

## 多功能 OLED 驱动电源的设计与实现

张稳稳, 贺锋涛, 董 军

(西安邮电大学 电子工程学院, 陕西 西安 710121)

**摘 要:** 针对目前有机电致发光器件(OLED)驱动电源功能单一、电路复杂和成本较高等问题,设计了一种多功能 OLED 驱动电源,该电源基于单片机 STC89C52 控制和字符液晶 1602 显示。其能够灵活快捷地设置 OLED 驱动所需的四种电源,可调恒压源、可调恒流源、占空比及频率可调的脉冲电压源和电流-电压混合源(正向恒流反向恒压),可以根据 OLED 样品测试的实际情况,确定不同应用条件下的电源输出。从测试结果来看,该驱动电源误差小、分辨率高、纹波系数小、稳定性好,能够完全满足设计要求,而且具有结构简单、操作方便、易于扩展、成本低的特点。

**关键词:** OLED; 驱动电源; 单片机 STC89C52; 电流-电压混合源

**中图分类号:** TN383+.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1007-2276(2014)06-1883-06

## Development of multifunctional power supply for OLED

Zhang Wenwen, He Fengtao, Dong Jun

(School of Electronic and Information Engineering, Xi'an University of Post & Telecommunication, Xi'an 710121, China)

**Abstract:** A multi-function driving power supply system for the organic light emitting device (OLED) was proposed to improve the single function, circuit complexity and high cost of existing systems. The proposed system was based on a single-chip microcomputer STC89C52 and a character liquid crystal display module LCM1602. This power supply system could flexibly provide four different power sources, i.e, a variable constant voltage source, a variable constant current source, a pulse voltage source and a hybrid current-voltage source (a voltage-controlled constant current source for direct bias and a voltage-controlled constant voltage source for reverse bias) with adjustable frequency and duty cycle. The output was regulated according to the actual testing condition of an OLED sample. Testing results show that the system was competent for demand of power design, with high stability, high resolution, low ripple quotient and small error. Meanwhile, the system had characteristics of simple structure, convenient operation, easy expansion and low cost.

**Key words:** OLED; driving power supply; microcomputer STC89C52; hybrid current-voltage source

收稿日期: 2013-10-10; 修订日期: 2013-11-25

基金项目: 陕西省自然科学基金(2013JM1008); 陕西省教育厅专项科研基金(2013JK0626);

西安邮电大学青年教师科研基金(1011215, 1010473)

作者简介: 张稳稳(1977-), 女, 博士, 讲师, 主要从事光电子器件及性能测试方面的研究。Email: zhangwenwen@xupt.edu.cn

## 0 引言

有机电致发光器件 (Organic Light Emitting Device, OLED) 自 1987 年邓青云博士的研究取得突破以来<sup>[1]</sup>, 受到了平板显示和固体照明领域的广泛关注。因为 OLED 具有驱动电压低、能耗小、视角宽、响应时间短、体积小、工艺简单、成本低、可柔性显示等特点和优势<sup>[1-2]</sup>。经过二十多年的研究与发展, 虽然 OLED 性能已经改善了很多<sup>[3-4]</sup>, 也得到了广泛的应用<sup>[5]</sup>。但是, OLED 还有一些亟待解决的难题, 比如稳定性、寿命等等。要解决这些难题, 必须测试 OLED 的电学性能, 发光性能和寿命稳定性等来综合评价 OLED 器件<sup>[6-8]</sup>, 再针对问题去改善。

一般测试 OLED 的电压—电流特性, 电压—亮度特性和电流—亮度等光电特性用的驱动电源为恒压源。而 OLED 器件的电流与亮度成正比, 因此寿命测试一般采用恒流源。另外, 研究已经发现一种特殊的交流脉冲驱动—正向恒流反向恒压的混合电源驱动可以提高 OLED 器件的寿命<sup>[9-11]</sup>。究其原因, 是反向偏压有益于移除电荷陷阱、阻止杂质离子向电极漂移<sup>[11-12]</sup>。还有交流脉冲驱动下的电学特性与直流驱动下的也不完全相同。综合起来说, OLED 驱动需要四种模式的电源: 恒压、恒流、交流脉冲电压和电流—电压混合源。目前市面上尚没有能同时提供这四种模式的商用电源, 而分别由几种不同类型电源分别测试, 不仅体积庞大, 线路复杂, 成本高, 操作不方便。

针对以上问题, 文中设计了一种基于 STC89C52 的可调可控的多功能 OLED 驱动电源, 它能够灵活的设置 OLED 驱动所需的四种模式的电源, 这个电源不仅留有串行接口能够在上位机上设置所需电源, 而且还设有按键电路和显示电路使得该电源可独立使用。使得 OLED 的各项测试驱动变得方便快捷。

## 1 系统设计要求及总体结构

图 1 是标准 OLED 器件的电学特性, 可以看出一般 OLED 的驱动电压数十伏、而驱动电流仅有数十毫安。因此, OLED 多功能驱动电源的设计要求如下: (1) 恒压模式输出电压为直流 0~30 V 连续可调; (2) 恒流模式输出电流 0~100 mA 连续可调; (3) 交流脉冲电压模式输出电压为脉冲 0~±30 V, 占空比和

频率连续可调; (4) 电流—电压混合模式输出正向恒流 0~100 mA, 反向恒压 0~15 V, 电压电流连续可调, 占空比和频率可调。

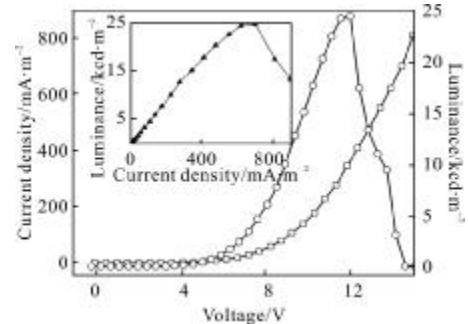


图 1 OLED 的亮度与驱动电压和电流密度的关系曲线

Fig.1 Current density - voltage, luminance - voltage and luminance - current density for a OLED device

OLED 多功能电源主要由供电模块、MCU 控制模块、液晶显示模块和四大功能电源模块—可调的恒压源模块、占空比及频率可调的脉冲电源模块、可调恒流源模块和占空比及频率可调的混合源模块组成, 总体框图如图 2 所示。

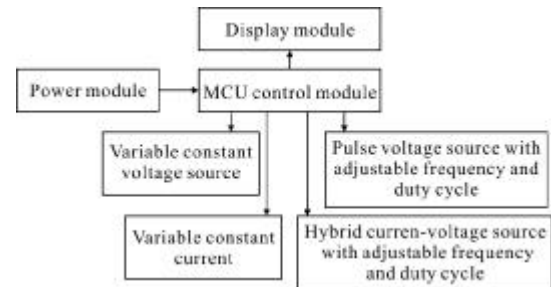


图 2 多功能 OLED 驱动电源总体结构框图

Fig.2 Principle diagram of multi-function power supply system

供电模块是利用变压器和集成稳压器等元器件为后续电路的芯片提供±15 V, 单片机供电+5 V, 而且为了减少模拟电路与数字电路的干扰, 专门还设计了 DA 的基准+5 V 电压, 运算放大器供电±30 V; MCU 控制模块由 STC89C52 单片机和外围的接口电路组成, 对各路电源进行控制、采集等; 显示模块是液晶显示器和按键电路组成, 用来进行人机对话; 可调恒压源模块提供 0~30 V 直流电压信号, 可调恒流源模块提供 0~100 mA 恒流信号, 占空比及频率可调的脉冲电源模块产生 0~±30 V 的脉冲电压信号, 占空比及频率可调的混合源模块产生 0~100 mA, 0~15 V 的正向恒流反向恒压的混合信号。

## 2 硬件功能模块设计

### 2.1 MCU 控制模块

MCU 控制模块选用的是宏晶的 STC89C52 单片机,它是一种低功耗、高性能的 CMOS 8 位微控制器,与 AT89C52 完全兼容,具有 8 K 在系统可编程 Flash 存储器。其还具有以下标准功能:8 K 字节 Flash,512 字节 RAM,32 位 I/O 口线,看门狗定时器,内置 4 KB EEPROM,MAX810 复位电路,3 个 16 位定时器/计数器,一个 6 向量 2 级中断结构,全双工串行口。因为在单芯片上,拥有灵巧的 8 位 CPU 和在系统可编程 Flash,最终选择了 STC89C52 做为控制模块。

### 2.2 可调恒压源模块

0~30 V 可调恒压源模块工作原理是单片机 STC89C52 根据设置的电压大小,P0 口输出相应数字信号,通过 74HC573 锁存器,然后接入数模转换芯片 DAC0832 转换成模拟信号,做为后级运算放大器的输入端进行放大输出。图 3 是 0~30 V 可调恒压源模块电路原理图。DAC0832 为电流输出型转换器,采用运放 OP07 将电流信号转换成模拟电压信号,提供给运算放大器 LM343 进行放大,放大倍数为  $R_{13}/R_{12}$ ,另外一个运算放大器组成了一个跟随电路,保证电路的稳定供电。为了稳定输出电压提高驱动能力电路中还采用了 NPN 三极管 BC183。

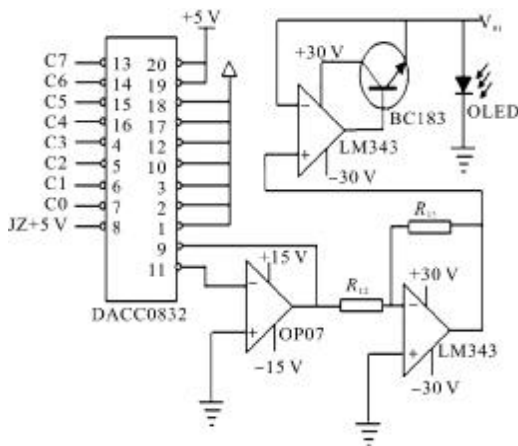


图 3 0~30 V 可调恒压源模块的电路原理图

Fig.3 Principle diagram of 0-30 V constant voltage circuit

DAC0832 是单片机系统中比较常用的 8 位分辨率的 D/A 转换集成芯片,其价格低廉、接口简单、转换控制容易,与 89C52 微处理器完全兼容。其内部电

路主要包括一个 8 位输入锁存器、一个 8 位 DAC 寄存器、一个 8 位 D/A 转换器。DAC0832 的主要特性为:8 位分辨率;1 $\mu$ s 电流稳定时间;可以单缓冲、双缓冲或直接数字输入;低功耗;单一电源供电。

运算放大器选择的是 LM343,这是因为它的供电可承受电压能达到 $\pm 34$  V,并且输出功率比较高,可以较好地满足设计要求。

### 2.3 占空比及频率可调的脉冲电源模块

脉冲电源模块和恒压源模块的工作原理类似,单片机 STC89C52 根据设置的交流脉冲电压大小,P1 口输出相应交流数字信号通过 74HC573 锁存器,然后接入数模转换芯片 DAC0832 转换成模拟信号,做为后级运算放大器的输入端进行放大输出。图 4 是 0~ $\pm 30$  V 占空比及频率可调的脉冲电源模块电路原理图。第一个三极管 BC183 起开关作用,用以转换参考电压,得到高低电平的脉冲。后续电路和可调恒压源模块的一样。对于 OLED 这种发光器件,脉冲电源频率不能太低,否则有闪烁感,频率也无需太高,否则会影响器件的流明效率,所以根据实际需要,文中设计的脉冲电源模块频率范围为 30 Hz~2 kHz,占空比可调范围 1%~99%。

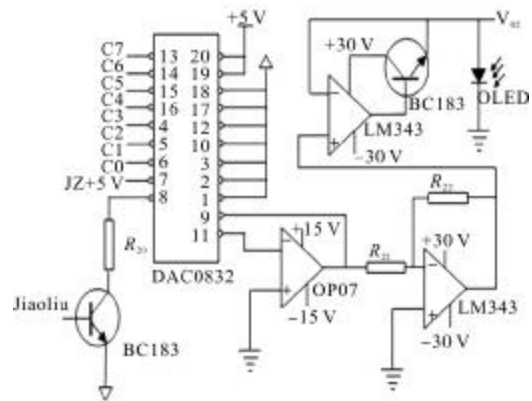


图 4 0~ $\pm 30$  V 占空比和频率可调的脉冲电源模块电路原理图

Fig.4 Principle diagram of 0- $\pm 30$  V AC pulse voltage circuit

### 2.4 可调恒流源和占空比及频率可调的混合源模块

图 5 是电流模块电路图,用来产生可调恒流源和占空比及频率可调的混合源模块(正向恒流反向恒压)。通过输入  $V_i$  可以调整电源的类型和电流电压幅度,如图 5 所示,其接在运算放大器 LM343 的正向输入端。 $V_i$  是上面提及的可调恒压模块或者占空比及频率可调的脉冲电源的输出,如果  $V_i$  为恒压信号,快速二极管 IN4148 正向导通,当  $R_{31}/R_{32}=R_{33}/R_{34}$

成立，此时电路是个标准的正负反馈平衡型电路，相当于一个压控恒流源，此时流过 OLED 的电流  $I_{OLED} = (V_i \times R_{32}) / (R_{31} \times R_c)$ ，改变电压  $V_i$  的大小即可调整输出恒流的大小。如果  $V_i$  为交流脉冲电压信号，当  $R_{31}/R_{32} = R_{33}/R_{34}$  成立，在  $V_i$  为正时，如上所述此时相当于一个压控恒流源， $I_{OLED} = (V_i \times R_{32}) / (R_{31} \times R_c)$ 。但在  $V_i$  为负时，运算放大器的输出是负电压信号，此时快速二极管 IN4148 处于反向截止状态，截断了第一个运放的正反馈回路，电路缩减成一个同相比例放大器，相当在 OLED 两端加上了一个反向电压  $(1 + R_{32}/R_{31}) \times V_i$ ，改变电压  $V_i$  的大小即可调整反向电压的大小，此时流过 OLED 的电流为零。

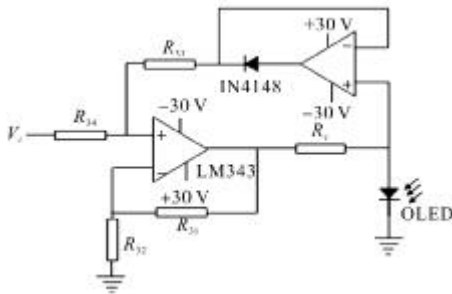


图 5 电流模块电路图

Fig.5 Principle diagram of current generation module

### 2.5 显示模块

显示模块由液晶显示器件和按键电路组成，本设计采用字符型液晶 LCD1602 显示模块配合按键电路来完成。按键电路包括四个按键，分别是模式选择键，数值增加键，数值减小键和确认键。原理框图与接口关系如图 6 所示。P3.4~P3.7 为 4 个按键扫描接口；液晶显示数据由 P1 口输出，通过 74HC573 锁存器，接入 LCD1602 模块；液晶模块的控制端由 P2.0~P2.2 控制。

LCD1602 液晶模块采用 HD44780 控制器，HD44780 具有简单而功能较强的指令集，可以实现

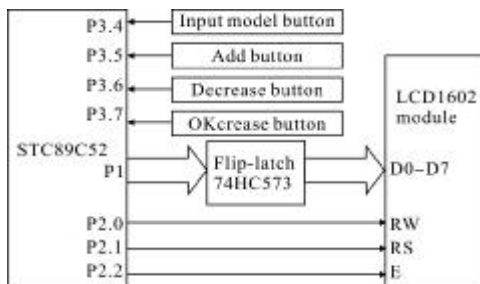


图 6 显示模块原理与接口关系框图

Fig.6 Principle diagram and interfaces of display module

字符移动，闪烁等功能，其内部含有字符发生器 CGROM，能提供 192 种 5\*7 点阵字符和 32 种 5\*10 点阵字符 HD44780 还为用户提供了编写特殊字符的 CGRAM，它的容量仅 64 字节，可以自定义 8 个 5\*7 点阵字符或者 4 个 5\*10 点阵字符，把“电压”“电流”这些标识都用 CGRAM 来实现。电压电流数值则由 CGROM 来提供显示。

### 3 基于 STC89C52 的控制软件的设计

控制软件的编程语言为单片机 C51 语言。软件主要包括：初始化程序、按键程序、模式选择程序、D/A 转换程序、显示程序。由于此次设计要对 4 种电源输出模式进行选择，这种选择是利用 STC89C52 芯片的 P2 口控制各路电源锁存器 74HC573 使能端来进行的。图 7

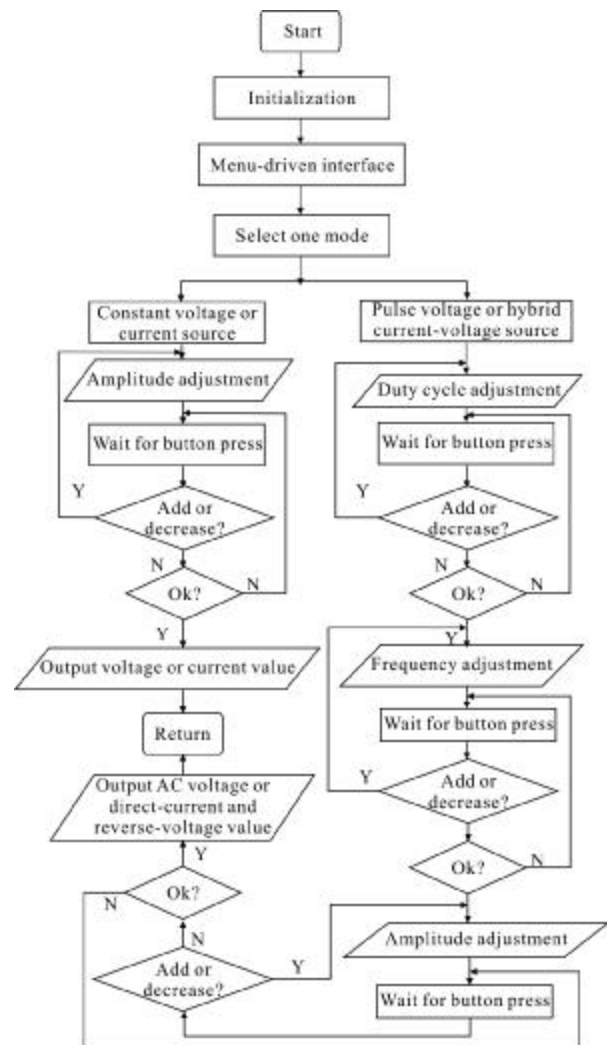


图 7 程序设计流程图

Fig.7 Control software flowchart

是软件流程简略图。可调恒流源模块和可调恒压源模块流程类似,占空比及频率可调的脉冲电源跟混合源模块流程类似,所以流程图简略为两路。

## 4 测试结果

### 4.1 驱动电源指标测试

结合驱动电源的应用要求,笔者对稳定性等比较关心的指标在室温条件下进行了测试。稳定性的测试是给驱动电源设置给定电压或电流数值,连续带负载工作 8 h,用吉时利 2602 源表记录数据,间隔 10 min。表 1 是驱动电源指标测试数据。从测试数据来看,该驱动电源误差小,稳定性好,能够满足设计要求。

表1 驱动电源指标测试数据

Tab.1 Testing results of driving power supply

Test project	Test result	Test project	Test result
Output voltage range	0-30 V	Voltage resolution	0.12 V
Output current range	0-100 mA	Current resolution	0.4 mA
Adjustment frequency range	30-1 999 Hz	Stability	<0.1%/8 h
Adjustment duty cycle range	1%-98%	Ripple voltage	<6 mV

### 4.2 OLED 样品驱动测试

用标准的真空蒸镀工艺制备了结构为 ITO/NPB (60 nm)/Alq<sub>3</sub> (60 nm)/LiF (0.5 nm)/Al (100 nm) 的 OLED 标准样品。其中 ITO 为阳极,NPB 为空穴传输层,Alq<sub>3</sub> 为发光层兼电子传输层,LiF 为电子注入层,Al 为阴极,发光面积 12 mm<sup>2</sup>。

驱动电源提供了 4 种模式电源分别测试了 OLED 封装样品的亮度衰减曲线,如图 8 所示。这 4

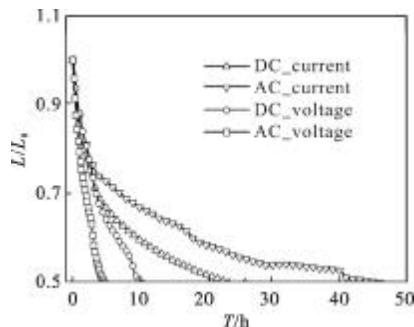


图 8 不同驱动模式下 OLED 亮度衰减曲线

Fig.8 Normalized luminance decay [luminance (L)/initial luminance (L<sub>0</sub>)] under various driving mode

种电源分别是:4mA 恒流 (DC\_Current);6.2 V 恒压 (DC\_Voltage);50 Hz 占空比 1:1 的交流电压 (AC\_Voltage),其正向电压 6.2 V,反向电压 5 V;50 Hz 占空比 1:1 的电流-电压混合源 (AC\_Current),其正向电流 8 mA,反向电压 5 V。从测试数据来看,亮度衰减曲线符合 OLED 亮度衰减规律,混合源驱动下寿命最长,恒压下寿命最短,证实了测试数据的可靠性。

## 5 结论

文中建立了一套基于 STC89C52 单片机控制的多功能 OLED 驱动电源,它既可通过计算机控制,也可通过独立按键使用。该电源有四种模式的电源输出,包括可调恒压源、可调恒流源、占空比及频率可调的脉冲电压源和混合源驱动模式。根据 OLED 不同应用条件下的测试,可以灵活设置电源输出模式。控制系统采用了有在系统可编程 Flash 的 STC89C52,使得程序的下载及其改动更为方便快捷。电路系统采用运算放大器搭建,使得系统的可靠性提高。应用该电源提供的 4 路不同形式的电源成功地对 OLED 的寿命进行了测试,该电源完全能够满足测试的需求,具有很高的应用价值。

### 参考文献:

- [1] Tang C W, VanSlyke S A. Organic electroluminescent diodes [J]. Appl Phys Lett, 1987, 51(12): 913-915.
- [2] Prache O. Active matrix molecular OLED microdisplays [J]. Displays, 2001, 22: 49256.
- [3] Chen Wenbin, Li Xiang. Truncated cone model for OLED external quantum efficiency enhancement [J]. Infrared and Laser Engineering, 2007, 36(5): 718-720. (in Chinese)  
陈文彬,李响. OLED 外发光效率增强模型研究 [J]. 红外与激光工程, 2007, 36(5): 718-720.
- [4] Qin Yanfu, Sun Zhiguo, Jiang Guangzhi, et al Organic light emitting diodes with semitransparent Ce/Au cathodes [J]. Infrared and Laser Engineering, 2011, 40 (6): 1059-1062. (in Chinese)  
秦炎福,孙志国,姜广智,等. 阴极为半透明 Ce/Au 的有机发光二极管 [J]. 红外与激光工程, 2011, 40 (6): 1059-1062.
- [5] Zhang Wenwen, Bai Yonglin, Ouyang Xian, et al. Intelligent streak camera with OLED display [J]. Infrared and Laser

- Engineering, 2012, 41(2): 484-488. (in Chinese)  
张稳稳, 白永林, 欧阳娟, 等. 具有 OLED 显示的智能化  
条纹相机[J]. 红外与激光工程, 2012, 41(2): 484-488.
- [6] Zhang Wenwen, Wu Zhaoxin, Zhu Renlong, et al. Development of testing system for the stability of organic light emitting devices [J]. Journal of Xi'an Jiaotong University, 2011, 45(2): 64-67. (in Chinese)  
张稳稳, 吴朝新, 朱仁龙, 等. 有机电致发光器件稳定性测试系统的设计与实现 [J]. 西安交通大学学报, 2011, 45(2): 64-67.
- [7] Chen Zhiming, Zhu Wenqing, Zhang Zhilin, et al. Life test system of organic light-emitting devices [J]. Journal of Optoelectronics·Laser, 2006, 17(1): 1349-1350. (in Chinese)  
陈志明, 朱文清, 张志林, 等. 有机电致发光器件寿命测试系统 [J]. 光电子·激光, 2006, 17(1): 1349-1350.
- [8] Juan C J, Tsai M J. Implementation of a novel system for measuring the lifetime of OLED Panels [J]. IEEE Consume Electronics, 2003, 49(1): 1-2.
- [9] Van Vanslyke S A, Chen C H, Tang C W. Organic electroluminescent devices with improved stability [J]. Applied Physics Letters, 1996, 69(15): 2160-2162.
- [10] Li Feng, Feng Jing, Liu Shiyong. Degradation of organic light-emitting devices under different driving model [J]. Synthetic Metals, 2003, 137(1-3): 1103-1104.
- [11] Cusumano P, Buttitta F, DI Cristofalo A, et al. Effect of driving method on the degradation of organic light emitting diodes [J]. Synthetic Metals, 2003, 139(3): 657-661.
- [12] Zou Dechun, Yahiro M, Tsutsui T. Spontaneous and reverse-bias induced recovery behavior in organic electroluminescent diodes [J]. Applied Physics Letters, 1998, 72(19): 2484-2486.