

玻璃衬底上 MIUC Poly-Si TFT 显示驱动电路

吴春亚¹, 孟志国¹, 李 娟¹, 马海英¹, 赵淑云¹, 刘建平¹, 熊绍珍¹, 郭海成², 王 文²

(1. 南开大学信息学院光电子薄膜器件与技术研究所, 光电子薄膜器件与技术天津市重点实验室, 光电信息技术科学教育部重点实验室(南开大学, 天津大学), 天津 300071;
2. 香港科技大学电机电子工程系, 香港九龙清水湾)

摘 要: 以高性能的金属诱导单一方向横向晶化多晶硅薄膜晶体管(MIUC poly-Si TFT)为基础, 研制出性能能满足 AM-LCD 和 AM-OLED 要求、版图和像素尺寸适配、制备工艺和像素电路兼容的多晶硅 TFT 行扫描和列驱动电路。该行扫描电路工作电压为 3.5 - 10V; 当工作电压为 5V、负载电容为 22pF 时, 下降沿约为 150ns, 上升沿约为 205ns, 最高工作频率在 1MHz 以上; 列驱动电路工作电压为 3.5 - 8V; 当工作电压为 5V、负载电容为 22pF 时, 上升沿约为 200ns, 信号衰减率为 15% (64 μ s 扫描周期), 最高工作频率达到 4MHz。将该 MIUC poly-Si TFT 多晶硅行扫描、列驱动电路和有源选址电路集成到同一基板上, 制备出像素数为 80 \times RGB \times 60、动态显示效果良好的全集成 LCD 屏样品。

关键词: 金属诱导单一方向横向晶化; 多晶硅薄膜晶体管; 显示驱动电路; 全集成显示

中图分类号: TN325 **文献标识码:** A **文章编号:** 0372-2112 (2005) 08-1349-04

Display Driving Circuits Made with MIUC Poly-Si TFTs on Glass Substrate

WU Chun-ya¹, MENG Zhi-guo¹, LI Juan¹, MA Hai-ying¹, ZHAO Shu-yun¹,
LIU Jian-ping¹, XIONG Shao-zhen¹, KWOK Hoi-sing², Wong Man²

(1. Institute of Photonics, School of Information Technology, Nankai University,
The Tianjin Key Laboratory for Photon Electronic Thin Film Devices and Technology
Key Laboratory of Photon Electronic Information Science and Technology
(Nankai University, Tianjin University), Ministry of Education, Tianjin 300071, China;
2. Department of Electrical and Electronic Engineering, The Hong Kong University
of Science & Technology, Clear Water Bay, Kowloon, Hong Kong, China)

Abstract: Based on metal induced unilateral crystallization (MIUC) technology, poly-Si thin film transistor (poly-Si TFT) display scan driving circuit and data driving circuit for AM-LCD and AM-OLED were developed, which can be made with the fabrication processes compactable with poly-Si TFT active matrix. The scan driver can work within the driving voltage from 3.5V through 10V. When it works at the driving voltage of 5V and the loading capacity of 22pF, the fall time and the rise time of the scanning circuit is about 150ns and 205ns respectively, the maximum working frequency is higher than 1MHz. Meanwhile, the data driving circuit can work within the voltage from 3.5V through 8V. Its rise time is about 200ns, its signal degradation ratio is about 15% during a period of 64 μ s, and the corresponding maximum working frequency is about 4MHz, when the data driving circuit work at the biased voltage of 5V and the loading capacity of 22pF. Using those MIUC poly-Si TFT display drivers, a self scanned active matrix LCD with pixel number of 80 \times RGB \times 60 was demonstrated.

Key words: metal induced unilateral crystallization; poly-Si TFT; display driver circuit; display system on panel

1 引言

与非晶硅薄膜晶体管(a-Si TFT)相比,多晶硅薄膜晶体管(poly-Si TFT)有相对优越的电学性能^[1],因此,Poly-Si TFT 不仅可用于制备 LCD 和 OLED 的只含有像素电路的有源选址驱动基板,还可以用于制备外围驱动电路。将二者制备在同一玻璃衬底上,可制备出外围驱动电路一体化的全集成有源基板(SOP)^[2,3],全集成有源技术可以大幅度降低外围引线

的数量,提高显示器的密度,减小显示驱动模块的体积,提高显示屏与外围其他部件连接的可靠性,使得 OLED、LCD 更适用于手机、个人数字助手、掌上电脑等便携式设备。因而,玻璃衬底上显示驱动电路的研究受到广泛的关注^[4]。

金属诱导晶化(MIC)是一种最近发展起来的低成本多晶化技术^[5,6],但直接以 MIC poly-Si 为有源层材料制备 TFT,其漏电流较大,耐击穿能力较差。因此,以 MIC 为基础,衍生出很多新型的制备技术和后处理技术,如单一方向横向晶化

收稿日期:2004-10-08;修回日期:2005-03-01

基金项目:国家自然科学基金(No:60437030);国家"863"平板显示专项(No:2004AA303570);国家出国留学人员回国基金和香港 RGC 的资助

(MIUC)、双栅结构、栅调制漏低掺杂、后激光或热退火等^[7,8]。

将 MIUC、后热退火及改进的制备流程相结合,研制出性能良好、空间分布均匀的 P 型和 N 型多晶硅薄膜晶体管(MFUC poly-Si TFT),其迁移率均高于 $100\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ 、开关比均大于 10^7 、阈值电压绝对值接近 3V ^[9]。以此为基础,我们采用两层金属 CMOS 工艺,研制出适用于 AMLCD 和 AMOLED 的 poly-Si TFT 行扫描和列驱动电路。本文将报道该多晶硅显示驱动电路的制备工艺、特点和性能。

2 驱动电路的制备

基于我们前期的器件研究基础和非集成型 AMOLED、AMLCD 有源基板研制经验,考虑到和有源选址像素电路制备工艺流程的兼容性以及显示器件后道制备工序对基板的要求及相互间的制约,采用两层金属工艺流程来制备玻璃衬底上 MIUC poly-Si TFT 显示驱动电路。TFT 的有源岛在金属诱导横向晶化(MLC)后光刻而成,且处于晶化质量较高的 MLC 区域。与先光刻有源岛后晶化的工艺流程相比,可将 TFT 单位宽度漏电流(I_{leak})从 $40\text{pA}/\mu\text{m}$ 降低到 $2\sim 3\text{pA}/\mu\text{m}$ 皮安。对于像素单元电路,漏电流的降低可以减小由其引起的闪烁、显示质量衰退等现象;对于带有电容存储功能的外围驱动电路,可以提高存储信号的保持能力;对于整个显示屏,由于其静态功耗 $P_s = V_{DD} \times I_{\text{leak}}$,因而在相同的电源电压下静态功耗可降低近 20 倍。另外,为了提高器件性能和简化制备过程,采用 LPCVD 沉积的多晶硅做栅电极,这对掺杂注入流程提出新的要求,为此,在进行栅电极图形加工之前,首先以磷对多晶硅栅层进行掺杂注入。之后对 P 型器件的源漏进行硼注入,再对 N 型器件的源漏进行磷注入。

所制备的 poly-Si 显示驱动电路的最小沟道长度为 $5\mu\text{m}$,为了尽量减小寄生电容和缺陷引起的不必要短路,相同层不相连的金属线间最小间距为 $5\mu\text{m}$,不同层不交叉金属线间最小间距为 $2\mu\text{m}$,接触孔均为 $4\times 4\mu\text{m}$ 。

3 行扫描电路

SOP-LCD 和两管型 SOP-OLED 对行扫描电路的基本要求是:正确的移位扫描功能、较大的负载能力和较低的工作电压。除此之外,由于我们设计的 AMOLED 像素单元电路由 P 型 poly-Si TFT 构成,因而我们设计的行扫描电路的输出信号为负脉冲。对于有源选址开关为 N 型 poly-Si TFT 的 SOP-LCD,在行扫描触发信号之前须加一非门,即可获得所需的行扫描正脉冲信号。考虑到 MIUC poly-Si TFT 器件性能毕竟比单晶硅 MOS 器件的逊色,晶体管集成密度也相对较低,我们本着采用尽可能简单的电路结构实现其功能的思想设计行扫描电路。

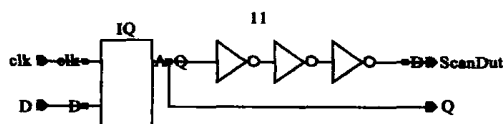


图 1 行扫描驱动电路单元原理图

我们设计的行扫描单元电路,由上升沿 D 触发器和三个级联的非门组成(见图 1),D 触发器实现行扫描信号的移位,

三个宽长比依次放大一倍的非门实现扫描信号驱动能力的数字式推挽功率放大和电压放大功能。行扫描驱动电路采用的是逐行扫描驱动方式。

为了测试分析该行扫描电路的性能,在制备 LCD 和 OLED 的全集成有源驱动玻璃基板的周边,同步制备了若干个包含 10 个单元电路的行扫描测试电路。用我们自开发的 AMLCD 视频显示控制电路为其提供时钟信号和 D 触发信号,用惠普 54830B 四通道可存储示波器对该电路的移位扫描功能、工作电压、响应时间和工作频率进行了测试分析。

表行扫描信号移位功能的输出信号波形如图 2 和图 3 所示。第 5 行输出信号相当于第 1 行的向后移位了 4 个时钟周期,第 10 行输出信号相当于第 1 行的向后移位了 9 个时钟周期,说明该电路具有进行扫描所需的逻辑移位功能。该电路

逻辑电路部分工作电压为 $3.5\sim 10\text{V}$ 。在 5V 工作电压,外接 100pF 的负载电容下表 1 MIUC poly-Si TFT 行扫描电路性能参数 (该电容值远远大于行扫描线寄生电容通常值 20pF),其输出波形仍为可以接受的方波。其他性能参数如表 1 所示。

下降沿	150ns (负载电容 22pf)
	360ns (负载电容 100pf)
上升沿	205ns (负载电容 22pf)
	650ns (负载电容 100pf)
起始工作电压	3.5V
最高工作频率	> 1MHz

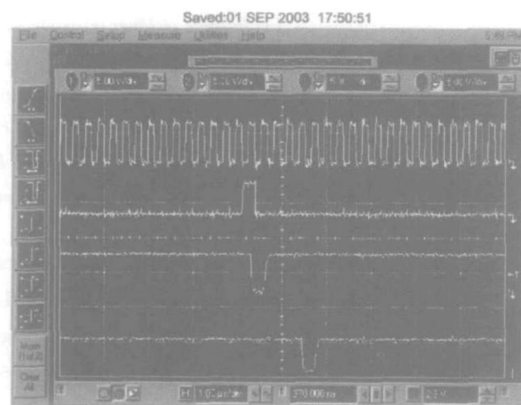


图 2 第 1 行和第 5 行输出信号
(黄色: 时钟信号, 绿色: D 触发信号,
粉红: 第 1 行输出信号, 紫色: 第 5 行输出信号)

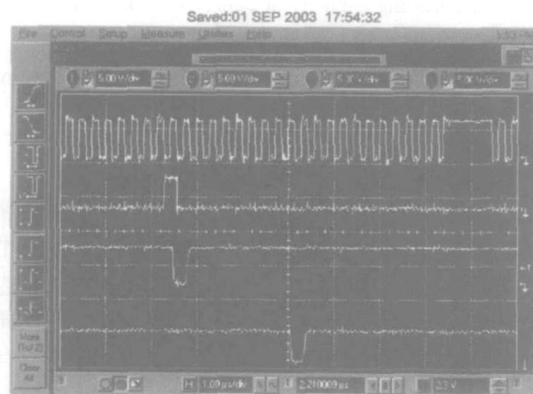


图 3 第 1 行和第 10 行输出脉冲波形
(黄色: 时钟信号, 绿色: D 触发信号,
粉红: 第 1 行输出信号, 紫色: 第 10 行输出波形)

4 列驱动电路

列驱动单元电路由 D 触发器、三个非门和三个传输门组成(见图 4)。D 触发器实现列扫描信号的移位;三个级联的非门中,后两个宽长比相同的非门的输出信号同时控制三个传输门的两个输入端,这三个同时工作的传输门实现红绿蓝三基色数据信号的并行输入。列驱动电路采用的是逐个 RGB 组列的驱动方式。

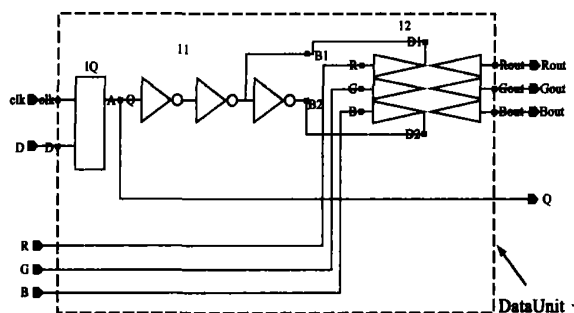


图 4 列驱动单元电路原理图

同样在玻璃衬底周边制备了包含 10 个单元电路的列驱动测试电路,其单元电路宽度亦为 $270\mu\text{m}$ 。以方波信号发生器产生的脉冲信号作列驱动电路的数据输入信号,用自开发视频显示控制电路和四通道示波器,测试该列驱动电路的数据传输和保持功能、RGB 信号并行传输功能以及数据移位寄存功能。

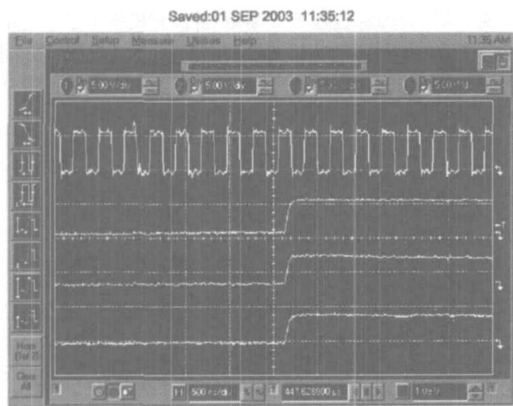


图 5 第 1 列 RGB 输出信号
(黄色: 时钟, 粉红: R 端输出信号,
紫色: G 端输出信号, 绿色: B 端输出信号)

测试结果表明该电路在被扫描周期内能将数据信号正确传送给数据线,并能相对保持到下一行扫描开始 ($64\mu\text{s}$)。当负载电容为 22pF 时,输出信号衰退率约为 15% 。RGB 信号能够并行传输给相应的数据线(图 5);输出信号幅度和输入信号幅度基本相等,因而该电路既可以用于数字驱动也可以用于模拟驱动。该电路亦具有列驱动电路所需的正确的数据移位寄存功能(图 6),相对于所测试的第 1 列输出信号,第 5 列和第 10 列输出信号分别向后位移 4 个和 9 个时钟周期。该电路的起始工作电压亦为 3.5V 。在 5V 偏压下,其工作频率可达到 4MHz (见表 2),假设帧频在 50Hz 以下,该列驱动电路能够采用逐个 RGB 组点扫描的方式,直接驱动像素数在 $80,000 \times$

RGB 以下(如 $240 \times \text{RGB} \times 320$)的 LCD 或 OLED 显示屏。当然,列驱动的工作频率不能满足高容量显示需求时,可是采用多组 RGB 信号并行输入的驱动方法。

表 2 MIUC poly-Si TFT 列驱动电路性能参数

上升沿	200ns (负载电容 22pF)
信号衰减率 ($64\mu\text{s}$)	15% (负载电容 22pF)
起始工作电压	3.5V
最高工作频率	4MHz

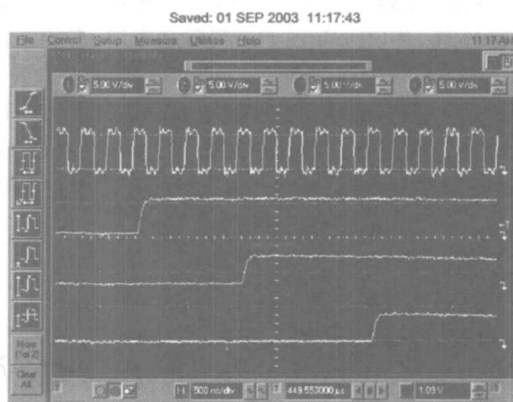


图 6 第 1 列、第 5 列和第 10 列输出信号
(黄色: 时钟, 粉红: 第 1 列输出信号,
紫色: 第 5 列输出信号, 绿色: 第 10 列输出信号)

5 SOP-LCD 有源选址基板

采用上述行扫描和列驱动电路制备 $80 \times \text{RGB} \times 60$ 的全集成型 LCD 有源选址基板。列驱动电路采用通常的逐个 RGB 组驱动的方式,在工作频率足够高的条件下,这可直接采用模拟输入信号,并能避免模拟电路输出多路之间的不均匀问题。该电路具有非常简单的版图设计。另外,由于动态功耗 PD 为每列的电容、列驱动工作频率和源电压平方的乘积,对于同一个显示屏,与采用 n 路并行输入的工作模式相比,数据线工作频率提高了 n 倍,但是对应的电容值,只有 n 路并行输入工作模式的 $1/n$ 。因此,不会增大与之相关的动态功耗 PD 。

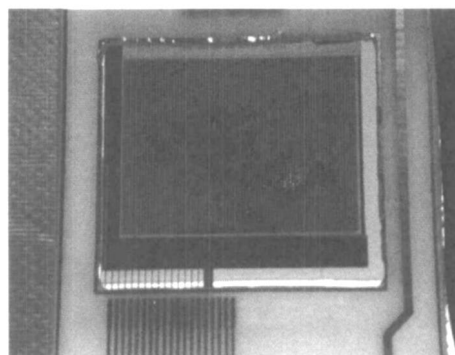


图 7 SOP-LCD 显示图像

全集成型 LCD 有源选址基板大小为 $28.4\text{mm} \times 28.4\text{mm}$,共有 17 根外引电极。若不采用外围驱动电路一体化方案,此基板的外围引线为 $80 \times 3 + 60 = 300$,可见引线总数以及引线密度的降低非常显著。在工作频率足够高的条件下,即使大幅度增加像素数,其外围引脚数也不会增加。用此全集成型基板制备的 LCD 屏,获得了较好的彩色动态显示图像(图 7)。

以该 MIUC poly-Si TFT 扫描和列驱动电路为周边驱动电路的全集成型有机发光显示的 poly-Si 基板制备已经完成,待在其上进行 OLED 的制备。

6 总结

基于单一方向横向金属诱导晶化技术,研制出高性能的 poly-Si TFT 行扫描电路,其起始工作电压为 3.5V,工作电压为 5V、负载电容为 22pf 时,下降沿 150ns,上升沿 205ns,最高工作频率达到 1MHz。MIUC poly-Si TFT 列驱动电路,起始工作电压为 3.5V,工作电压为 5V、负载电容为 22pf 时,上升沿为 200ns,信号衰减率为 15% (64 μ s),RGB 信号采用并行输入并行传输模式,最高工作频率达到 4MHz。利用此行扫描电路和列驱动,制备出像素数为 80 \times RGB \times 60、动态显示效果良好的全集成型 LCD 屏。

参考文献:

- [1] Lih J J ,et al. Comparison of a-Si and poly-Si for AMOLED[A]. SID 2004 Digest [C]. Seattle :Society of Information Display ,2004. 1504 - 1507.
- [2] Matsueda Y,et al. 2. 5-in. AMOLED with integrated 6-Bit gamma compensated digital data driver[A]. SID 2004 Digest [C]. Seattle :Society of Information Display ,2004. 1116 - 1117.
- [3] Ikeda T,et al. Full-functional system liquid crystal display using CG-silicon technology[A]. SID 2004 Digest [C]. Seattle :Society of Information Display ,2004. 860 - 863.
- [4] Nakajima Y,et al. Latest development of " system on glass " display with low temperature poly-Si TFT[A]. SID 2004 Digest [C]. Seattle : Society of Information Display ,2004. 864 - 867.

- [5] Jin Z,et al. Nickel induced crystallization of amorphous silicon thin films[J]. J Appl Phys ,1998 ,84 (1) :194 - 200.
- [6] Jang J ,et al. Polycrystalline silicon produced by Ni-silicide mediated crystallization of amorphous silicon in an electric field [J]. J Appl Phys ,2000 ,88 (5) :3099 - 3101.
- [7] Meng Z,et al. High performance low temperature metal-induced unilaterally crystallized poly-crystalline silicon thin film transistor for system on -panel applications[J]. IEEE Trans. on Electron Devices ,2000 ,47 (2) :404 - 409.
- [8] Yoon S Y,et al. High-performance poly-Si TFTs made by Ni-mediated crystallization through low-shot laser annealing[J]. The IEEE Electron Device Letters ,2003 ,24 (1) :22 - 24.
- [9] Wu C,et al. A 2. 1-inch AMOLED Display based on metal-induced laterally crystallized polycrystalline silicon technology [A]. SID2004 Digest [C]. Seattle :Society of Information Display ,2004. 1128 - 1131.

作者简介:

吴春亚 女,1997 年获南开大学理学博士学位,现为南开大学光电子所教授,主要从事光电子器件模拟设计以及显示技术的研究。
E-mail :wuchy @nankai . edu. cn.

孟志国 男,2002 年获香港科技大学博士学位,现为南开大学信息学院教授、副院长,主要从事光电子器件与显示技术研究。

熊绍珍 女,南开大学光电子所教授、博士生导师,主要从事光电子器件物理与显示技术研究。

郭海成 男,1978 年获得美国哈佛大学应用物理系博士学位,现为香港科技大学电机电子工程系教授,主要从事显示技术、激光在薄膜沉积中的应用、信息光电薄膜器件的制备技术的研究。

王 文 男,美国麻省理工大学取得学士和硕士学位,斯坦福大学取得博士学位,现为香港科技大学副教授,主要从事显示技术、双稳态器件和 MEMS 技术的研究。