

# OLED 有源驱动 TFT 阵列的一种测试方法

刘雪强 张彤<sup>†</sup> 王丽杰 夏志强 李明友 刘式墉

(吉林大学电子科学与工程学院, 长春 130012)

**摘要:** 提出了一种检测有源驱动 OLED TFT 阵列的方法, 这种电流检测方法是结合 TFT 的制作工艺进行的. 在只增加一块光刻版的情况下, 有效地解决了在含有 2 个 TFT 的单元像素电路中, 检测驱动管困难的难题. 这种检测方法能够进行快速的全屏检测, 具有精度高, 对 TFT 阵列无损伤的特点.

**关键词:** TFT; OLED; 有源驱动; 电流检测; 仿真模拟

EEACC: 4260

中图分类号: TN302

文献标识码: A

文章编号: 0253-4177(2007)07-1161-04

## 1 引言

有机电致发光显示器件(organic light emitting diodes, OLEDs)因具有低功耗、宽视角、高亮度、响应速度快等优点, 近年来成为人们关注的热点. 由于有源 OLED 能满足大尺寸、高分辨率显示屏的要求, 因此它被认为是未来极具应用前景的平板显示器<sup>[1,2]</sup>器件.

OLED 有源驱动阵列需要用多个 TFT 单元器件的组合来实现, 最常见的驱动方式是每个单元像素中包含有两个 TFT 的驱动电路形式<sup>[3]</sup>, 这种单元电路的优点是结构简单, 工艺容易实现, 开口率高. 也有文献报道<sup>[4,5]</sup>每个单元像素中含有四个 TFT 的电路, 其优点是能够在一定程度上克服和解决驱动管阈值电压不均匀和阈值电压漂移的问题, 但同时也伴随着开口率低且引线过多的缺点. 我们采用的是单元像素含有两个 TFT 的源极跟随型电路, 如图 1 所示. 当 T1 管处于选通状态时,  $V_{data}$  对电容进行充电并控制 T2 开启; 当 T1 管处于非选通状态时, 电容能够维持 T2 管的栅压, 这样就能保证整个帧周期内 T2 管的开启.

TFT 阵列的质量直接影响显示屏的质量, 因此 TFT 阵列的检测成为一个关键问题. 最常用的方法是光-电检测法<sup>[6,7]</sup>, 光-电检测法是将金属电极上的电压信号转化成光信号进行分析, 对应用于 OLED 的 TFT 阵列来说, ITO 是透明的, 能够检测到像素电路中驱动管 T2 的漏极电压, 但对屏上的所有 TFT 进行检测需要较长的时间. 也有文献报道<sup>[8]</sup>在单元像素电路中增加检测电容来检测 TFT 的阵列,

这种方法对于驱动 LCD 的 TFT 阵列来说, 由于像素中只有一个 TFT, 检测起来很方便, 特别是对于 a-Si 的 TFT 阵列均匀性较好, 这种方法比较适用. 对于驱动 OLED 的 TFT 阵列, 每个单元像素电路内已经包含有两个 TFT, 尽管也可用检测电容充电电流的方法检测 T2, 但由于检测电容的存在, 增加电路的延迟时间, 降低开口率. 我们提出的电流检测法能够对全屏进行快速检测, 精度高.

## 2 设计与结果

### 2.1 检测方法的提出

图 1 所示的是我们采用的源极跟随型两管像素电路, 当完成 TFT 阵列的制作时, 需要对 TFT 的性能进行测试和判断, 接下来再进行图中虚线内 OLED 的制备. 此时驱动管 T2 的漏极是悬空的, 没有电流回路, 造成了测试的困难.

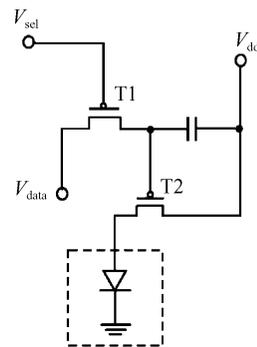


图 1 两管 TFT 像素驱动电路(源极跟随型)

Fig. 1 Two-TFTs pixel circuit (source follower configuration)

<sup>†</sup> 通信作者. Email: zhangtong@jlu.edu.cn  
2006-12-15 收到, 2007-03-07 定稿

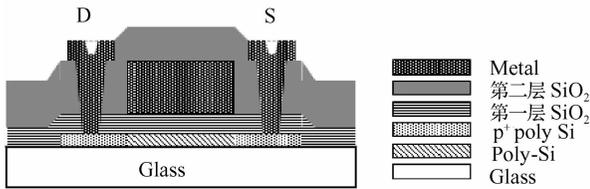


图 2 p 沟道 Poly-Si TFT 的结构示意图  
Fig. 2 Structure of Poly-Si TFT device

目前, Poly-TFT 制作工艺根据技术和设备条件, a-Si 晶化的方式等许多条件的不同而有所不同, 我们与合作单位——韩国首尔大学及韩国 PT-PLUS 公司采用的是六次光刻, 金属侧向诱导工艺制作 p 沟道 Poly-Si TFT 阵列. TFT 的结构示意图如图 2 所示. 在完成 TFT 阵列的制备后, 生长 ITO 层并对其进行光刻, 光刻后的 ITO 做为 OLED 的阳极.

我们所提出的测试方法是结合工艺进行的, 由 TFT 阵列制作的基本工艺流程可知, 光刻 ITO 为像素驱动阵列制备的最后一步, ITO 制备完成整个驱动阵列的电路就已完成. 在将 ITO 刻成专属于每个像素单元 OLED 的阳极之前(如图 3), 首先将其刻成条状, 即覆盖在 TFT 阵列每一行上的 ITO 是一条状, 而不是最终覆盖在单元像素上的块状. 在屏的一侧每一行引出一个测试点, 如图 4 所示, 同一行像素的 T2 管共用一个源极, 在该行被选通期间从数据线输入信号, 该行的每一像素被逐列送入数据, 同时在公用的 ITO 电极端加入电压信号, 并测试电流, 便可分析出相应像素中 TFT 的工作情况. 在所

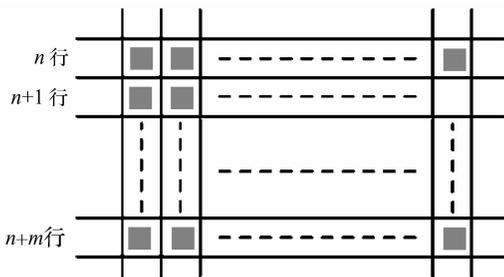


图 3 TFT 阵列中单元像素分布示意图 (■ ITO)  
Fig. 3 Schematic of TFT array



图 4 同行源极相连示意图 (■ ITO strip)  
Fig. 4 Connected gates of T2 in a line

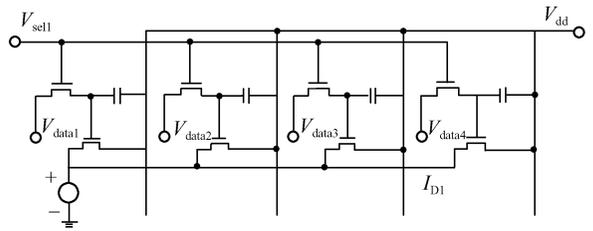


图 5 阵列中第一行的电路结构示意图  
Fig. 5 Schematic of the first line in TFT array

有的行测试完成后, 再增加一次光刻, 将条状 ITO 刻成最终所需要的形状. 这种测试方法快捷、简单, 对阵列无损伤.

按照以上的设计, 在  $V_{data}$ ,  $V_{sel}$ ,  $V_{dd}$  上加适当的电压值, 就可以通过测试 T2 管上的电流值得知 T1 与 T2 管的状态. 为了分析与仿真方便, 图 4 的等效电路如图 5 所示.

### 2.2 测试方法与仿真分析

具体测试方法是以图 1 所示全 p 沟道的 2-TFT 单元像素电路为例, 首先设计合理的输入信号, 如显示屏的第一行, 测试的时候, 使得第一行处于选通状态, 因 T1, T2 都为 p 型 TFT, 选通电压为低电平, 各个理想的输入和输出波形如图 6 所示.

分以下几种情况进行讨论:

(1) 图中  $V_{sel1}$  为 TFT 阵列第一行的选通信号,  $V_{data1}$  表示第一列数据线上的输入信号,  $V_{dataN}$  表示第 N 列数据线上的输入信号,  $I_{D1}$  表示第一行公共 ITO 电极上的电流值. 对应相应的输入电压, 由于第一行所有的 T1 管在测试该行的时候一直保持开启状态, 所以对于每个像素电路有数据送入时, 该像素的 T2 管便有电流流过, 此时公共电极端  $I_{D1}$  便有电流流出, 当没有任何数据线输入数据的时候, 公共电极端  $I_{D1}$  电流为零. 因此, 依次向第一行的每一个像素中送入数据信号,  $I_{D1}$  就会依次有电流信号输出, 由此可以得到图 6 所示的  $I_{D1}$  理想的输出波形图. 这里所谓的理想情况就是指所有 TFT 都能正常工作, 非晶硅(多晶硅)十分均匀, 所有 TFT 沟道迁移率都一致的情况.

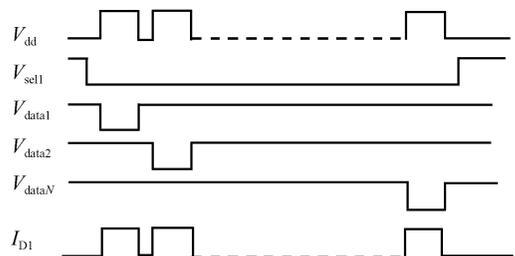


图 6 理想的输入和输出波形  
Fig. 6 Ideal input and output timing diagrams

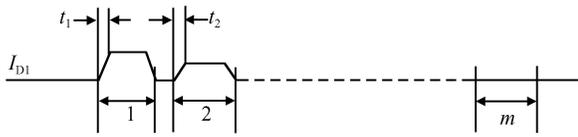


图 7 迁移率不同时的波形输出

Fig. 7 Output waveform with different mobilities

(2) 如果获得的实际输出情况如图 7 所示,即在 1 阶段与 2 阶段都有电流输出,但在相同的电压条件下,输出电流值幅度不同,表明这一行的 T2 管的沟道迁移率不均匀.假设在第  $m$  阶段没有电流输出,说明该像素电路中驱动管没有工作.在 1 阶段与 2 阶段的 T1 与 T2 正常且 T1 管  $V_{th}$  相同的情况下,可以通过上升时间得到两个单元像素内 T1 管迁移率的差异.

具体算法: T1 管工作于线性区,开态电流为:

$$I_{on} = \mu C_{ox} \frac{W}{L} \left[ (V_{GS} - V_T) V_{DS} - \frac{1}{2} V_{DS}^2 \right]$$

在选通期间  $I_{on}$  对单元像素内的电容充电,可以得出:

$$I_{on} t = Q = CV_{G2} = C(V_{data} - V_{DS1})$$

显然,  $I_{on}$  与充电时间  $t$  成反比,有:  $\frac{\mu_1}{\mu_2} = \frac{t_2}{t_1}$ .

(3) 当该行没被选通时,ITO 电极上已经有电流存在,如图 8 所示.

这种情况的出现表明,某些像素驱动电路内的 T2 管发生了源漏击穿,只要  $V_{dd}$  有电压, T2 管的漏极就会有电流流出.

因为某些像素 T2 管发生了源漏击穿,在这一行像素未被选通时, ITO 条上就有电流,当这一行像素被选通依次输入数据时,电流就会在原有的电流基础上叠加.而给 T2 管发生了源漏击穿的像素加信号时,电流值不会增加,就可以测出是哪些像素发生了源漏击穿.

(4) 如果没有选通该行像素,仅加数据信号的时候, ITO 电极就有电流流过,说明该像素 T1 管发生了源漏击穿,但 T2 管完好.

综合以上分析的情况,各种可能出现的情况如表 1 所示.

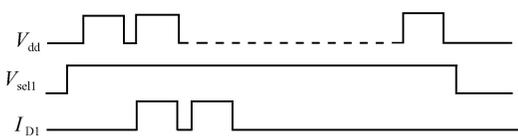


图 8 行未选通时 T2 管源漏击穿波形输出

Fig. 8 Source-drain breakdown output waveform of T2 when T1 is off

表 1 可能出现的情况列表(其中 1,0 分别代表有、无信号,  $x$  表示不能判定的情况, \* 表示电流随着任何一个电压变化发生变化)

$V_{sel}$	$V_{dd}$	$V_{data}$	$I_D$	T1	T2
0	0	0	0	$x$	$x$
0	0	1	0	$x$	$x$
0	0	1	1	源漏击穿	栅氧化层击穿
0	1	0	0	$x$	未发生源漏击穿
0	1	0	1	$x$	源漏击穿
0	1	1	0	$x$	未发生源漏击穿
0	1	1	1	源漏击穿	正常
1	0	0	0	$x$	$x$
1	0	0	1	栅氧化层击穿	栅氧化层击穿
1	0	1	0	$x$	未发生栅氧化层击穿
1	0	1	1	$x$	栅氧化层击穿
1	1	0	0	$x$	$x$
1	1	0	1	$x$	$x$
1	1	1	0	$x$	常关状态
1	1	1	*	正常	正常

其他行同理,具体检测可以根据测试设备的情况采用逐行测试或是全屏同时测试的方法,由于各行 ITO 电极上的信号互相之间没有影响,因此全屏同时测试节省时间.

### 3 结论

测试结果对照上表,就可以判断像素电路发生的问题,这对于找出工艺中出现的问题以及解决显示屏完成之后的显示不均匀等问题提供了很好的依据.不改变 TFT 制作的工艺顺序,最后增加一次光刻,即可无损伤地通过输出电流波形判断出单元像素电路的开关管和驱动管的工作状态.

### 参考文献

[ 1 ] Nathan A, Teza G, Ashtiani J. Driving schemes for a-Si and LTPS AMOLED displays. IEEE J Display Technol, 2005, 1 (2): 267

[ 2 ] Jung S H, Nam W J, Han M K. A new voltage-modulated AMOLED pixel design compensating for threshold voltage variation in poly-Si TFTs. IEEE Electron Device Lett, 2004, 25(10): 690

[ 3 ] Hattori R, He Y. Current-writing active-matrix circuit for organic light-emitting diode display using a-Si: H thin-film-transistor. IEICE Trans Electron, 2000, E83-C(5): 779

[ 4 ] Bhowmick S K, Mazhari B. An improved four TFT circuit for active-matrix organic light emitting diode display. SID Digest, 2002: 606

[ 5 ] He Y, Hattori R, Kanicki J. Four-thin film transistor pixel electrode circuits for active-matrix organic light-emitting displays. Jpn J Appl Phys, 2001, 40: 1199

[ 6 ] Weingarten K J, Rodwell M J W, Bloom D M. Picosecond optical sampling of GaAs integrated circuits. IEEE J Quan-

- tum Electron, 1988, 24(2), 198
- [ 7 ] Brunner M, Schmid R, Schmitt R, et al. In-process flat-panel-display testing with electron beams. Proc SID, 1994; 755
- [ 8 ] Lin Y C, Shieh H P D. In-process functional testing of pixel circuit in AMOLEDs. IEEE Trans Electron Devices, 2005, 52(10); 2157

## A Testing Method on a Thin Film Transistor Array for Active Matrix Organic Emitting Diode

Liu Xueqiang, Zhang Tong<sup>†</sup>, Wang Lijie, Xia Zhiqiang, Li Mingyou, and Liu Shiyong

(College of Electronic Science and Engineering, Jilin University, Changchun 130012, China)

**Abstract:** A novel method is used to evaluate the quality of a TFT array for an active matrix OLED, which can measure the characteristics of TFTs in a 2-T pixel circuit and detect the defects. The proposed testing method is carried out simultaneously with the fabrication processes. Without changing the fabrication processes, only one mask is added to judge the working states of the switch transistor and driving transistor in the pixel circuit. It is a current testing method, which has several advantages including fast response time, high precision, and no damage to the display.

**Key words:** thin film transistor; organic light emitting diode; active matrix driving; current test; simulation

**EEACC:** 4260

**Article ID:** 0253-4177(2007)07-1161-04

<sup>†</sup> Corresponding author. Email: zhangtong@jlu.edu.cn

Received 15 December 2006, revised manuscript received 7 March 2007