

文章编号: 1007-2780(2009)04-0533-04

使用低电阻金属铝制造薄膜晶体管阵列信号电极

刘 翔, 陈 旭, 谢振宇, 高浩然, 王 威

(北京京东方光电科技有限公司, 北京 100176, E-mail: skeyapple @126.com)

摘 要: 金属电阻是影响大尺寸 TFT-LCD 信号延迟的关键因素。研究了利用低电阻率金属 Al 制作大尺寸 TFT 阵列信号线的生产工艺, 发现在完成有源半导体层刻蚀后残留的少量 Cl_2 会在后续工艺中对金属 Al 造成腐蚀, 严重地影响了产品的性能。通过优化刻蚀工艺, 采用活性更高的 SF_6 去除刻蚀有源半导体层时残留的少量 Cl_2 , 避免了金属 Al 腐蚀的发生。

关 键 词: 薄膜晶体管; 铝; 腐蚀; 刻蚀

中图分类号: TN321⁺.5 **文献标识码:** B

1 引 言

液晶显示器具有驱动电压低、功耗小、体积轻薄、无 X 射线辐射、无闪烁、清晰度高、易于实现大屏幕全色彩显示等优良的性能^[1,2], 近年来获得了飞速的发展。随着显示尺寸和分辨率的不断提高, 以 a-Si TFT-LCD 面板制造而成的液晶电视逐年蚕食 PDP 的市场领地, 现已在平板电视市场占据了统治地位。但显示尺寸的增大和分辨率的提高也为器件的驱动和控制增加了难度。为了保证显示质量, 必须采用更高频率的驱动电路, 图像信号的延迟变得更为严重, 成为影响大尺寸 TFT-LCD 显示质量的关键因素之一。

在中小尺寸的 TFT-LCD 生产中, 一般采用

热稳定好的金属材料, 如 Mo、Ta、Cr 等, 制作 TFT 阵列的扫描电极和信号电极, 但这些金属的电阻率都相对较高。在大尺寸的薄膜晶体管阵列制造中, 由于电极的长度大幅增加, 高电阻率的金属已不能满足设计的需要。TFT-LCD 信号的延迟主要由 $T=RC$ 决定, 其中 R 为信号线的电阻, C 为相关电容。在像素设计变化不大的条件下, 信号线电阻 R 成为影响信号延迟的主要因素。为了降低信号的延迟, 各大液晶面板生产商都在积极开发低电阻率的金属材料。如表 1 所示, 在设计 129.4 cm (47 in) 的薄膜晶体管阵列时, 使用单层金属 Mo 的信号线的宽度高达 22 μm , 严重影响了像素的开口率, 已不能满足大尺寸设计的需求。

表 1 使用金属 Mo 和金属 Al 的设计对比表

Table 1 Property comparison of metal Mo with metal Al

尺寸大小	分辨率	像素大小 (μm)	信号线 金属	信号线宽度 (μm)	信号线电阻 ($\text{k}\Omega$)	相关电容 (pF)	信号延迟时间 (μs)
129.4 cm (60 Hz)	1 920×1 080 (WUXGA)	180.5×541.5	Mo/AlNd/Mo	7.5	13.68	162.1	2.22
			Mo	22	14.18	192.1	2.72

金属 Al 价格便宜、电阻率低, 是常用的电极材料。但 Al 的熔点低、热稳定性差, 在制备 TFT 的高温过程中, 由于 Al 膜和接触层物质的热膨胀系数不同, 在温度升高时会因热应力的释放而

形成小丘。小丘的出现会使 Al 薄膜在衬底上的附着性变差, 容易脱落; 还容易造成上面绝缘层的击穿, 引起栅极和源漏金属的短路, 致使 TFT 器件失效。另外, 金属 Al 在与半导体层接触时, Al

原子容易向 a-Si 中扩散,造成漏电流增大;在与透明像素电极 ITO 接触时,容易发生电化学腐蚀,影响产品的性能和成品率^[3]。所以,导电性能良好的金属 Al 一直难以在 TFT 阵列中得到应用。

本文通过使用 AlNd 合金^[4]及与 Mo 形成复合金属膜的方法,解决了 Al 热稳定性差和易与其它膜层发生不良反应的问题,制备出了低电阻的 TFT 信号电极。通过优化刻蚀工艺,采用活性更高 SF₆ 去除刻蚀有源半导体层时残留的少量 Cl₂,避免了金属 Al 腐蚀的发生。

2 实 验

实验样品的制备是采用世界上先进的 4 次光刻阵列制作工艺在 BOEOT 生产线中完成的^[5]。为抑制小丘的产生,向 Al 中加入少量金属 Nd,制备了 AlNd 合金溅射靶。为防止 Al 向 a-Si 中扩散及与 ITO 发生电化学腐蚀,采用 Mo/AlNd/Mo 的结构制备实验样品的数据扫描线。Mo/AlNd/Mo 复合金属膜是在磁控溅射设备的同一个反应腔内制备的,反应腔内装有两个金属靶材,一个是金属 Mo 靶,另一个是 AlNd 靶,先沉积厚度为 L_1 的金属 Mo,然后转移到 AlNd 靶处附近沉积厚度为 L_2 的金属 AlNd,最后再转移到 Mo 靶处沉积厚度为 L_3 的金属 Mo。

首先,在 1.1 m×1.3 m 的白玻璃基板上,经过图 1 所示的各个工序后,完成整个 TFT 阵列的制作。其中第二次光刻采用半色调掩模版,曝光显影后形成完全透光区域、部分透光区域和不透光区域。不透光区域对应数据扫描线、源金属电极和漏金属电极,部分透光区域对应于 TFT 沟

道。不透光区域光刻胶的厚度大于部分透光区域光刻胶的厚度,经过光刻胶的灰化工艺后,完全去除部分透光区域的光刻胶,露出其下的金属层,不透光区域的光刻胶也被灰化掉一部分,但仍然保留一部分保护其下的金属在接下来的刻蚀工艺过程中不被刻蚀掉。制作 TFT 阵列的第二次光刻的刻蚀是多步刻蚀,包括数据扫描线的刻蚀、有源半导体层的刻蚀、光刻胶的灰化、TFT 沟道金属的刻蚀以及欧姆接触层的刻蚀等。其中,有源半导体层刻蚀和光刻胶的灰化采用干法刻蚀,刻蚀气体主要是 Cl₂、SF₆ 和 O₂ 等;数据扫描线的刻蚀和 TFT 沟道金属的刻蚀采用湿法刻蚀。样品 1 和样品 2 在第二次光刻多步刻蚀的过程有差异,其它工艺过程完全相同。样品 1 和样品 2 在第二次光刻过程的多步刻蚀步骤如表 2 所示。

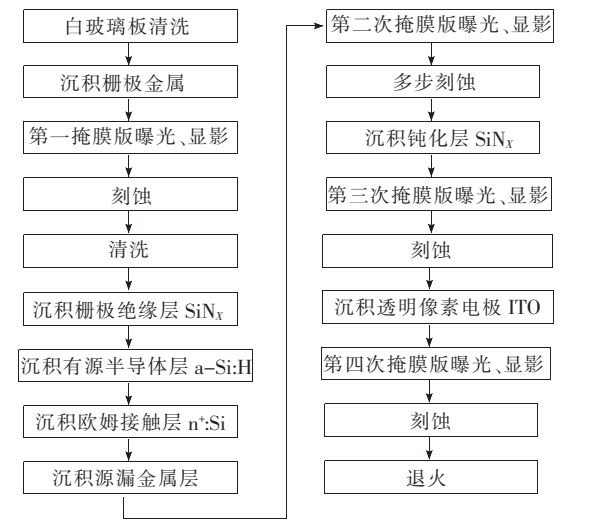


图 1 样品的制备过程
Fig. 1 Fabrication processes of samples

表 2 样品 1 和样品 2 多步刻蚀步骤对比表

样品	第一步刻蚀	第二步刻蚀	第三步刻蚀	第四步刻蚀	第五步刻蚀
样品 1	第一次湿法刻蚀	光刻胶灰化	有源半导体层刻蚀	第二次湿法刻蚀	欧姆接触层刻蚀
样品 2	第一次湿法刻蚀	有源半导体层刻蚀	光刻胶灰化	第二次湿法刻蚀	欧姆接触层刻蚀

3 实验结果与讨论

3.1 样品的表面形貌及电性能测试

在完成第二次光刻的欧姆接触层刻蚀之后,测试 TFT 的关键尺寸,样品 1 和样品 2 都满足设

计的需求。然后,在显微镜下分别观察样品 1 和样品 2,发现样品 1 在数据扫描线上和源漏金属电极处的金属 Al 被腐蚀,形成一些小豁口,如图 2 所示。电极上的小豁口会严重影响产品的使用寿命,在产品开发过程中必须找出原因并从技术

上彻底解决。实验样品 2 没有出现这种缺陷。完成整个 TFT 阵列制作后,进行电学特性测试,得到电学特性曲线如图 3 所示。测试结果为:开态电流 3.89 μA ;关态电流 1.34 pA;阈值电压 1.87 V;迁移率 0.45 $\text{cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$ 。完全可以满足 TFT 阵列的要求。接着按照样品 2 的实验条件重复多次实验,在完成整个 TFT 阵列的制作之后进行良品率的测试,样品的良品率达到 90% 以上,可以满足生产的需要。

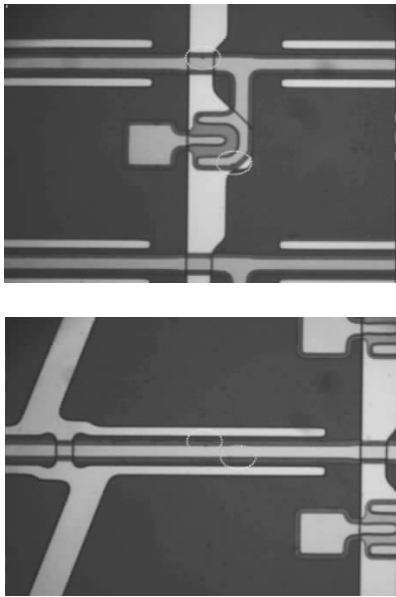


图 2 金属铝被 Cl_2 腐蚀
Fig. 2 Metal Al eroded by Cl_2

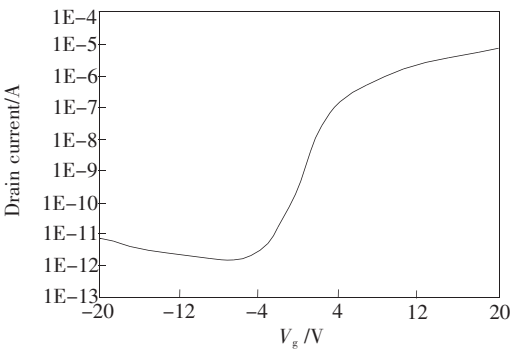


图 3 TFT 电学特性曲线
Fig. 3 Curve of TFT electrical characteristics

3.2 电极腐蚀分析

样品 1 出现的腐蚀,主要是由于前工序有源半导体层的刻蚀时残留的少量的 Cl_2 而引起的。在进行有源半导体层的干法刻蚀过程中,采用的刻蚀气体主要是 Cl_2 ,在真空腔中完成有源半导体层的刻蚀后,会有少量 Cl_2 附着在样品 1 中。样品 1 在完成有源半导体层的刻蚀后,直接进行 TFT 沟道处金属的湿法刻蚀,在进行湿法刻蚀时,残留在样品数据线和源漏金属边缘的 Cl_2 与水反应生成盐酸,生成的盐酸与金属 Al 发生反应,腐蚀掉一部份金属 Al,从而形成如图 2 所示的小豁口。

而样品 2 是先进行有源半导体层的刻蚀,然后进行光刻胶的灰化。光刻胶的灰化工艺是干法刻蚀,主要的刻蚀气体是 O_2 和 SF_6 , SF_6 的活性很高,远强于 Cl_2 的活性,有源半导体层和光刻胶的灰化是在同一个真空腔中完成的,在完成有源半导体层的刻蚀之后,在同一个真空腔内通 SF_6 和 O_2 ,此时通入的活性更高的 SF_6 气体可以去除掉残留在样品中的 Cl_2 。这样,尽管样品 2 在完成有源半导体层刻蚀之后残留一小部分 Cl_2 ,但是在接下来进行光刻胶的灰化工艺中活性更高的 SF_6 可以去除掉残留在样品中的 Cl_2 ,消除了盐酸的产生,从而避免了金属 Al 的腐蚀,所以样品 2 中没有出现被腐蚀的小豁口。

4 结 论

通过使用 AlNd 合金及与 Mo 形成复合金属膜的方法,解决了 Al 热稳定性差和易与其它膜层发生不良反应的问题,制备出了低电阻的 TFT 信号电极。为解决有源半导体层干法刻蚀时残留的少量 Cl_2 在接下来进行的 TFT 沟道处金属湿法刻蚀过程中遇到水发生反应生成盐酸,腐蚀金属 Al 并在数据扫描线和源漏金属电极处形成小豁口的问题,对光刻工艺进行了优化,先进行光刻胶的灰化,再进行有源半导体层的刻蚀,然后在同一个真空腔内通入 SF_6 和 O_2 进行光刻胶的灰化。所通入的活性更高的 SF_6 可以去除残留在样品中的 Cl_2 ,从而有效避免了金属 Al 的腐蚀。

参 考 文 献:

[1] 黄锡珉. 液晶显示技术的发展轨迹 [J]. 液晶与显示,2003,18(1):1-6.
[2] 应根裕. 平板显示技术 [M]. 北京:人民邮电出版社,2003.

[3] Song Jean H, Kwon D J, Kim S G, *et al.* Advanced four-mask process architecture for the a-Si TFT array manufacturing method [J]. *SID Symposium Digest of Technical Paper*, 2000, 42(2):1011-1013.

[4] Seo H S, Kim I W, Lee G H, *et al.* Hillock-free Al-gate materials using stress-absorbing buffer layer for large-area AMLCDs [J]. *SID Symposium Digest of Technical Paper*, 1996,22(3):1-5.

[5] Hong MunPyo, Roh Nam-Seok, Hong Wan-Shick, *et al.* New approaches to process simplification for large area and high resolution TFT-LCD [J]. *SID Symposium Digest of Technical Paper*, 2001,44(1):1-4.

Low Resistant Metal for Thin Film Transistors

LIU Xiang, CHEN Xu, XIE Zhen-yu, GAO Hao-ran, WANG Wei

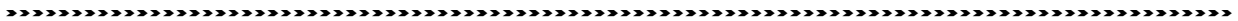
(Beijing BOE Optoelectronics Technology Co. Ltd., Beijing 100176, China, E-mail:skayapple@126.com)

Abstract

Low resistant metal is one of key factors in delay-time of large TFT-LCD. In this article low resistant metal aluminum has been investigated. After a-Si island etch process, it is found that remained Cl₂ had eroded aluminum. This has severity influence on products. By optimizing the etch process, more active SF₆ can remove remained Cl₂ in a-Si island etch process. So aluminum erodibility can be avoided.

Key words: thin film transistor; aluminum;erodibility;etch

作者简介:刘翔(1981—),男,青海德令哈人,工程师,主要从事 TFT-LCD 工艺的开发。



SI 单位的倍数单位

SI 单位的倍数单位是由 SI 词头与 SI 基本单位和 SI 导出单位构成。倍数单位的选取一般应量的数值处于 0.1~1 000 之间。

- SI 词头是用于构成倍数单位的因数符合,不能单独使用。
- 词头符号与所紧接着的单位符号应作为一个整体对待,它们共同组成一个新单位(十进倍数或分数单位),并具有相同的幂次。例如:10 hm²=10×(100 m)²=10⁵ m²;1 cm³=(10⁻² m)³=10⁻⁶ m³。
- 词头不能重叠使用,即不能使用由几个词头并列组成的组合词头。例如:不能用 mμs(毫微秒),正确的为 ns(纳秒)。
- 摄氏度、平面角和时间单位(s 除外)及 kg 等不得使用词头的倍数单位。例如:“mh”(毫小时),“hkg”(百公斤)是不规范的。