

文章编号:1007-2780(2010)04-0565-04

基于不同 TFT 技术的 AMOLED 像素电路仿真分析

徐小丽, 刘 如, 郭小军*, 苏翼凯
(上海交通大学 电子信息与电气工程学院, 上海 200240)

摘 要: 非晶硅、非晶氧化铟镓锌、多晶硅薄膜晶体管是可用于设计 AMOLED 像素驱动电路的 3 种典型的薄膜晶体管(TFT)技术。文中基于 3 种 TFT 的模型, 针对大尺寸、高分辨率的 AMOLED, 分别在典型的电压式驱动和电流式驱动像素电路进行了建模仿真, 并对仿真结果做了分析和比较。该研究方法为像素电路的设计提供了一定理论依据。

关 键 词: AMOLED; 非晶硅; 非晶氧化铟镓锌; 多晶硅; 薄膜晶体管

中图分类号: TN321+.5 **文献标识码:** A

Simulation and Analysis of AMOLED Pixel Circuits with Different TFT Technologies

XU Xiao-li, LIU Ru, GUO Xiao-jun*, SU Yi-kai
(School of Electronic, Information and Electrical Engineering, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200240, China)

Abstract: Active matrix organic light emitting diode (AMOLED) pixel circuits can be designed based on amorphous silicon, amorphous In-Ga-Zn-O and polycrystalline silicon thin film transistors. In this work, simulations and analysis have been conducted for typical voltage and current driving AMOLED pixel circuits in the three different TFT technologies. The analysis and comparison results provide important guidelines for selecting proper TFT technologies to design large-size and high-resolution AMOLEDs.

Key words: AMOLED; amorphous silicon; amorphous In-Ga-Zn-O; poly silicon; thin film transistor

1 引 言

平板显示已经成为未来显示的主流, 常见的平板显示器件包括液晶显示(LCD)、有机发光二极管(OLED)、等离子显示(PDP)等。其中 LCD 以其轻薄、无辐射、长寿命、技术成熟等优点已得到广泛应用。但 OLED 却具备了许多 LCD 不可比拟的优势, 如主动发光、色域宽、功耗低等, 而且还可实现柔性显示, 因此被视为 21 世纪最具前途的技术之一。

OLED 按驱动方式^[1]的不同可分为无源矩阵 OLED(PMOLED)和有源矩阵 OLED(AMOLED)。与 PMOLED 不同, AMOLED 的每个像素都有一个由 TFT 和存储电容组成的驱动电路, 从而具有连续发光、低功耗以及发光组件寿命长等特点, 成为实现高品质 OLED 显示的主流。目前, 可用于 AMOLED 的薄膜晶体管有非晶硅(a-Si)、非晶氧化铟镓锌(a-IGZO)、多晶硅(poly-Si)薄膜晶体

收稿日期: 2010-01-18; 修订日期: 2010-05-04
基金项目: 国家自然科学基金(No. 60906039)
作者简介: 徐小丽(1985—), 女, 江苏南通人, 博士研究生, 主要从事 AMOLED 像素电路及基于溶液技术的 TFT 器件的研究。
* 通讯联系人, E-mail: x. guo@sjtu. edu. cn

管(TFT)等。其中,a-Si TFT 是 AMOLED 最希望使用的有源驱动方式,成本低、工艺成熟,但存在迁移率低、阈值随使用时间漂移等缺点;poly-Si TFT 的迁移率高,可以满足 OLED 的大电流要求,但制造成本高,难以实现大尺寸显示;a-IGZO TFT 是近年来开发出来的新型薄膜晶体管,迁移率高、制造成本相对较低,但尚未形成成熟的工业化生产工艺^[2]。

本文基于大尺寸、高分辨率的 AMOLED,针对其像素电路驱动方式和 TFT 器件的选取进行了仿真分析。

2 模 型

2.1 像素电路

AMOLED 像素电路按照数据信号的不同,可分为电压式驱动电路和电流驱动式电路,如图 1 所示。其中 C_s 为存储电容, M_s 为驱动 TFT,其余薄膜晶体管为开关 TFT。像素电路实现的功能是:在采样阶段,将与 OLED 亮度呈一定关系的电信号充到 C_s 中;在保持阶段,存储在 C_s 中的驱动信号保证 OLED 在非采样阶段信号持续发光。本文中的仿真分析都基于这两个典型的驱动电路^[3]。

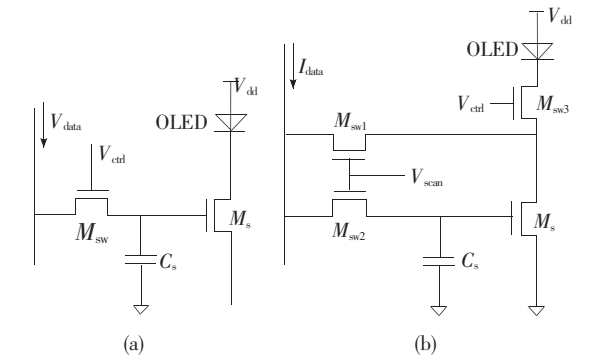


图 1 两种典型像素电路。(a)电压驱动式像素电路;(b)电流驱动式像素电路。

Fig. 1 Two typical pixel circuits. (a) Voltage driving pixel circuit; (b) Current driving pixel circuit.

2.2 TFT 器件模型

图 2 是根据实验数据和文献^[4]提取的 3 种 TFT 的有效载流子迁移率 μ_{eff} 随栅源电压的变化曲线。显然,a-Si 的迁移率很低,约为 $1 \text{ cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$,poly-Si 的迁移率较高,在开态超过了 $30 \text{ cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$,而 a-IGZO 在两者之间,约为 $13 \text{ cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$ 。

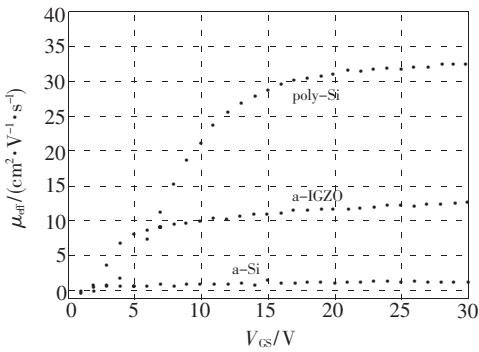


图 2 提取的 3 种 TFT 的有效载流子迁移率(μ_{eff})随栅源电压变化的关系

Fig. 2 Extracted effective carrier mobility(μ_{eff}) as a function of the gate-source voltage (V_{GS}) for the three types of TFTs

3 仿真及分析

对于同一信号传输线上的像素电路,当其中某一像素被选通时,其余像素虽处于保持状态,但同时也给选通的那个像素贡献了寄生电容 C_p 和电阻 R_p ,且列分辨率越高,总寄生电容、电阻就越大^[5]。在一些研究中,寄生电容和电阻未被考虑^[6-7],但它们对实际信号的传输有着不可忽视的影响。本文对不同的像素电路,采用了如图 3 所示的仿真模型。下面的仿真假设等效的总寄生电容和电阻分别为 2 pF 和 6000Ω ,得到两个像素电路在采用相同尺寸的不同种 TFT 器件时驱动 TFT(M_s) 在采样阶段输出电流的情况,并进行比较。

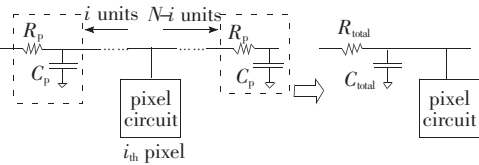


图 3 仿真模型

Fig. 3 Simulation model

3.1 电压驱动式

在相同的信号电压为 5 V 的条件下,仿真中的参数如表 1 所示。

仿真结果如图 4 所示,迁移率越大, M_s 的漏极电流越大。而且,在信号电压仅为 5 V 的情况下,即使是迁移率最低的 a-Si TFT,其输出电流也已经接近 $8 \mu\text{A}$ 。然而,一般情况下,OLED 的

表 1 电压式驱动电路仿真参数

参 数	参数值
V_{ctrl}	30 V
$W/L(M_{sw})$	30/10 μm
$W/L(M_s)$	200/10 μm
C_s	1.5 pF

最大驱动电流要远远低于这个值,所以可考虑减小驱动 TFT M_s 的尺寸,用于增加反馈部分的电路,以补偿电压式驱动电路中 TFT 阈值电压漂移带来的影响。

电压驱动方式下的信号延迟很小,在 3 种 TFT 的电路中,信号最大延迟亦不超过 5 μs (图 4)。而且,即使对于目前最高分辨率为 1 920 $\times$ 1 200 的显示产品,在输入信号扫描频率为 60 Hz 的情况下,即帧周期约为 13.9 μs 时,亦能保证较准确的采样。

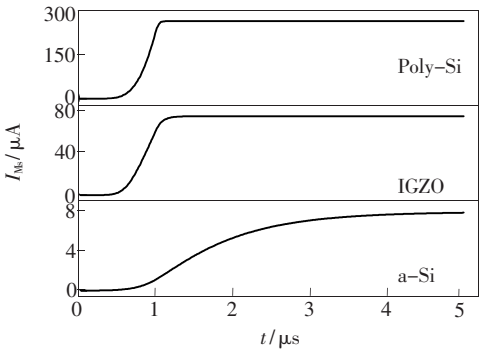


图 4 不同 TFT 的电压驱动式像素电路中 M_s 漏极电流的输出

Fig. 4 Drain current of M_s in the voltage driving circuits with different TFTs

3.2 电流驱动式

在相同的信号电流为 0.1 μA 的条件下,仿真中的参数如表 2 所示。

仿真结果如图 5 所示。可知,由于该电路为电流驱动方式,所以无论采用哪种 TFT 器件,其

表 2 电流式驱动电路仿真参数

参 数	参数值
V_{scan}	30 V
$W/L(M_{sw1}, M_{sw2})$	30/10 μm
$W/L(M_s)$	200/10 μm
C_s	1.5 pF

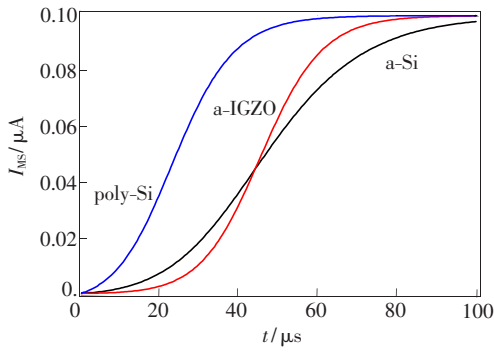


图 5 不同 TFT 的电流驱动式像素电路中, M_s 漏极电流的输出

Fig. 5 Drain current of M_s in the current driving circuits with different TFTs

延迟时间都较长,最小的延迟时间亦不低于 60 μs ,这显然不能满足准确采样的要求。

在 M_s 已被预充了 V_T 的情况下^[8], M_s 的漏极电流随时间的变化可表达为:

$$I_{Ms}(t) = I_{data} \left(\frac{1 - e^{-\frac{t}{\tau}}}{1 + e^{-\frac{t}{\tau}}} \right)^2 \tag{1}$$

其中,

$$\tau = \frac{C_p + C_{sw1} + C_{sw2} + C_{pix}}{\sqrt{2\mu_{eff} \cdot C_{ox} \cdot \frac{W}{L} \cdot I_{data}}} \tag{2}$$

C_{pix} 为像素电路中的存储电容和 M_s 等效电容的总和。由式(2)可知,延迟时间与整个电路的电容成正比,而与迁移率的平方根成反比。所以要提高采样信号的准确性,可以考虑降低整个电路的电容,但是大幅度降低整个电路的寄生电容较难实现,所以,比较有效的方案是采用高迁移率的薄膜晶体管技术。

3.3 分析

单独从器件的角度来看, poly-Si TFT 具有显著的优点,它拥有其他 TFT 技术遥不可及的高迁移率,但缺点是工艺成本昂贵且均匀性差。电压式驱动像素电路对 TFT 器件迁移率的要求不高,即使是低迁移率的 a-Si TFT 也能够满足采样要求,然而它的不稳定性给实际应用带来很大难度,所以采用迁移率较高,稳定性、均匀性好的 a-IGZO TFT 成为比较可行的方案。对于电流式驱动像素电路,信号的延迟问题比较显著,完全影响了数据的准确采样,虽可通过高迁移率的 TFT 改善此问题,但结合之前的仿真结果可知,对于大面积、高分辨率的显示屏来说,即使采用迁

移率最高的 poly-Si TFT,在有限的行选择时间内也不能实现完全采样。所以对于高品质显示,采用 a-IGZO TFT 结合补偿电路的电压驱动方式的像素电路比较合理。

4 结 论

分析了 3 种不同的 TFT 器件(a-Si、a-IGZO、

poly TFT)在两种典型的像素电路中的应用,利用建模、仿真以及分析比较的方法,从信号的准确采样以及工艺成本角度,说明采用 a-IGZO TFT 的电压式驱动像素电路更适用于大尺寸、高清晰度的 AMOLED 显示。

参 考 文 献:

[1] 张彤,郭小军,赵毅. a-Si TFT OLED 有源驱动阵列参数的优化与布局设计[J]. 液晶与显示, 2003,18(5):332-337.

[2] 马仙梅,荆海,马 凯,等. ZnO 薄膜及 ZnO-TFT 的性能研究[J]. 液晶与显示, 2009, 24 (3):393-395.

[3] 郭英英,李荣玉,梁宝闻,等. AM-OLED 四管像素驱动电路特性研究 AM-OLED 四管像素驱动电路特性研究[J]. 液晶与显示, 2008, 23(6):667-670.

[4] Chen C, Abel K, Fung T C. Amorphous In-Ga-Zn-O thin film transistor current-scaling pixel electrode circuit for active-matrix organic light-emitting displays [J]. *Japan. J. Appl. Phys.*, 2009, 48:03B025(1-7).

[5] 李云飞,王永生,张晓龙,等. a-Si:H TFT OLED 驱动电路中存储电容对显示性能的影响 [J]. 液晶与显示, 2008, 23 (5):572-577.

[6] 黄金英. 高品质低温多晶硅薄膜晶体管的制作与周边设计[D]. 北京:中国科学院, 2006.

[7] 司玉娟,徐艳蕾,郎六琪,等. 一种新的有源 OLED 交流驱动电路[J]. 半导体学报, 2006, 27(9): 1562 -1565.

[8] Jafarabadiashtiani Shahin. Pixel circuits and driving schemes for active-matrix organic light-emitting diode displays [D]. Waterloo, Canada;University of Waterloo, 2007.



SI 词头

代表的因素	词 头 名 称		符 号		代表的因素	词 头 名 称		符 号
	英 文	中 文				英 文	中 文	
10 ²⁴	yotta	尧[它]	Y		10 ⁻¹	deci	分	d
10 ²¹	zetta	泽[它]	Z		10 ⁻²	centi	厘	c
10 ¹⁸	exa	艾[可萨]	E		10 ⁻³	milli	毫	m
10 ¹⁵	peta	拍[它]	P		10 ⁻⁶	micro	微	μ
10 ¹²	tera	太[拉]	T		10 ⁻⁹	nano	纳[诺]	n
10 ⁹	giga	吉[咖]	G		10 ⁻¹²	pico	皮[可]	p
10 ⁶	mega	兆	M		10 ⁻¹⁵	femto	飞[母托]	f
10 ³	kilo	千	k		10 ⁻¹⁸	atto	阿[托]	a
10 ²	hecto	百	h		10 ⁻²¹	zepto	仄[普托]	z
10 ¹	deca	十	da		10 ⁻²⁴	yocto	幺[科托]	y