure 3: Electroluminescence spectra of encapsulated P3HT: PCBM device. In the inset, a photo of the encapsulated device is shown.

结论

本文对 P3HT : PCBM 太阳能电池的光致发光和电致发光光谱进行表征。光致发光的激发光谱与吸收光谱是一致的。皮秒尺度的时间分辨光谱测量揭示了被聚合物猝灭的富勒烯的状态，这个研究对于发展太阳能电池十分有用。另外，随着注入电流的增大，电致发射光谱发生了蓝移现象。