

文章编号:1007-2780(2017)11-0877-09

Mo/Al/Mo 结构电极的坡度角和关键尺寸差研究

刘 丹*, 秦 刚, 蔡卫超, 王百强, 周 禹, 饶 毅,
李晨雨, 刘 涛, 段海洋, 樊根瑞, 吕俊君
(重庆京东方光电科技有限公司 光刻工程部, 重庆 400700)

摘要: Mo/Al/Mo 结构金属作为 TFT 的电极, 刻蚀后的坡度角和关键尺寸差是重要的参数。明确影响坡度角和关键尺寸差的工艺参数, 进而控制坡度角和关键尺寸差, 这对工艺制程至关重要。本文探究了膜层结构、曝光工艺、刻蚀工艺对坡度角和关键尺寸差的影响, 并对刻蚀工艺进行正交试验设计。实验结果表明: Al 膜厚每减小 60 nm, 坡度角下降约 9° , 关键尺寸差增加 $0.1\ \mu\text{m}$ 。曝光工艺中, 显影后烘烤会增加光阻粘附力, 导致关键尺寸差减小 $0.1\ \mu\text{m}$, 同时坡度角增加约 9° 。刻蚀工艺中, 过刻量每增加 10%, 坡度角下降 3.3° , 关键尺寸差增加 $0.14\ \mu\text{m}$; 正交试验结果表明, 对关键尺寸差、刻蚀均匀性、坡度角影响因素的重要性顺序是: 液刀流量 > Air Plasma 电压 > 水刀流量。经上述探究表明, 坡度角和关键尺寸差呈负相关关系, 刻蚀程度增加, 关键尺寸差增加, 而坡度角则减小。可以通过调节工艺参数对坡度角和关键尺寸差进行控制。

关 键 词: Mo/Al/Mo 电极; 坡度角; 关键尺寸差; 正交试验

中图分类号: TP394.1; TH691.9 **文献标识码:** A **doi:** 10.3788/YJYXS20173211.0877

Profile and critical dimension bias of Mo/Al/Mo electrode

LIU Dan*, QIN Gang, CAI Wei-chao, WANG Bai-qiang, ZHOU Yu, RAO Yi, LI Chen-yu,
LIU Tao, DUAN Hai-yang, FAN gen-rui, LV jun-jun

(Photo-Etch Engineering Department, Chongqing BOE Optoelectronics Technology CO., LTD,
Chongqing 400700, China)

Abstract: At present, Mo/Al/Mo structural film is electrode material in TFT-LCD industry due to its advantages. The Critical Dimension Bias which is short for CD Bias and the Profile of Mo/Al/Mo electrode after etch process are important parameters which determine the TFT pattern and TFT characteristic. Therefore, it is necessary to identify the process parameters affecting profile and CD Bias in mass production, aiming at making profile and CD Bias under control, which would improve production yield and quality. In this paper, the effects of film structure, photo condition and etch condition on profile and CD Bias are comprehensively studied. What's more, orthogonal design for wet etch condition is conducted, which makes it possible to understand the order of importance for wet etch process parameters. The experimental results show that aluminum film thickness decreases by about 60 nm, profile will decrease by about 9° and CD Bias will increase by $0.1\ \mu\text{m}$ at the same time. When it

收稿日期: 2017-06-16; 修订日期: 2017-08-16.

* 通信联系人, E-mail: liudan_cq@boe.com.cn

comes to photo condition, hard bake after developing process would enhance the adhesion between photo resist(PR) and metal. They will make CD bias decrease by about 0.1 μ m and profile correspondingly increase by about 9°. The over etch degree increases by 10%, profile will decrease by about 3.3° and CD Bias will correspondingly increase by about 0.14 μ m. The results of the orthogonal test show that the order of importance affecting CD Bias, profile and uniformity is as follows: Chemical Knife flow> Air plasma(AP) voltage> DI water Knife flow. Through the above research, it is found that profile and Bias are negatively correlated; The profile will decrease and CD Bias will increase when over etch degree increases. It is possible to make profile and CD Bias under control by adjusting the process parameters.

Key words: Mo/Al/Mo structure electrode; profile; critical dimension bias; orthogonal design

1 引言

TFT-LCD 经过近十年的发展形成了巨大的产业规模,已成为目前平板显示的主流技术,该技术广泛应用于计算机、家电、医疗、交通等领域。随着显示技术的发展和市场需求的导向,高分辨率(单位面积的像素数量)显示器的需求量逐年攀升。高分辨率要求更细的线宽和更窄的线间距,这对曝光(photo)、刻蚀(etch)工艺要求更高,而且工艺窗口也越来越小。光阻(photo resist, PR)的线宽和线间距称作 Develop Inspection Critical Dimesion(DICD),电极的线宽和线间距即最终关键尺寸(Final Inspection Critical Dimension, FICD)。Photo 制程管控 DICD,刻蚀制程管控 FICD,DICD 和 FICD 之差的绝对值即最终关键尺寸差(Critical Dimension Bias, CD Bias),CD Bias 反应了刻蚀程度。在底栅结构中,Gate 电极制程完成后,会依次进行 GI、Active、SD 等后续制程,Gate 截面的坡度角(Profile)会对后续的膜层造成影响。Gate profile 偏大会造成 GI 层覆盖不良,也可能造成 profile 区域应力集中,在后续的制程中形成应力腐蚀^[1-2]。Gate profile 如果偏小,Gate 电极和漏极(Drain 电极)形成电容,产生寄生效应,容易形成 Flicker 不良^[3-4]。故 Profile 必须控制在合理范围才可获得良好的显示效果。金属 Al 因其良好的电导率可作为大尺寸 TFT 基板的电极材料。Al 工艺 TFT 的 Gate 电极常采用 Mo/Al/Mo 或 Al/Mo 结构,顶层 Mo 可以有效防止 Al 氧化。SD 电极常采用 Mo/Al/Mo 结构,底层 Mo 可以有效阻挡 Al 向 a-Si 扩散,防止 Al 扩散引起的 TFT 特性恶化^[5]。但目前关于

Al 电极的研究多集中在镀膜、腐蚀和丘状鼓包(Hillock)不良^[6-9]。经过引入保护层、环境清洁和 Cl 残留控制可以有效解决 Al 腐蚀^[6,9]。Hillock 的机理目前不是特别明确,有晶粒生长导致晶界扩散、膜层应力释放、晶粒扩散、临界温度和临界膜厚等机理。通常通过适当提高镀膜温度、清洁靶材夹具、在 Al 膜层上引入 Mo 层等方法来防止 Hillock^[10]。但目前关于 Al 电极刻蚀的研究却未见报道。

本文以 Gate 电极的 Profile、CD Bias 为研究对象,结合实际生产工艺探究了膜层结构、photo 工艺、刻蚀工艺对 CD Bias 和 Profile 的影响,并结合正交试验设计对刻蚀参数做进一步优化。最终明确了生产工艺中对 CD Bias 和 Profile 的影响因素,并给出了 CD Bias 和 Profile 的相关关系,为调控 CD Bias 和 Profile 探索出了可行的技术路线。

2 实验

2.1 实验样品制作

实验玻璃采用 8.5 代线 2 500 mm×2 200 mm,按照京东方的铝工艺制程的 32 in(1 in=2.54 cm)阵列制作工艺依次完成 Com ITO 制程、Gate 镀膜和 Gate mask(将 PR 形成图形),然后在湿刻设备完成刻蚀。Gate 电极采用 Mo/Al/Mo 结构,顶层 Mo 可以有效防止 hillock。详细的试验方案列于表 1,区块一探究膜层结构、不同膜厚对 CD Bias 和 Profile 的影响,S1 不进行 Com ITO 制程而直接进行 Gate 镀膜。S2~S4 均完成 Com ITO 制程,然后在 Gate 镀膜时膜厚有 3 个不同厚度,剩余的 Gate mask 和刻蚀

均按照量产条件进行。区块二保证在膜层结构和刻蚀条件不变的情况下,探究 photo 相关条件对 CD Bias 和 Profile 影响。S5~S13 均按照图 1 的流程完成 Gate 镀膜,在进行 Gate mask 时有不同的条件,完成 Gate mask 后的刻蚀条件保持不变。区块三在刻蚀工艺制程前的条件不变,均同量产,探究刻蚀条件对 CD Bias 和 Profile 影响。区块四结合正交试验设计探究刻蚀制程中的液刀 (Chemical Knife) 流量、Air Plasma (AP) 电压、水刀 (DI Knife) 流量对 Profile 和 CD Bias 的影响。

表 1 实验条件

Tab.1 Experimental split

实验 区块	探究 区域	Split	Content
区块一	膜层 条件变更	S1	Com ITO 取消
		S2	Al 膜厚对照组
		S3	Al 膜厚增加
		S4	Al 膜厚减薄
区块二	Photo 工艺影响	S5、S6	显影时间(develop time)
		S7、S8	Dual Bake use/skip
		S9、S10	Hard Bake use/skip
		S11~S13	PR 种类
区块三	刻蚀 条件探究	S14~S19	刻蚀时间
		S20~32	刻蚀液成分
区块四	刻蚀 正交试验	S33~S41	Chemical Knife 流量、 AP 电压、DI knife 流量 的影响



图 1 实验样品工艺流程

Fig.1 Process flow of experiment samples

2.2 CD Bias 和 Profile 形成过程

经过 Gate 镀膜、Gate mask 后形成 PR 图形,在进行 Gate 刻蚀时未经 PR 覆盖的金属膜

层上部先被刻蚀液腐蚀。如图 2 所示,随着刻蚀时间的延长,膜层在厚度方向被刻穿,横向刻蚀量逐渐增加,最终形成 Profile。 X_1 是顶部横向刻蚀量,与膜层与 PR 的粘附力相关; h 是膜厚,由镀膜制程决定; X_2 是单边 CD Bias,与刻蚀时间、刻蚀液浓度、膜质、PR 粘附力均相关。坡度角 Profile 与顶部横向刻蚀量、CD Bias 和膜厚相关,关系见式(1)。同样的刻蚀条件下,膜厚增加,Profile 增加;反之亦反。在膜厚不变的情况下,通过调整 CD Bias 和上部横向刻蚀量可以改变坡度角。

$$\tan \theta = h / (X_1 - X_2) \quad (1)$$

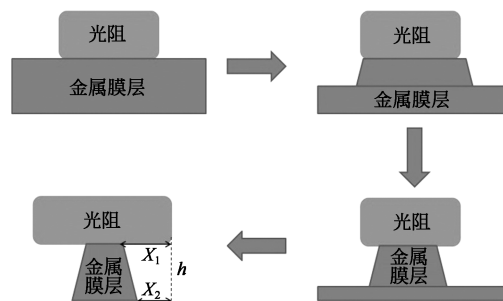


图 2 刻蚀过程中 Profile 和 CD Bias 形成过程示意图

Fig.2 Formation illusion of Bias and Profile in wet etch

3 实验结果及分析

3.1 膜层结构对 Profile 和 CD Bias 的影响

Al 膜层的厚度和结构会对 Profile 和 CD Bias 有影响。如表 2 所示,在同样的刻蚀条件下,Al 膜厚越厚,Profile 越大,CD Bias 越小。Al 膜厚每增加 60 nm,CD Bias 下降 $0.1 \mu\text{m}$,Profile 增加 9° 。对于 ADS 产品,Gate 电极下有 Com ITO,其结构示意图如图 3 所示。Com ITO 经过退火后,In 和 Sn 均可达到其最高化合价状态,呈现出氧化性。当 Gate 电极与 Com ITO 接触,在刻蚀液中形成原电池。因 Com ITO 中的 In 和 Sn 达到最高价态,只能做阴极发生还原反应,而 Gate 电极的 Mo 则做阳极发生氧化反应。Com ITO 的存在会导致 Gate 电极在经历刻蚀效应时又经历电化学反应,故同样条件下有 Com ITO 的样品的 CD Bias 更大。

表 2 不同膜层结构下的 Bias 和 profile

Tab.2 Bias and profile with different film structure

膜层	Com ITO	Al 膜厚/nm	CD Bias	Profile
Mo/Al/Mo	有	220	1.35	38.11
Mo/Al/Mo	有	280	1.25	46.8
Mo/Al/Mo	有	330	1.11	56.24
Mo/Al/Mo	无	280	1.14	61.82

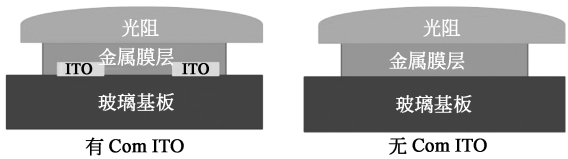


图 3 Com ITO 存在和 Skip 的膜层示意图

Fig.3 Illustration for Com ITO exist and skip

3.2 Photo 条件对 Profile 和 CD Bias 的影响

Photo 工艺条件变更会影响 PR 粘附力,进而导致 Profile 和 CD Bias 变化。Photo 条件对 CD Bias 和 Profile 的影响如图 4 所示,玻璃完成 Gate 镀膜后需进行 mask 制程,在涂覆 PR 前对基板进行 dual bake,去除有机物,有益于增加 PR 与膜层的粘附力,故 dual bake 启用可以减小 CD Bias。涂覆 PR 后进行 soft bake,bake 温度增加有助于增加 PR 粘附力,但通过图 4 来看,bake 温度增加对 CD Bias 无影响,仅导致 profile 增加。Soft bake 温度增加,PR 与 Gate Layer 粘附力增大,顶层横向刻蚀量越小,药液渗入量也因此变小,故 Profile 增加。显影液具有腐蚀性,显影时间延长,会对 Gate 膜层造成损伤,降低 PR 粘附力。故显影时间延长,Bias 增加。显影完成后,Hard bake 制程可以使有效提高 PR 粘附力,故 Hard bake 启用使得 CD Bias 减小、Profile 增加。

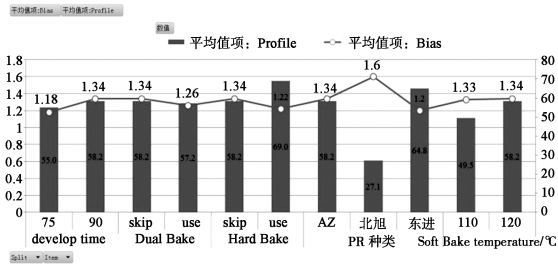


图 4 不同 photo 条件下的 CD Bias 和 profile

Fig.4 Situation of CD Bias and profile of different photo process

PR 由溶剂、树脂、感光剂、添加剂混合而成,PR 粘附力主要由树脂分子量的分布决定。不同种类的 PR 树脂分子量差异大,故粘附力不一样,进而导致 CD Bias 和 Profile 的差异。

3.3 Profile 和 CD Bias 与刻蚀时间的关系

金属膜层进行湿法刻蚀,当刻蚀时间到达刻蚀终点(EPD)时,电极图案基本形成。在 EPD 的基础上需要进行过刻蚀(over etch,简称 OE,以 EPD 为基准按照比例增加刻蚀时间),以此避免金属残留、进行图案精修和 Profile 改善。如图 5 所示,随着过刻量增加,CD Bias 逐渐增加,Profile 逐渐减小。结合之前的 Profile 形成过程,可知过刻蚀量增加,顶部横向刻蚀量和 CD Bias 均增加,但刻蚀液的渗入量增加得更快,导致 $(X_1 - X_2)$ 逐渐增加,故 Profile 逐渐减小。过刻程度增加 10%, CD bias 增加 $0.14 \mu\text{m}$, Profile 下降 3.3° 。如图 6 所示,CD Bias 和 Profile 呈负相关关系,CD Bias 每增加 $0.1 \mu\text{m}$,Profile 下降约 2.5° 。

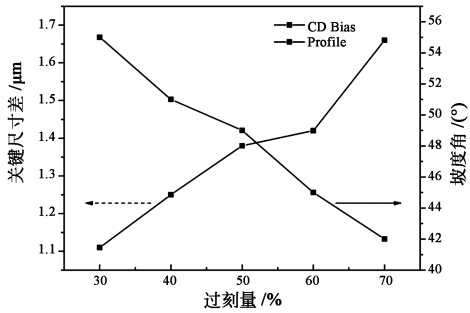


图 5 Profile 和 CD Bias 随过刻量的变化

Fig.5 Profile and CD Bias in different OE degree

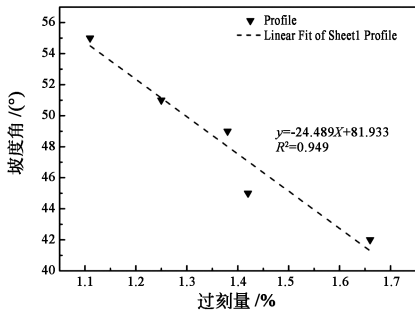


图 6 CD Bias 和 Profile 关系

Fig.6 Relationship between Profile and CD Bias

3.4 Profile 和 CD Bias 与 HNO_3 浓度的关系

Al 刻蚀液的主要成分是 HNO_3 、 CH_3COOH 、 H_3PO_4 , HNO_3 将金属氧化, H_3PO_4 将金属氧化物溶于刻蚀液, CH_3COOH 则降低刻蚀液

黏度和降低刻蚀过程中 Al 的表面粗糙度。刻蚀液对 Al 的刻蚀有传质和化学反应两个过程。传质过程情况如下:药液经过循环管路喷淋于 Al 膜层上发生化学反应,然后回流至药液罐,罐内药液经过泵和循环管道再次喷淋至 Al 膜表面。在传质过程中,喷出的药液速度越快,刻蚀速率就越快。化学反应过程如下面公式所示。由于反应中会消耗 HNO_3 ,与膜层接触的刻蚀液 HNO_3 液浓度会下降,导致刻蚀液出现浓度梯度。传质过程确保刻蚀液均匀混合,消除刻蚀液的浓度梯度,确保刻蚀正常进行。如表 3 所示,保持其余工艺条件不变,仅变更刻蚀液 HNO_3 浓度,CD Bias 有增加的趋势,但不明显;Profile 则随着 HNO_3 浓度增加显著下降。由此可推断: HNO_3 浓度增加,顶部横向刻蚀量 X_1 增大,CD Bias 增加不明显,药液渗入量($X_1 - X_2$)增加明显,故 Profile 显著下降。 HNO_3 浓度每增加 0.2%,Profile 下降约 4°。

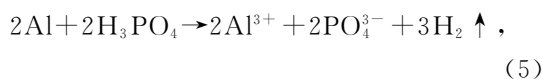
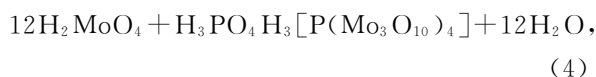
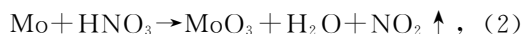


表 3 不同 HNO_3 浓度下的 Bias 和 Profile

Tab.3 Bias and profile in different HNO_3 concentration

Split	HNO_3 浓度/%	CD Bias	Profile
S20	2.0	1.51	49.42
S21	2.2	1.51	45.62
S22	2.4	1.55	40.65

3.5 Profile 和 CD Bias 与刻蚀液使用时间的关系

量产情况下,若不进行药液补给,Al 刻蚀液中的 HNO_3 因参加反应,其浓度逐渐变小。同时, CH_3COOH 因其易挥发性,其浓度也会逐渐减小。药液中的 H_3PO_4 黏度大、不易挥发,将氧化物溶解于刻蚀液,其本身并无工艺消耗。根据 $(\text{PO}_4)^{3-}$ 守恒的原则, H_3PO_4 不会被消耗,且不易挥发,在 HNO_3 和 CH_3COOH 浓度均下降的情况下, H_3PO_4 含量会逐步增加,进而导致药液黏度

大,不利于药液喷淋。综上所述,如果药液在不更新的情况下持续使用,Al 的刻蚀速率降低。湿法刻蚀使用 EMS(Etchant Manage System),通过对 HNO_3 和 CH_3COOH 进行单酸补给,使刻蚀液的成分保持稳定。待药液使用至某一个规定时间,更换新的刻蚀液。刻蚀液采用 EMS 系统进行管控,在不同的使用时间下的刻蚀情况如图 7 所示。刻蚀液使用时间增加,CD Bias 逐步下降,Profile 经历波动后保持稳定并呈现出缓慢的上升趋势。刻蚀液中的 Al 离子和 Mo 离子浓度增稳步上升。结合上述情况,可以看出,虽然启用 EMS 管控药液浓度,但药液的刻蚀能力随着药液使用的时间的延长缓慢减弱。即药液使用时间和刻蚀能力呈负相关关系。从化学平衡角度进行分析,结合上面所述的(4)和(5)关系式,初步推测金属离子浓度逐渐增加会导致化学平衡往左移动,最终使得刻蚀速率逐步下降。

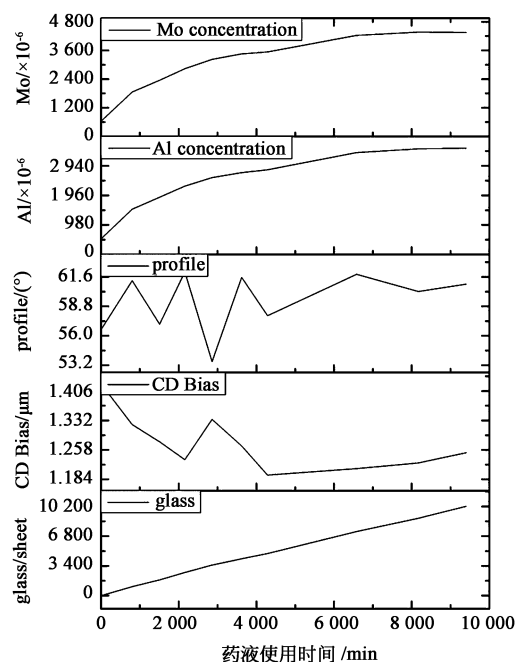


图 7 不同刻蚀液使用时间下的 CD Bias 和 Profile
Fig.7 Trend of CD Bias and profile in different use time for etchant

3.6 Al 电极刻蚀过程推测

在刻蚀过程中,Al 电极的 CD Bias 逐渐增加,而 Profile 逐渐减小。由此,可以推测 Al 电极的上部刻蚀速率较快,最终导致 Profile 在刻蚀过程中逐步减小。Al 电极的刻蚀过程如图 8 所示。

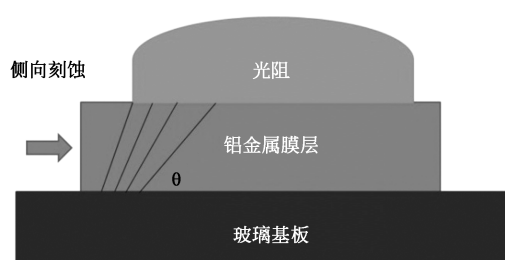


图 8 Mo/Al/Mo 结构电极的湿刻过程示意

Fig.8 Illustration of Mo/Al/Mo structure electrode

3.7 刻蚀工艺正交实验设计

针对湿法刻蚀制程的液刀流量、AP 电压、水刀流量进行正交试验设计,探索上述 3 个因素对 Profile、CD Bias、Mo 缩进的影响。如表 4 所示,保持其余因素不变,采用三因素、三水平设计,因素 A、B、C 分别代表 AP 电压、液刀流量和水刀流量。电压单位 kV,流量单位 lpm。表 5 是正交试验方案,采用 $L_9(3^4)$ 正交实验表,共 9 次试验。试

表 4 湿法刻蚀正交试验因素水平表

Tab.4 Factor level table of wet etch parameter in orthogonal design

水平	(A)AP 电压/ kV	(B)Chemical Knife/ (L · min ⁻¹)	(C)DI Knife/ (L · min ⁻¹)
1	14	90	120
2	9	110	80
3	12	70	100

表 5 正交试验方案

Tab.5 Orthogonal design plan

试验号	A	空列	B	C	方案
1	1	1	1	1	A1B1C1
2	1	2	2	2	A1B2C2
3	1	3	3	3	A1B3C3
4	2	1	2	3	A2B3C3
5	2	2	3	1	A2B3C1
6	2	3	1	2	A2B1C2
7	3	1	3	2	A3B3C2
8	3	2	1	3	A3B1C3
9	3	3	2	1	A3B2C1

验顺序故意打乱,不按照试验号顺序进行,消除试验顺序的引起的系统误差。A2B3C1 方案表示: A 处于水平 2,即 9 kV;、B 处于水平 3,即流量 70;C 处于水平 1,即 120。表头设计留一空列作为误差列,用于判断在同样的试验条件下是否有除 A、B、C 以外的显著影响因素。

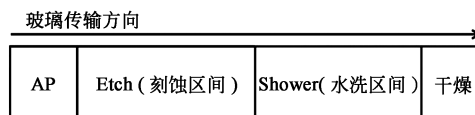


图 9 刻蚀设备示意图

Fig.9 Illustration of etch equipment

玻璃基板在刻蚀设备的传输情况如图 9 所示。玻璃基板在进行刻蚀前,线进行 AP 清洁。AP 清洁装置产生活性氧(O^*),(O^*)可以与有机物反应生成一氧化碳、二氧化碳、水等挥发性物质进而清洁膜层。待 AP 清洁完成后,基板被传输至刻蚀区间进行刻蚀。在刚进入刻蚀区间时,基板最先接触到液刀(chemical knife)喷淋的药液。液刀流量决定玻璃基板的润湿性,对刻蚀速率和刻蚀均一性有影响。如果液刀流量偏低,其淋浴的瀑布状水帘分叉,导致润湿性不好,引起刻蚀不均。刻蚀完成后,基板被传输至水洗区间进行清洁,祛除基板上残留的刻蚀液。当基板刚进入水洗区间时,最先接触到该区间水刀喷淋的水。水刀(DI knife)流量影响刻蚀液的置换效果,如果水刀流量低,会导致刻蚀液残留,造成刻蚀均一性差或者姆拉。

3.7.1 CD Bias 正交实验结果分析

CD Bias 反应了刻蚀程度,通常与 PR 被动防护和主动刻蚀能力相关。CD Bias 的均一性用其三倍西格玛值(3Sigma)表示,其值越小,均一性越好。液刀流量和 AP 状态决定了基板的浸润性,对刻蚀速率有影响。如图 10 示,从正交实验结果来看,对 CD Bias 及 CD Bias 均一性影响因素的重要性顺序均是液刀流量>AP 电压>水刀流量。液刀流量增加,刻蚀速率增加,故 Bias 有增加的趋势。但刻蚀速率增加,均一性变差,故液刀流量增加导致 Bias 的 3Sigma 呈增加趋势。AP 电压增加,功率增加,活性氧越多,清洁能力越强。但活性氧过多,会导致金属膜层钝化而阻碍刻蚀。故图中出现随着 AP 电

压增加,Bias 呈先增加后减小的趋势。CD Bias 和刻蚀速率是正相关关系,刻蚀速率越大均一性越差,即 CD Bias 的 3sigma 越大,故 CD Bias 的 3sigma 也呈现出与 CD Bias 相同的变化趋势。水刀流量增加即清洗能力增强,刻蚀液残留减小,刻蚀均一性越好,故 Bias 的 3Sigma 呈减小的趋势。

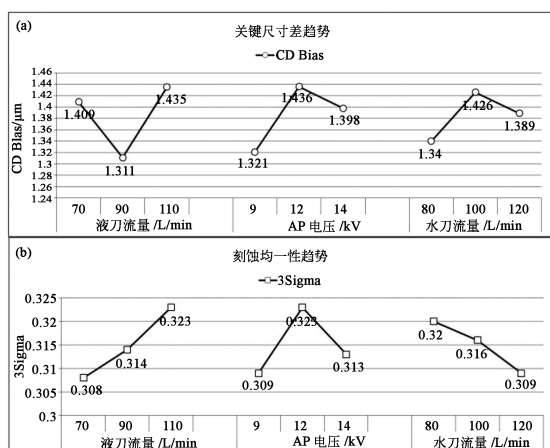


图 10 CD Bias 及刻蚀均一性的正交试验结果

Fig.10 Results of orthogonal design for CD Bias and uniformity

3.7.2 Profile 正交实验结果分析

图 11 所示 Profile 的正交试验结果,对 Profile 影响的重要性顺序依次是液刀流量>AP 电压>水刀流量。液刀流量增加,基板浸润性优化,刻蚀速率增加,刻蚀液的渗入量减小,故 Profile 增加。AP 电压增加,活性氧增加,顶层 Mo 接触角越小,药液横向刻蚀效应越强,渗入量也越多,故 Profile 减小。

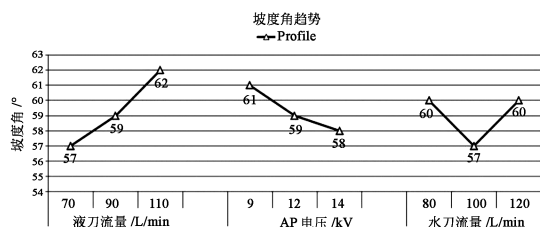


图 11 Profile 的正交试验结果

Fig.11 Results of orthogonal design for profile

3.7.3 顶层 Mo 缩进正交实验结果分析

在湿法刻蚀制程中,Mo/Al/Mo 结构中的顶层 Mo 依次经历 AP 清洁、液刀润湿、刻蚀,而 Al 层和底层 Mo 仅进行刻蚀。顶层 Mo 的状态异于

Al 和底层 Mo,容易形成 Mo 缩进。图 12 是顶层 Mo 缩进形貌,顶层的 Mo 向内收缩。对于 Mo 缩进,工艺参数影响重要性顺序为 AP 电压>液刀流量>水刀流量。液刀流量增加,刻蚀速率增加,横向界面处横向刻蚀增加,Mo 缩进严重。AP 电压增加,顶层 Mo 接触角优化,横向刻蚀加强,Mo 缩进增加;但是 AP 电压进一步增加,活性层形成氧化层,产生钝化作用,Mo 缩进减缓。水刀流量对 Mo 缩进则无影响。Mo 缩进的趋势图如图 13

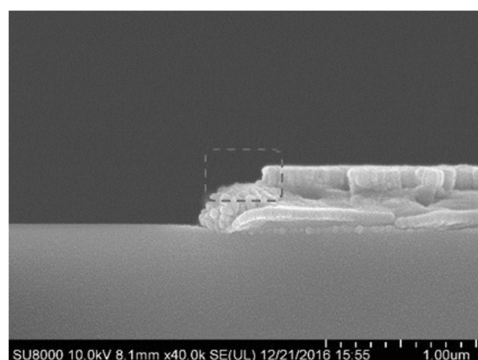


图 12 顶层 Mo 缩进情况

Fig.12 Top Mo shrink in Mo/Al/Mo electrode

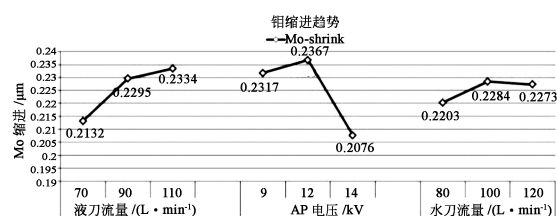


图 13 顶层 Mo 缩进的正交试验结果

Fig.13 Results of orthogonal design for top Mo shrink

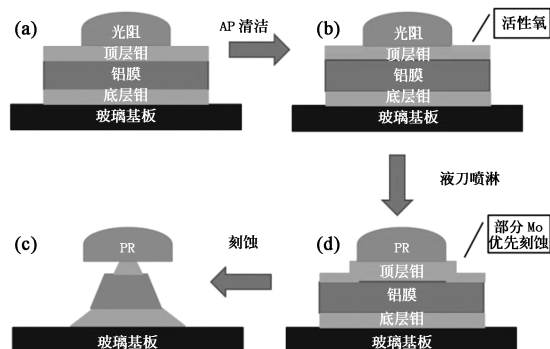


图 14 顶层 Mo 缩进的正交试验结果

Fig.14 Results of orthogonal design for top Mo shrink

所示。Mo 的形成过程可见图 14。通过调节液刀流量和 AP 电压可以控制 Mo 缩进,改善 Mo 缩进型不良。

3.7.4 Wet Etch 工艺参数优化

结合 CD Bias、均一性、Profile 来看,液刀流量宜选择 90,如果流量大于 90 则 CD Bias 均一性变差且 Profile 变大,小于 90 易出现 Chemical Knife 分叉;AP 电压宜选 9 kV,此参数下虽然 Profile 大一点,但是节省费用且有利于 Bias 均一性;水刀流量宜选择 120,可以保证清洗效果进而提高刻蚀均一性。综上,经正交试验优选出的工艺参数为:液刀流量 90 L/min,AP 电压 9 kV,水刀流量 120 L/min。

4 结 论

实验探究表明,Mo/Al/Mo 结构膜层的 Profile 和 CD Bias 受到膜层结构、photo 工艺、刻蚀工艺影响。可以通过生产工艺调节来控制 CD Bias 和 profile。在 Al 电极刻蚀过程中,CD Bias 和 Profile 呈负相关关系。刻蚀程度增加,CD Bias 增加,而 Profile 呈线性关系减小。在量产膜厚条件下,CD Bias 增加 0.2 μm ,profile 减小约 5°。在 Al 电极 Profile 形成过程中,膜层顶部的刻蚀速率比膜层底部的速率快,故刻蚀程度越大,profile 越小。

参 考 文 献:

- [1] 谢振宇.a-Si TFT 用氮化硅薄膜的制备及其性能研究[D].成都:电子科技大学,2007.
XIE Z Y. The study of fabrication and performance of SiN_x used in a-Si TFT [D]. Chengdu: University of Electronic Science and Technology of China, 2006. (in Chinese)
- [2] 孟祥琦.铝合金材料的应力腐蚀及腐蚀疲劳特性实验研究[D].上海:上海交通大学,2012.
MENG X Q. Experimental study on stress corrosion and corrosion fatigue behavior aluminum alloy materials [D]. Shanghai: Shanghai Jiao Tong University, 2012. (in Chinese)
- [3] 汪梅林,于春崎,汪永安.像素设计中沟道宽和长的选择[J].现代显示,2007(5):24-26.
WANG M L, YU C Q, WANG Y A. The choice of channel width and length in pixel design [J]. *Advanced Display*, 2007(5): 24-26. (in Chinese)
- [4] 林鸿涛,王明超,姚之晓,等.TFT-LCD 中画面闪烁的机理研究[J].液晶与显示,2013,28(4):567-571.
LIN H T, WANG M C, YAO Z X, *et al.* Mechanism research about Flicker in TFT-LCD [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2013, 28(4): 567-571. (in Chinese)
- [5] KA J, CHO E N, LEE M J, *et al.* Electrode metal penetration of amorphous indium gallium zinc oxide semiconductor thin film transistors [J]. *Current Applied Physics*, 2015, 15(6): 675-678.
- [6] BAEK K H, YOON Y S, PARK J M, *et al.* A fluorine-related passivation layer on etched Al-Cu(1%) alloy surfaces on silicon after SF_6 plasma treatments [J]. *Materials Letters*, 35(3/4): 183-187.
- [7] HWANG S J, LEE J H, JEONG C O, *et al.* Effect of film thickness and annealing temperature on hillock distributions in pure Al films [J]. *Scripta Materialia*, 2007, 56(1): 17-20.
- [8] KIM D K, NIX W D, VINCI R P, *et al.* Study of the effect of grain boundary migration on hillock formation in Al thin films [J]. *Journal of Applied Physics*, 2001, 90(2): 781-788.
- [9] 林鸿涛,王鹏.长期存放条件下 TFT 阵列基板栅金属线腐蚀原因分析[J].现代显示,2006(7):50-52,16.
LIN H T, WANG P. The corrosion of the TFT's metal lines [J]. *Advanced Display*, 2006(7): 50-52, 16. (in Chinese)

- [10] 肖亮,张勋泽,朴祥秀.载盘预处理对纯铝薄膜小丘生成的影响[J].液晶与显示,2017,32(2):104-109.

XIAO L, ZHANG X Z, PIAO X X. Effect of pretreatment of tray on hillock formation in pure Al films [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2017, 32(2): 104-109. (in Chinese)

作者简介:刘丹(1988—),男,重庆忠县人,硕士研究生,2014 年于四川大学取得硕士学位,从事光刻方面工作。E-mail: liudan_cq@boe.com.cn