

像素设计中沟道宽和长的选择

汪梅林^{1,2,3}, 于春崎^{1,2,3}, 汪永安^{1,3}

(1.中国科学院长春光学精密机械与物理研究所, 长春 130021;

2.中国科学院研究生院, 长春 130021; 3.吉林北方彩晶数码电子有限公司, 长春 130031)

摘要: 讨论了沟道宽(W)和长(L)对薄膜晶体管的开态电流(I_{on}), 关态电流(I_{off})、开口率以及跳变电压(V_p)的影响。

关键词: 薄膜晶体管; 沟道宽(W); 沟道长(L); 开态电流(I_{on}); 关态电流(I_{off}); 开口率; 跳变电压(V_p)

中图分类号: 文献标识码: A

The Choice of Channel Width and Length in Pixel Design

WANG Mei-lin^{1,2,3}, YU Chun-Qi^{1,2,3}, WANG Yong-an^{1,3}

(1. Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics,

Chinese Academy of Sciences, Changchun, 130021 ;2. Graduate School of Chinese

Academy of Sciences, Changchun 130021 ;3. Jilin Beifang Caijing Digital Electronics

Co., Ltd., Changchun 130031, China)

Abstract: discuss the impact on I_{on} , I_{off} , aperture ratio and feed through voltage (V_p) from channel wide and length in this paper.

Keywords: TFT; channel wide; channel length; I_{on} ; I_{off} ; aperture ratio; feed through voltage (V_p)

1 引言

在实际应用中做为开关器件的 TFT 要满足如下条件: 为了保证在行周期内向液晶像素上即时准确地写入图像信号, 开态电流 I_{on} 应足够大 (一般大于 10^{-6} A); 其次为了加在液晶像素上的电压在一帧的时间内基本保持不变, TFT 的关态电流 I_{off} 要小 (一般小于 10^{-11} A), 且开关比 I_{on}/I_{off} 一般大于 10^5 要高; 另外为了提高图像质量, 防止图像闪烁、残像和灰度错乱等情况出现, 要求像素在开态和关态转变过程中

加在像素两端的电压要一致, 即跳变电压要小。最后要求像素的开口率要尽可能的大。因此沟道宽长比大小的选择直接影响着上述参数的变化。故在本文中主要讨论了实际应用中沟道宽和长对上述参数的影响及在像素设计中如何合理地选择沟道宽和长。

2 实验及分析

本次试验中所采用的像素尺寸为 $330\mu\text{m} \times 110\mu\text{m}$, 存储电容采用 C_s ON COM 方式, TFT 结

构是伸出型背沟道保护型 TFT, 半导体材料采用 a-si:H, 迁移率大小为: $0.5\text{cm}^2/(\text{V}\cdot\text{s})$, 栅绝缘层材料用 SiO_x , 成膜方法采用 PECVD。试验用样品是完成整个阵列光刻工艺的 10 组具有不同宽和长的单个 TFT 器件。宽长比分别是: 29/324、29/164、29/70、29/42、29/24、29/19、29/14、29/9、280/14、35/14; 测试设备: Agilent 4155C 半导体参数测试仪。

2.1 宽和长对 a-si:H TFT 电流电压特性的影响

a-si:H TFT 结构和金属氧化物半导体 (metal oxide semiconductor, MOS) 的结构基本上相似, 工作的原理也基本上类似, 在线性区和饱和区可以用 MOS 场效应管的漏电流方式近似描述 TFT 的漏电流大小。在栅极上加正电压 V_{GS} 时, 半导体表面产生表面反型层(即导电沟道), 此时如果在源漏之间有电压差存在, 则之间就有电流流过。当 $0 < V_{DS} < V_{GS} - V_{TH}$, $V_{GS} > V_{TH}$ 时, 器件工作在线性区, 沟道相当于一个电阻, 漏电流和漏电压成正比, 漏电流大小可用式 1-1 表示:

$$I_{DS} = \mu_{FE} C_{OX} \frac{W}{L} [(V_{GS} - V_{TH}) V_{DS} - \frac{1}{2} V_{DS}^2] \quad 1-1$$

当 V_{DS} 进一步增加到 $V_{DS} > V_{GS} - V_{TH}$, $V_{GS} > V_{TH}$ 时, 沟道被夹断, 器件工作在饱和区, 源漏电流的大小用式 1-2 表示:

$$I_{DS} = \frac{1}{2} \mu_{FE} C_{OX} \frac{W}{L} (V_{GS} - V_{TH})^2 \quad 1-2$$

当 TFT 处于关断状态时, 漏电流方程可用 1-3 表示:

$$I_{off} = q(n\mu_e + p\mu_p) \frac{W_{ds}}{L} V_{DS} \quad 1-3$$

其中, μ_{FE} ——载流子的迁移率;

C_{OX} ——栅氧化膜每单位面积电容;

W/L ——沟道宽度 / 沟道长度;

V_{TH} ——域值电压。

q 、 n 、 p 、 μ_e 、 μ_p 、 d_s : 分别为电子电荷量、电子密度、空穴密度、电子迁移率、空穴迁移率、有源层厚度。

图 1 为开态和关态电流大小随宽长比变化的曲线图, 其中 $V_{ds}=10\text{V}$, V_{GS} 分别为 15V 、 -7V , 从图中看出: 沟道宽度为 $29\mu\text{m}$ 保持不变, 而沟道长度分别为 324 、 164 、 70 、 42 、 24 、 19 、 14 时, 随着沟道长度的减小, 源漏之间的电流在增大; 而当沟道长度保持 $14\mu\text{m}$ 不变, 沟道宽度分别选用 $29\mu\text{m}$ 、 $35\mu\text{m}$ 、 $42\mu\text{m}$ 时, 随着沟道宽度的增加, 源漏之间的电流也在增加。这是因为当 $V_{GS}=15\text{V}$ 时, TFT 完全开启, 沟道相当于一个电阻, 在膜厚一定的前提下, 沟道宽长比越大, 流过沟道的电流也就越大, 但当 $V_{GS}=-7\text{V}$ 时, TFT 关断, 此时在不考虑 A-Si 材料的性能和膜厚情况下, 关态电流 I_{off} 的大小与 TFT 器件宽长比有关。宽长比越大, 关态电流也就越高。由此可见开态和关态电流随宽长比的增加而增大。所以宽长比的选择即要满足开态电流 (I_{on}), 也要满足关态电流 (I_{off})。

2.2 宽长比对像素开口率的影响

TFT 沟道宽和长的选择直接影响像素的开口率大小, 图 2 为沟道宽和长的变化对开口率和开态电流的影响。从图 2 中看出, 沟道宽度保持 $29\mu\text{m}$ 不变, 沟道长度分别为 $24\mu\text{m}$ 、 $19\mu\text{m}$ 、 $14\mu\text{m}$ 时, 随着沟道长度的减小, 像素开口率和开态电流都增加; 但如果沟道长度保持 $14\mu\text{m}$ 不变, 随着沟道宽度增

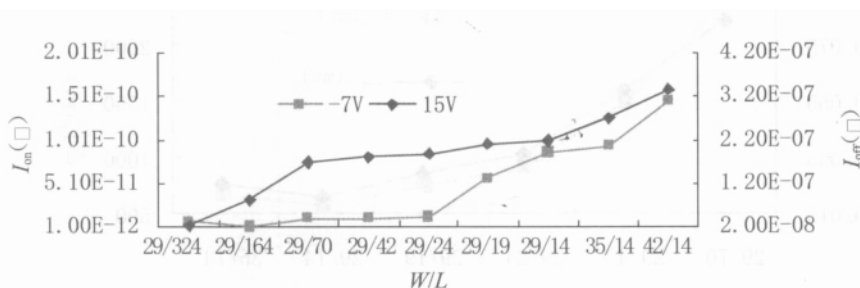


图 1 a-si:H TFT 的电流电压特性与沟道宽长比的关系

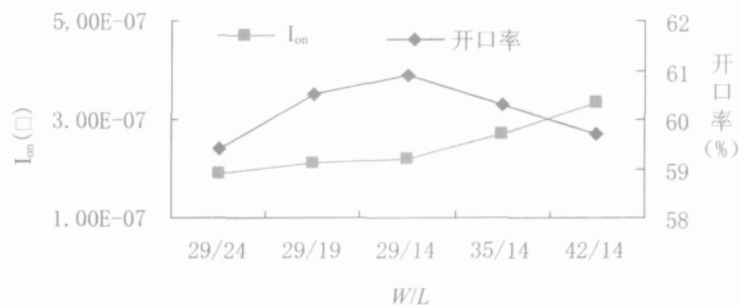


图2 开口率与沟道宽度、开态电流的关系

加像素开态电流增加而像素开口率在减小。所以在实际应用中 TFT 的沟道的长度在保证光刻精度和良率的前提下越短越好，而沟道宽度的选择上要综合考虑像素开口率和开态电流，在要求的范围之内，选择一个合理的值。

2.3 宽长比对跳变电压的影响

像素的跳变电压产生的主要原因是栅极电压脉冲通过栅源交叠电容耦合到液晶像素上的电压，而栅源交叠电容的大小直接与沟道宽长比有关。其中式 3-1 为跳变电压的计算公式。图 3 为沟道宽长比与栅源交叠电容的关系图。其中单位面积电容 $=8.91 \times 10^{-9} \text{ F/cm}^2$ 。从图中看出，沟道长度和宽度的增加都会导致交叠电容和跳变电压增加，从这点上讲，沟道宽和长越小越好。

$$V_g = (V_{gh} - V_g) \times \{C_{gd} / (C_{gd} + C_{ic} + C_s)\} \quad 3-1$$

其中， V_{gh} ——栅级电压的 ON 电平；

V_g ——栅级电压的 OFF 电平；

C_{gd} ——栅源交叠电容；

C_{ic} ——像素液晶层电容；

C_s ——存贮电容。

3 结论

综上所述，沟道宽度在满足最小工艺特征尺寸和生产良率的前提下越短越好，而沟道宽度的选择要兼顾对开态电流、关态电流及开口率、跳变电压的影响。

参考文献：

- [1] 孟庆巨, 刘海波, 孟庆辉. 半导体器件物理[M]. 北京: 科学出版社, 2005: 193- 197.
- [2] TFT- LCD 工学入门. 内部教育资料, 1999, 4.
- [3] Yue Kuo, Larry Antonuk. Thin Film Transistors Materials and processes [M]. Texas: Kluwer Academic Publishers, 2004: 273- 307.
- [4] 任立儒, 反拍双存储伪并行彩色像素设计[J]. 现代显示, 2005(9): 42- 44.

作者简介: 汪梅林 (1974-), 女, 青海湟中人, 在读同等学历硕士, 主要从事 TFT 设计与工艺的研究, E-mail: wangml2007@163.com.

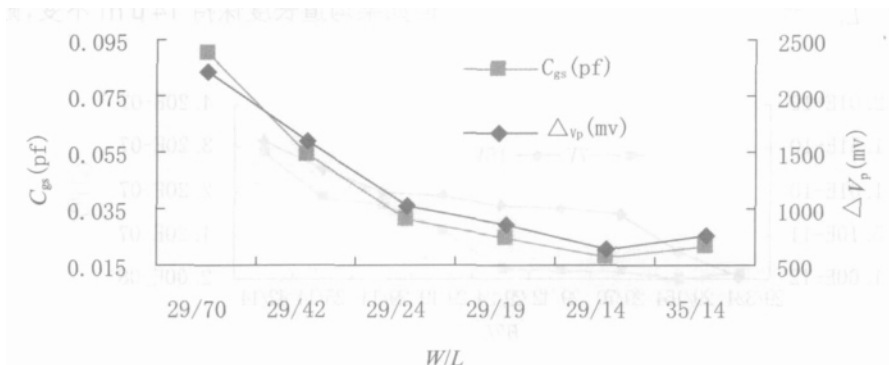


图3 沟道宽长比与栅源交叠电容和突变电压的关系