

文章编号:1007-2780(2010)04-0582-03

N&K 多功能薄膜分析仪在 OLED 失效分析中的应用

陈 柳, 俞宏坤*, 曾 韡, 彭雅芳

(复旦大学 材料科学系, 上海 200433)

摘 要: 使用 N&K 多功能薄膜分析仪对 OLED 的结构进行分析, 对比了不同时间室温老化实验样品的反射率波谱。对反射率进行计算拟合, 得到 OLED 的多层膜结构信息。对相同室温老化实验条件下的完好器件和失效器件的结构进行了对比, 发现对于结构为 ITO/NPB/Alq₃/LiF/Al 的器件, 主要是 Alq₃ 和 LiF 层发生变化引起器件失效。由此也证明使用 N&K 多功能薄膜分析仪是 OLED 失效分析的有效手段。

关 键 词: 有机电致发光器件; N&K 多功能薄膜分析仪; 失效分析

中图分类号: TN383+.1 **文献标识码:** A

N & K Analyzer in OLED Failure Analysis

CHEN Liu, YU Hong-kun*, ZENG Wei, PENG Ya-fang
(Department of Materials Science, Fudan University, Shanghai 200433, China)

Abstract: The structure of OLED was studied by N&K analyzer and the reflectance spectrum of samples in different time duration were compared. The layers thickness information in this OLED, with a structure of ITO/NPB/Alq₃/LiF/Al, can be obtained by calculating and datum fitting. By comparing the structure of different samples, it is found that the main reason of device failure lies in Alq₃ and LiF layer. This also indicates that N&K analysis is an effective method for OLED failure research.

Key words: organic lighting-emitting device; N&K analyzer; failure analysis

1 引 言

有机电致发光器件(OLED)具有驱动电压低、发光亮度大、视角宽、响应速度快等优点,使其成为新一代平板显示技术中的亮点^[1]。然而在 OLED 的大规模实用化过程中,其本身可靠性问题成为最大障碍。目前对于 OLED 可靠性问题的研究工作主要集中于器件本身的失效分析,也有部分研究者关注电极腐蚀现象的失效研究^[2]。尽管这些研究在工艺上取得了一定的进展,但是对于 OLED 失效的规律和具体机理仍然没有完全揭示,难点在于 OLED 的结构复杂性。

OLED 为多层有机薄膜器件,使得对 OLED 的结构几乎无法用传统的表征手段进行分析,而各层膜厚度的不同会对 OLED 的性能产生重要影响。传统的测量膜厚的方法如 SEM、SIMS 测试,在测量精度上误差很大,并且对样品都有一定的破坏性,因此开发出无损、快速、准确地测量 OLED 的膜厚新技术对 OLED 的可靠性分析至关重要。

本文采用宽光谱分光光度测试法和 Forouhi-Bloomer 离散方程拟合计算程序相结合的新型实验仪器 N&K 8000-CD 多功能薄膜分析仪^[3]对 OLED 样品进行分析测试,并与失效器件的测试

收稿日期: 2010-03-17; 修订日期: 2010-05-02

作者简介:陈柳(1985—),女,辽宁营口人,硕士研究生,主要从事光电功能薄膜方面的研究。

* 通讯联系人, E-mail: hkyu@fudan. edu. cn

结果进行比较。

2 实 验

所制备的器件结构为 ITO/NPB/Alq₃/LiF/Al,在样品制备过程中采用石英晶振膜厚测量仪对有机薄膜的蒸发速度和厚度进行测量。蒸镀完毕后,不对样品进行封装。图 1 为实验所用器件结构和材料分子结构。

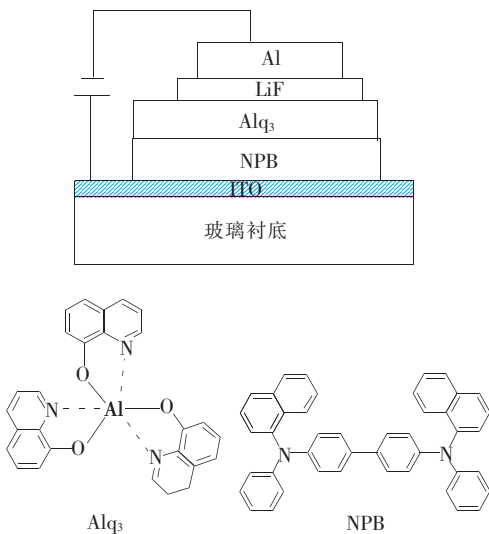


图 1 所用材料的器件结构和分子结构
Fig. 1 Schematic structure of diode and the molecular structure of organic materials

3 样品测试与结果分析

N&K 对实验得到的反射率曲线进行计算拟合。应用 Forouhi-Bloomer 离散方程为基础的拟合程序。Forouhi-Bloomer 方程表示为:

$$n(E) = n(\infty) + \sum_{i=1}^q \frac{B_{0i}E + C_{0i}}{E^2 - B_iE + C_i} \quad (1)$$

$$k(E) = \sum_{i=1}^q \frac{A_i(E - E_g)^2}{E^2 - B_iE + C_i} \quad (2)$$

在拟合程序中还应用了 GOF(Goodness of fit) 参数,该参数表示拟合得到的 R 值与实际值的相近程度,该参数的取值为 0~1,结果越接近 1,说明结果越精确,越接近真实值。

3.1 器件薄膜反射率随室温老化时间的变化

利用 N&K 多功能薄膜分析仪对经过室温老化 7,10,40 天的样品进行测试,得到样品的反射率曲线,如图 3 所示。为加速器件失效,对老化 40

天器件的一点通电使其失效,对这个失效点的反射率进行测试,并与未失效的器件的反射率图谱进行比较。

红、绿、深蓝 3 条曲线分别代表老化 7,10,40 天的完好样品的反射率曲线,3 条曲线趋势基本一致,说明室温老化时间的长短未对样品的反射率产生影响。而对于通电失效样品,其反射率曲线(淡蓝色)在 200~400 nm 处的紫外光区域发生变化,并结合 Forouhi-Bloomer 方程推出随着老化时间的增长,器件的结构发生明显变化。

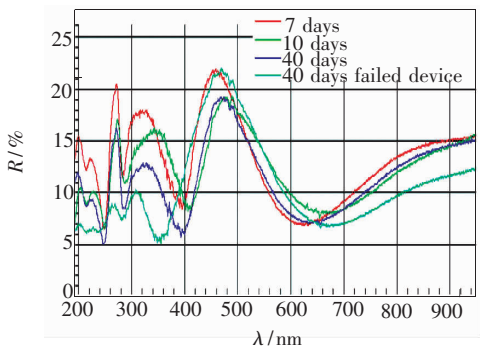


图 2 不同老化时间的器件反射率图谱
Fig. 2 Reflectance spectra of the device with different time duration

为分析样品反射率变化的具体原因,我们选取老化 40 天的完好样品和失效样品进行进一步的厚度对比测试。

3.2 失效器件与完好器件的厚度对比

老化 40 天后经过通电失效的样品的厚度测试如图 3 所示。表 1 是厚度平均值对比表(失效点与其他部分 12 个完好点)。为减小计算量,经过多次试验后将 ITO 层和 NPB 层的厚度固定,分别取值 59.98 nm 和 70.93 nm,只对另两层的厚度进行计算拟合分析。

图 3 中左上角亮点处为通电失效点,可以看出,该部分 4 点的厚度与完好器件部分的 12 点的厚度值差距十分明显:失效器件的 Alq₃ 层的厚度平均值为 42.07 nm,而完好器件的厚度均值为 47.32 nm;失效器件的 LiF 厚度平均值为 11.8 nm,而完好器件为 8.493 nm 左右。各点的计算结果的 GOF 值也都较高,在 99% 以上。

将上述厚度结果比较发现,图 2 中失效器件的反射率变化主要是第 3 层 Alq₃ 和第 4 层 LiF 的变化引起的。需要说明的是本实验的厚度结

果是在认为材料未发生变化的条件下拟合得出的,如果材料本身发生化学或物理变化导致参数的改变,也能导致 $R(\lambda)$ 的变化。该器件失效的具体原因,还需要结合其他分析手段进一步确认。

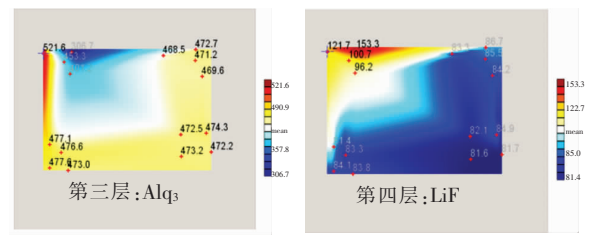


图 3 40 天后器件各点厚度

Fig. 3 Thickness of the device after 40 days duration

表 1 失效点与完好点的厚度平均值对比

Table 1 Thickness result comparison of the failed point and good point

nm

Test point	Alq ₃ Average thickness	LiF Average thickness
Failed point	42. 07	11. 80
Good point	47. 32	8. 36

采用 N&K 多功能薄膜分析仪进行 OLED 的失效分析有 3 大优点:一是该技术只要得到样品的反射率就可以进行计算,数据收集时耗时短,同时可以进行多点扫描并检验薄膜的均匀性;二是这种技术测试过程简单经济,对测试样品无破坏性,而且制样简单;三是由于该技术应用了 F-B 方程,简化了参数从而极大地减少了拟合过程中的计算量,并且一些常用材料的折射率、消光系数已经建立了一套标准的数据库,因此非常适合对相同材料和结构的器件进行测量定性分析比较。

4 结 论

应用 N&K 多功能薄膜分析仪对 OLED 样品的反射率、厚度等薄膜工艺参数进行了测量,并首次运用数据对比分析的方法对结构为 ITO/NPB/Alq₃/LiF 的 OLED 器件成功地进行了失效分析,器件失效是由于 Alq₃ 层和 LiF 层发生变化引起的。本技术不仅为 OLED 的失效分析提供了新的测试方法,同时为实际的工艺改进提供了一套新的技术,因其快速、多点、无损的扫描分析可以用在实际的生产工艺监控上,为工艺的改进和调控提供参考。

参 考 文 献:

[1] Hung L S, Chen C H. Recent process of molecular organic electroluminescent materials and devices [J]. *Materials Science and Engineering ;R*, 2002, 39:143-222.

[2] 彭雅芳, 俞宏坤, 蒋益明. OLED 器件电极腐蚀研究 [J]. *复旦大学学报*, 2008, 47(6): 769-772.

[3] 陈宏. “光学测量”的先锋 [J]. *中国集成电路*, 2006, 84: 74-75.

《液晶与显示》关于作者署名的通告

针对目前论文署名比较随便,论文作者要求增减合著者或改变排名顺序的情况时有发生,本刊编辑部特提请文章作者注意:论文署名是一件十分严肃的事情。在论文上署名的作者应为参与论文撰写或对论文所涉及的研究工作有贡献的人,所有署名作者均应对文章内容负责。凡合著的文章,投稿前应仔细斟酌,考虑周全,并征得所有合作者的同意,同时应写明联系人。署名及排序在投稿后确实需要改变时,应由联系人向编辑部出示有关合著者同意并签名(盖章)的函件。否则,编辑部有权拒绝其要求。

《液晶与显示》编辑部