

文章编号:1007-2780(2011)04-0532-06

多通道 OLED 器件寿命分析测试系统研制

余树福, 胡典钢, 王 坚*, 彭俊彪

(华南理工大学 高分子光电材料与器件研究所, 特种功能材料教育部重点实验室,
广东 广州 510640, E-mail: yushufu@gmail.com)

摘 要: 研发了一种多通道、多功能的 OLED 寿命分析测试系统。该系统可以在恒定驱动电流、恒定驱动电压、恒定发光强度 3 种不同驱动模式下同时对 512 路 OLED 器件进行寿命测试, 并可实现对测试环境温度和湿度的控制, 控制器件老化的环境。测试系统具有高精度和宽测试范围, 操作电流范围为 0.02~100 mA, 操作电压范围为 0~24 V。系统采用模块化设计, 可以根据用户需求灵活地搭建 512, 256, 128, 64, 32 路测试系统。基于 LabVIEW 开发环境编写的系统软件具有非常友好的操作界面和断电自保护功能, 保证了测试的连续性。

关 键 词: 有机电致发光二极管; 寿命; 多通道; LabVIEW; 老化测试

中图分类号: TN383+.1 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3788/YJYXS20112604.0532

Multi-Channel OLED Stress Test System

YU Shu-fu, HU Dian-gang, WANG Jian*, PENG Jun-biao

(Institute of Polymer Optoelectronic Materials and Devices, South China University of Technology;
Key Lab of Specially Functional Materials of Ministry of Education,
Guangzhou 510640, China, E-mail: yushufu@gmail.com)

Abstract: A multi-channel OLED stress test system was designed and made. The system could simultaneously stress 512 OLED devices independently in constant current, constant voltage, or constant light intensity testing mode. The system has a wide range of testing conditions with output current from 0.02 mA to 100 mA, and output voltage from 0 to 24 V. The system adopts a modular design which could easily build 512, 256, 128, 64, 32 channels based on users' needs. The application software built on LabVIEW development platform includes a user-friendly interface, and a self-protection feature from power failure, ensuring the continuity of the testing, and the safety of the data. With an environment chamber, the ambient temperature and humidity could be conveniently adjusted.

Key words: OLED; lifetime; multi-channel; LabVIEW; stress test

1 引 言

1987 年美国 Kodak 公司的 C. W. Tang 等

制成了有机电致发光二极管 (OLED), 首次实现了高效、低压、直流驱动的平面固体光源^[1]。OLED 因具有主动发光、全固态、能耗低、超薄、响

收稿日期: 2011-03-11; 修订日期: 2011-04-29

基金项目: 国家“863”项目 (No. 20090325, No. 2008AA03A311); 国家“973”项目 (No. 2009CB623600); 国家自然科学基金项目 (No. 60937001, No. 61036007)

作者简介: 余树福 (1985—), 男, 广东潮州人, 硕士研究生, 主要从事 OLED 显示屏的外围控制电路的研究。

* 通讯联系人, E-mail: jianwang@scut.edu.cn

应快、对比度高等优点,在照明和信息显示等领域发挥着越来越关键的作用^[2-4]。

OLED 能够长期、稳定、连续地工作,是实现实用化的前提,当前 OLED 寿命较短已成为制约其产业化的最主要因素。虽然已有绿色发光有机小分子 OLED 工作寿命超过 10 万小时,但绝大多数情况下 OLED 的寿命较短,与实用化还有一定的差距。因此,OLED 器件寿命测试及发光衰减机理的研究对于指导材料的选择、器件结构的设计、制备工艺的优化、器件性能的提高和加速 OLED 产业化进程具有重要的意义。

目前,尚未见国内有关于多通道 OLED 器件寿命分析测试设备的报道。本文所要解决的问题是设计基于数字电路实现多个 OLED 器件的寿命分析测试系统,该系统可以同时多个 OLED 器件在不同驱动模式(恒定驱动电流、恒定驱动电压、恒定发光强度)下进行器件的发光衰减寿命测试。根据所测得的器件电流-电压曲线和亮度-电压曲线等数据,为找到 OLED 器件的发光衰减机制和研发长寿命 OLED 提供理论分析依据。

2 OLED 器件寿命测试原理

恒定驱动电流测试模式下,分别在 OLED 器件的两个电极加一个常量的电流,电流从器件的正极流向负极,器件发出一定强度的光,亮度由亮度计采集,发光强度与通过器件的电流相关。随着时间的推移,由于器件持续被点亮,器件的阈值电压和等效欧姆电阻由于器件老化而不断增加^[5-6],器件亮度开始下降。通常将亮度降为起始亮度的 1/2 时所用的时间称为半衰期,也称为器

件的寿命^[7]。同样对于恒定驱动电压模式,在 OLED 器件两端施加一个恒定的电压,当亮度降为起始亮度的 1/2 时所用的时间为器件寿命。对恒定发光强度模式,实现机理就要复杂很多。由于要维持器件一个恒定的亮度,而器件在持续点亮的过程中亮度会衰减,这就需要提供有效的反馈机制,当器件亮度出现下降时通过增大电流或电压的方式进行补偿,从而维持器件设定的亮度值。在恒定发光强度测试模式下,寿命的判断依据需要改为电流增加到两倍起始电流或电压增加到两倍起始电压所用的时间。

3 512 路 OLED 器件寿命分析测试系统构建

多功能 512 路 OLED 器件寿命分析测试系统如图 1 所示,是由控制与测量处理装置、OLED 电源转换电路、程控恒温恒湿箱和检测信号转换电路构成的。其中,控制与测量处理装置包括了中央处理计算机、数字万用表模块和数字输入输出模块;OLED 电源转换电路包括了多路控制选通开关电路和 512 路独立的数字信号可控恒流恒压源电路;程控恒温恒湿箱包括了使用计算机通过串口控制的恒温恒湿箱和安置在其中的 512 路 OLED 器件测试盒;检测信号转换电路包括了 512 路独立的光电转换及信号放大电路和多路测量复用器电路。

中央处理计算机通过 PCI 总线控制数字输入输出模块输出数字控制信号,通过多路选通开关电路选择相应恒流恒压源支路,控制输出相应的电流或电压给 OLED 器件。恒流恒压源支路

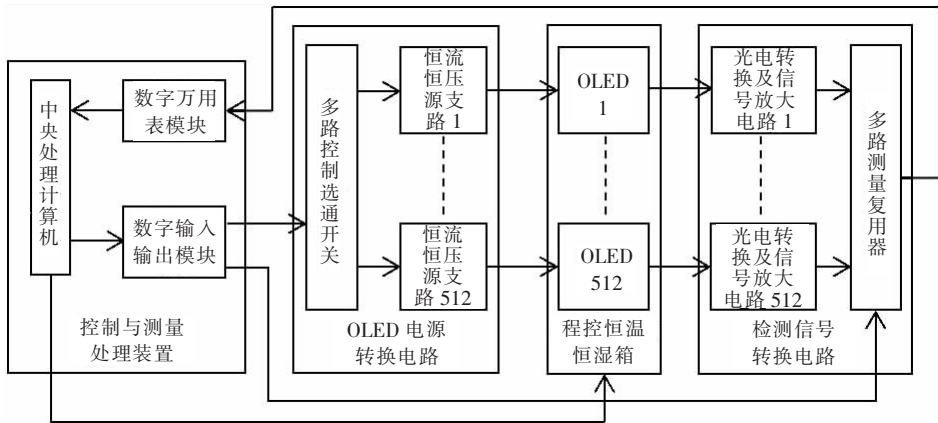


图 1 512 路 OLED 器件寿命分析测试系统方框图

Fig. 1 Block diagram of 512 channel OLED devices stress test system

由电阻(R_1 、 R_2 、 R_3)、运算放大器(P_1)、二极管(D_2)和双极型晶体管(T_1)组成^[8](如图 2 所示),支路形成了负反馈电路。可以通过控制 P_1 的正输入端的电压大小,也即上级数模转换器的电压输出,达到增加或减少流过 OLED 器件(D_1)电流的大小。通过测量支路 A、B、C 点的电压 V_A 、 V_B 、 V_C ,可以得到 D_1 两端的电压为 $V_A - V_B$,流过 D_1 的电流为 $(V_B - V_C)/R_1$,这样就得到每个支路 OLED 器件的电压电流参数。OLED 器件点亮后,其发出的光在光电转换电路里由光传感器所采集,由信号放大电路进行电流转换成电压并进行放大^[9],如图 3 所示。器件发出的光照射到光电传感器(PD_1),形成光电流 I ,在 D 点的电压 V_D 为 $I \times R_4$ 。根据光传感器的电流与其接收的光亮度成线性比例,得到与 OLED 器件发光的亮度成线性比例的电压参数 V_D ^[10]。各 OLED 器件亮度对应的电压信号经过计算机控制的多路测量复用器电路,由数字万用表模块测量相应的电压,数字万用表模块将采集到的数据返回给计算机,进行分析和存储。同时,计算机根据预设参数控制程控恒温恒湿箱,产生相应的 OLED 器件寿命测试环境。

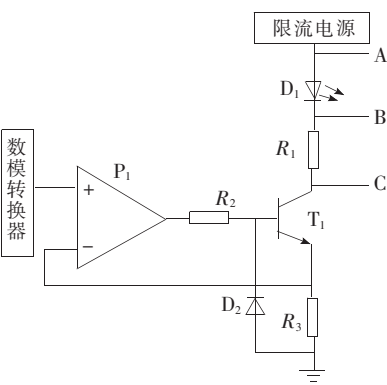


图 2 数控恒流恒压源原理图

Fig. 2 Schematic diagram of digital-control constant current or constant voltage source circuit

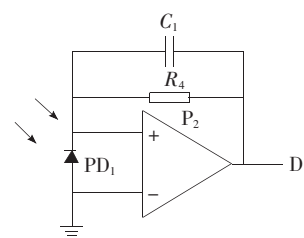


图 3 光电转换电路原理图

Fig. 3 Schematic diagram of photoelectric conversion circuit

整个系统采用 LabVIEW 编程^[11],借助于 LabVIEW 编程环境自动建立多线程的优点,优化系统并行测试的能力,大大提高了系统的整体性能。系统最大可同时进行 512 路 OLED 器件的寿命测量,系统的软件控制和显示界面分为 8 个单元,每个单元对应 8 块测量板,每块测量板可放置 8 个器件。1 个单元 64 个 OLED 器件的软件测试界面如图 4 所示。此系统可工作于恒定驱动电流、恒定驱动电压、恒定发光强度 3 种不同的测试模式,用户在软件界面上可以对每一个器件进行独立的配置。系统还具备断电自保护功能,在测试的过程中如果意外断电,重启后,系统可将待测器件的配置信息以及已经采集的数据重新读入,恢复测试,提高了系统的安全性和可靠性。OLED 器件寿命测试为长时间测试,此系统引入一种采样频率随时间变化的方式,利用特定抽样函数,保证初始时系统以很快的速度进行采样,随着时间的延长,采样的间隔逐渐增大。通过协调数据量与采样精度之间的关系,保证了数据采样过程的合理性。针对测试系统的 3 种不同测试模式,下面将分别介绍。

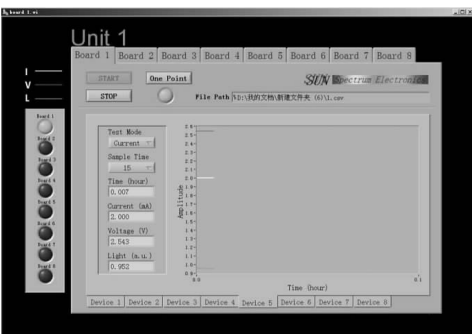


图 4 OLED 器件寿命测试软件界面

Fig. 4 User interface of lifetime measurement of OLED

3.1 恒定驱动电流模式

通常 OLED 器件的寿命测试是在恒定驱动电流模式下进行的,这种模式下需要给 OLED 器件提供恒定电流。具体流程如图 5 所示。

在应用中,如 N 路为 512 路,系统根据用户的恒定驱动电流模式的测量参数设定,分别对 512 路的数模转化器进行初始化,输出相应的电压,此时电压量由运算放大器和半导体二极管等组成的电路转换成相应电流驱动 OLED 器件。OLED 器件被点亮,亮度由光探测器采集。系统采

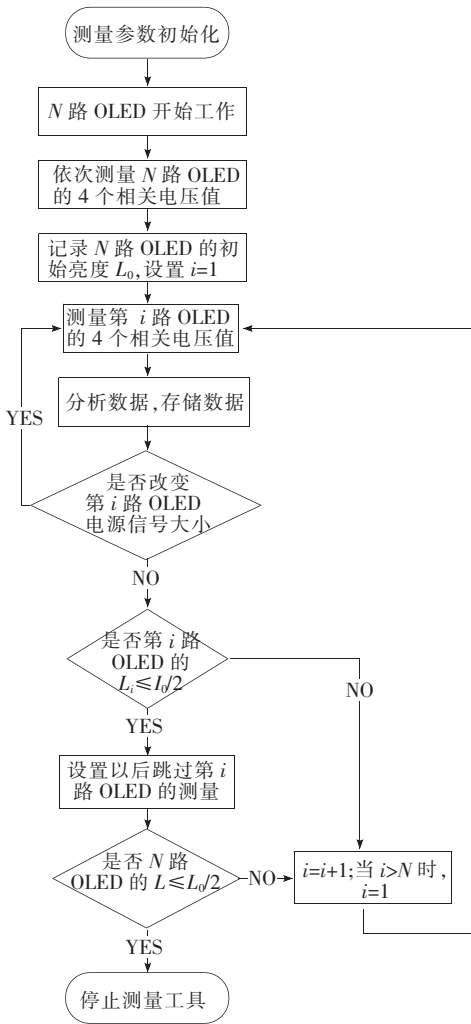


图 5 N 路 OLED 器件寿命测试系统的测试流程图
Fig. 5 Flow chart of lifetime measurement of N channel OLED devices

用增强了蓝光波段感应的硅光二极管，此硅光二极管采用平面结构，响应时间仅为 3 μs，光谱响应为 350~1 100 nm，完全满足基于不同材料体系器件测试的要求。硅光二极管输出的电流一般很小（纳微安级别），借助于放大电路对电流信号进行放大，最后由数字万用表完成测量。对于恒流模式，开始点亮时器件具有最大的亮度，程序运行并将第一次采集到的 512 路 OLED 的 4 个相关电压值（ V_A 、 V_B 、 V_C 、 V_D ）和亮度 L_0 记录下来并作为 OLED 参考电源和亮度数值。因为是恒定电流驱动模式，根据电路的恒流驱动特性，不需要改变驱动 OLED 的电源信号控制参数，可以进入下一轮采集。依次对 512 路 OLED 的发光亮度进行采集，这时将采集到的亮度值 L 与参考亮度值

L_0 做比较，若满足 $L \leq L_0/2$ ，则此路器件的亮度已经衰减到初始亮度的一半，此路 OLED 器件寿命测试结束，设定下一轮测试跳过此路测量支路。当 512 路 OLED 测量支路都已经跳过测量，则所有 OLED 器件寿命都测试完成。

3.2 恒定驱动电压模式

由于本系统电路是基于电压控制电流源的控制方式，因此通过间接的方式来维持器件工作在恒压状态。在第一次采集时，系统记录 512 路 OLED 器件的初始电压 V_0 ，并作为参考电压。在器件寿命测量的过程中，通过实时监控 512 路 OLED 的 4 个相关电压值，计算每一路器件的电压是否满足 $V=V_0$ ，以决定是否需要通过反馈电路调整每路 OLED 电源信号控制参数，也就是控制流过器件的电流大小以达到保持器件工作在恒压状态。同样系统设定当器件的亮度衰减到初始亮度的 1/2 时，寿命测试结束。

3.3 恒定发光亮度模式

在 OLED 商业应用中，通常需要使 OLED 器件保持在一定的亮度以上。因此在恒定的发光强度下进行 OLED 寿命测试将更具有实际意义。然而器件的发光亮度是用硅光二极管进行检测的，要保持一定的光强，需要把硅光二极管的光电流反馈给 512 路 OLED 器件的电源信号控制调节参数，以便对流过器件电流的大小进行调节。系统利用数字万用表实时测量监控 OLED 器件的光强，并把强度数值传输给计算机，计算机根据测量的信号不断调整数字信号输出，以达到器件所需的维持器件特定亮度的电流。其与恒流模式最主要的区别在于增加了反馈控制，当器件的亮度高于或低于初始亮度时，通过反馈调整器件的驱动电流，维持器件的发光亮度。在恒定亮度模式中，OLED 器件的驱动电压逐渐上升，维持一定亮度所需的电流也越来越大，系统可以设定当器件的驱动电压为初始电压或电流为初始电流的两倍时，作为器件寿命测试结束的判断依据。

4 测试系统应用

采用 ITO 透明导电玻璃作为衬底，用旋转涂覆方法制备 PEDOT:PSS(聚苯胺衍生物)空穴传输层(厚度 40 nm)，然后移入氮气手套箱，在热台上加热(200 ℃，10 min)。接着旋涂高效率绿光发光材料聚对苯乙炔衍生物 P-PPV，蒸镀金属阴

极 Ba/Al,最后用环氧树脂紫外固化包封。采用此结构的 OLED 器件分别在 3 种模式下进行测量,器件测量环境参数设置为温度 28 ℃,湿度 60%。

OLED 器件在恒定驱动电流模式下的测试结果如图 6 所示。设定器件进行寿命测试的初始电流为 2 mA,测得器件初始亮度为 1 400 cd/m²,经过 6.5 h 后器件亮度衰减为初始亮度的 1/2(700 cd/m²),即器件的寿命为 6.5 h。

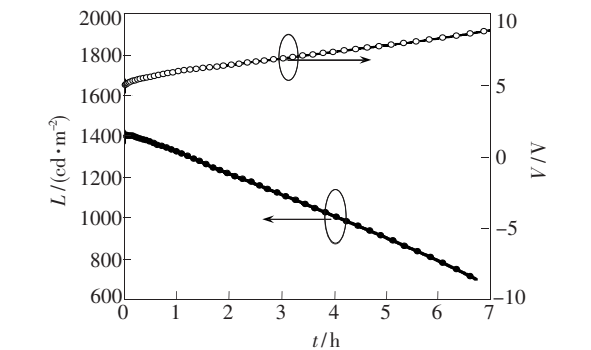


图 6 OLED 器件在恒定驱动电流模式下的亮度-时间-电压曲线

Fig. 6 Luminance-time-voltage curves of OLED in constant current test mode

OLED 器件在恒定驱动电压模式下的测试结果如图 7 所示。设定器件进行寿命测试的初始电压为 4 V,测得器件初始亮度为 1 380 cd/m²,经过 1.5 h 后器件亮度衰减为初始亮度的 1/2(690 cd/m²),即器件的寿命为 1.5 h。可以看到在恒定电压模式下,流过器件的电流在逐渐减小。

OLED 器件在恒定发光亮度模式下的器件测

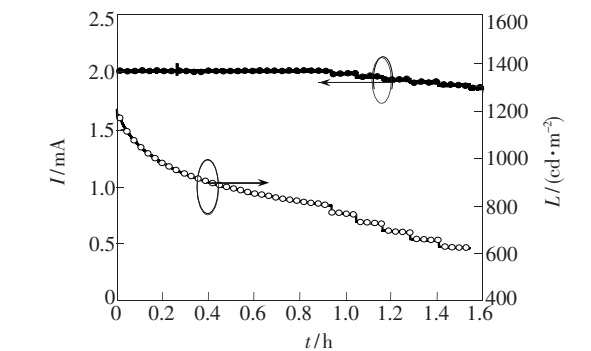


图 7 OLED 器件在恒定驱动电压模式下的亮度-时间-电压曲线

Fig. 7 Current-time-luminance curves of OLED in constant voltage test mode

试结果如图 8 所示。器件两端的电压和流过器件的电流随时间变化,设定器件进行寿命测试的初始亮度为 1 000 cd/m²。器件随着工作时间的延长,其电学性能由于各方面综合因素的影响会变差,由于要维持器件恒定的亮度,因此需要系统通过反馈的方式不断地加大流过器件的电流,同时器件两端的电压也在逐渐增加,当器件两端的电压上升到初始电压值的两倍时结束测试。本实验中经过 4.5 h 后,器件两端的电压上升到初始值的两倍,即器件寿命为 4.5 h。

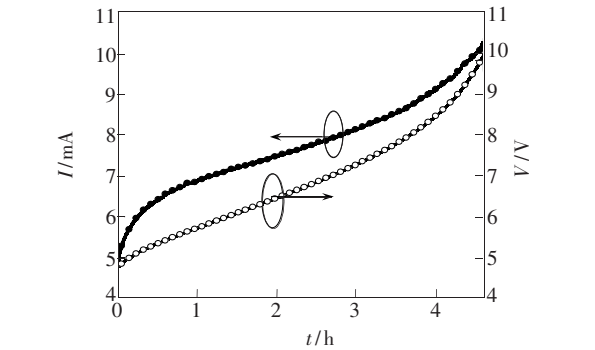


图 8 OLED 器件在恒定发光亮度模式下的亮度-时间-电压曲线

Fig. 8 Current-time-voltage curves of OLED in constant light intensity test mode

5 结 论

研制了一种多通道 OLED 器件寿命分析测试系统。采用数字电路代替了模拟电路,实现了真正意义上的规模批量测试。该系统可以在恒定驱动电流、恒定驱动电压、恒定发光强度 3 种不同驱动模式下同时对 512 路 OLED 器件进行寿命测试,并可实现对测试环境温度和湿度的控制,控制器件老化的环境。模块化的设计,使得可以根据用户的需求,灵活地搭建不同规模的测试系统,如 512,256,128,64,32 路等 OLED 寿命测试系统。基于 LabVIEW 开发环境编写的系统软件,具有非常友好的操作界面和断电自保护功能,保证用户的数据安全和测试的连续性。采用非连续采样方式,最大程度上保证了数据采集过程的合理性。根据系统测量所得的大量 OLED 器件的电流-电压曲线和亮度-电压曲线等数据,为找到 OLED 器件的发光衰减机制和研发长寿命 OLED 提供重要的理论分析依据。

参 考 文 献:

- [1] Tang C W, Vanslyke S A. Organic electroluminescent diodes [J]. *Appl. Phys. Lett.*, 1985, 51(12):913-915.
- [2] 滕枫, 李扬舟. Poly[(BEHP-PPV)-co-(MEH-PPV)]:DCJTb 为功能层 LEC 器件的能量传递 [J]. *发光学报*, 2009, 30(1):59-62.
- [3] 李红燕, 张玉祥, 张宏科, 等. 不同主体材料对红色磷光 OLED 器件性能的影响 [J]. *发光学报*, 2009, 30(1):585-589.
- [4] 张春玉, 陆景彬, 秦莉, 等. 微腔有机电致发光白光器件设计及制作 [J]. *发光学报*, 2009, 30(1):596-600.
- [5] Aziz H, Popovic Z D, Hu N X, *et al.* Degradation mechanism of small molecule-based organic light-emitting devices [J]. *Science*, 1999, 283(5099):1900-1902.
- [6] Cao Y, Yu G, Parker I D, *et al.* Ultrathin layer alkaline earth metals as stable electron-injecting electrodes for polymer light emitting diodes [J]. *Appl. Phys.*, 2000, 88(6):3618-3623.
- [7] Juan C J, Tsai M J. Implementation of a novel system for measuring the lifetime of OLED panels [J]. *IEEE Conference Electronics*, 2003, 49(1):1-2.
- [8] 童诗白, 华成英. 模拟电子技术基础[M]. 第 3 版. 北京:高等教育出版社, 2001:523-527.
- [9] 陈振官, 陈宏威. 光电子电路及制作实例[M]. 北京:国防工业出版社, 2006:40-42.
- [10] 松井邦彦. OP 放大器应用技巧 100 例[M]. 邓学, 译. 北京:科学出版社, 2006:71-78.
- [11] 阮奇桢. 我和 LabVIEW:一个 NI 工程师的十年编程经验[M]. 北京:北京航空航天大学出版社, 2009:109-137.