

文章编号:1007-2780(2016)01-0052-06

适合产业化的显示屏化学减薄工艺的研究

李世宁¹, 邹凤君¹, 王丽娟^{1*}, 何维威¹, 闫 闯¹, 黄普林¹, 孙洋¹, 孙丽晶²

(1. 长春工业大学 化学工程学院, 吉林 长春 130012;

2. 长春工业大学 基础科学学院, 吉林 长春 130012)

摘要:超薄显示技术已成为市场的一种主流趋势。本文利用刻蚀后清洗的间歇式工艺研究了显示屏半成品的化学减薄。在光刻胶和边框胶保护下,调整氢氟酸浓度,加入一定量的硝酸、浓硫酸和盐酸,并添加超声辅助条件,刻蚀速率明显提高。通过交替的清洗工艺有效地降低了表面粗糙度,并减少了表面白色附着物的沉淀。显示屏厚度从 0.8 mm 减薄到 0.3 mm,基板表面粗糙度为 11.32 nm,厚度均匀性为 4.76 %。设计的间歇式减薄工艺可以应用到现有的显示屏生产工艺中,为制作超薄液晶显示屏和超薄有机发光显示屏提供了一条可行的方案。

关 键 词:显示屏;化学减薄;间歇式工艺;刻蚀

中图分类号: TN27 **文献标识码:** A **doi:** 10.3788/YJYXS20163101.0052

Research on display panel chemical slimming process for industrialization

LI Shi-ning¹, ZOU Feng-jun¹, WANG Li-juan^{1*}, HE Wei-wei¹, YAN Chuang,
HUANG Pu-lin¹, SUN Yang¹, SUN Li-jing²(1. School of Chemical Engineering, Changchun University of Technology,
Changchun 130012, China;

2. School of Basic Sciences, Changchun University of Technology, Changchun 130012, China)

Abstract: Ultra-slim display has been a trend in the market. The chemical slimming of semi-finished display panels was studied by the alternation process of etching and cleaning. Under the protection of photoresist and sealant, the etching rate was effectively improved by adjusting HF concentration, adding a certain amount of nitric acid, hydrochloric acid, sulphuric acid, and increasing ultrasonic intensity. The surface roughness and the precipitation of white adhesive matter on the surface were effectively reduced by alternative cleaning process. The thickness of display panel decreased from 0.8 mm to 0.3 mm, the substrate surface roughness reached to 11.32 nm, and the thickness uniformity was 4.26%. The intermittent slimming process can be applied to the present production process of display panels, and provides a practical plan for producing ultra-slim liquid crystal display panels and

收稿日期: 2015-05-19; **修订日期:** 2015-08-17.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (No. 21403016); 长春工业大学大学生创新创业训练计划项目 (No. 2015cxxy102)

Supported by National Natural Science Foundation of China (No. 21403016); Undergraduate Training Programs for Innovation and Entrepreneurship of Changchun University Technology (No. 2015cxxy102)

* 通信联系人, E-mail: wlj15@163.com

ultra-slim organic light emitting display panels.

Key words: display panel; chemical slimming; intermittent process; etching

1 引言

随着科技的发展,显示行业的竞争愈来愈激烈。竞争的焦点集中在:(1)高分辨率;(2)超薄及高亮度设计;(3)低功耗。超薄显示技术是市场的一种主流趋势^[1]。消费者一直希望电视能像画一样挂在墙上,但受材料变形、热处理问题、量产稳定性问题的限制,显示器模组的厚度很难做到像纸一样薄。当前超薄显示器模组技术主要包括有源矩阵阵列的设计^[2]、显示器结构的设计^[3]、背光源部件的设计^[4-5]、以及对平板玻璃原料的减薄^[6-7]。

本文在显示屏制作工艺中增加减薄工艺。通过物理和化学方法使显示器厚度达到轻薄化的目的。目前国内外玻璃化学腐蚀工艺主要使用氢氟酸混合物^[8],但腐蚀时间长、表面粗糙度大。超声扰动有利于提高腐蚀速率,增加腐蚀的光滑性^[9]。预处理液有利于填充玻璃表面的微小裂纹,可以有效防止氢氟酸腐蚀中玻璃基板上裂纹的放大,提高显示屏的良品率^[10]。本文以氢氟酸为主要溶液,调节超声强度,化学刻蚀条件,增加间歇式工艺,解决表面粗糙及表面白色附着物沉淀的问题,显示屏厚度从0.8 mm减到0.3 mm,均匀性好,良品率提高。设计一条产业化生产的减薄工艺流程,只需增加间歇式减薄设备,工艺简单,成本低,能满足超薄显示屏制作生产的目的。对未来的超薄液晶显示器和超薄有机发光显示器非常实用。

2 实验

2.1 实验材料和仪器

本文采用的显示屏是从上海天马显示器有限公司购买的,显示屏厚度0.800 mm,如图1。实验所用的化学药品均是从北京盛维特科技有限公司购买的,主要有氢氟酸(HF)溶液(40%)、浓硝酸(HNO₃)溶液(68%)、盐酸(HCl)溶液(34%)、浓硫酸(98%),丙酮,乙醇。去离子水是实验室自

制的。光刻胶和边框胶是从长春市芳冠电子科技有限公司获得的。

显示屏厚度和刻蚀速率均采用螺旋测微器测量的,从日本三丰 Mitutoyo 购买的,型号为0-25 mm 103-107 0.01 mm。表面粗糙度(RMS)采用日本精工株式会社的SPA300HV 原子力显微镜(AFM)(Seiko Instruments Industry, Co. Ltd. Japan.),SPI3800 控制器,扫描方式为敲击模式(Tapping Mode)。

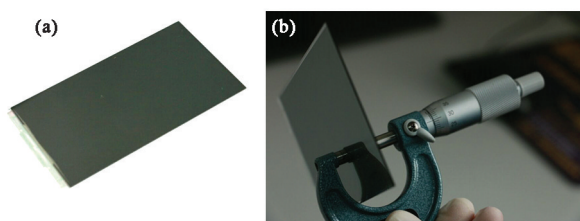


图1 待减薄的显示屏(a)和厚度测试(b)照片

Fig.1 Photo of display panel to be slimmed (a) and thickness measurement (b)

2.2 实验方法

本文采用的具体实验流程如下:

2.2.1 显示屏表面预处理

依次用丙酮、乙醇冲洗,最后用去离子水清洗擦净,除去玻璃表面灰尘、油脂。

2.2.2 显示屏必要部分保护

烘箱加热至180℃,显示屏侧面涂布边框胶,防止刻蚀液渗透进显示屏内部。放入烘箱,烘30 min,使边框胶固化。再把烘箱降温至70℃。在显示屏的电极端涂布光刻胶,防止刻蚀液腐蚀引线电极。涂抹后放入烘箱中,烘15 min。

2.2.3 测量玻璃初始厚度并配制溶液

2.2.4 减薄后处理

刻蚀后,先用丙酮清洗,再用乙醇清洗,最后用去离子水清洗后吹干,对比刻蚀前后厚度变化,观察表面效果。

2.2.5 刻蚀速率

研究不同温度、超声时间、不同刻蚀液配比下,显示屏的刻蚀速率。刻蚀速率为单位刻蚀时间内刻蚀显示屏的厚度,单位为 $\mu\text{m}/\text{min}$ 。

3 结果与讨论

3.1 氢氟酸对刻蚀速率的影响

在温度为 60 ℃ 条件下,分别配置浓度为 15%、20%、30%、40% 的氢氟酸溶液 500 mL,所指浓度为质量浓度 g/mL,提供原溶液浓度为 40%。放入聚乙烯材料器皿中,放入厚度为 0.8 mm 的显示屏。分别刻蚀 5 min,取出后使用螺旋测微器测量厚度,得出刻蚀速率与氢氟酸浓度间的关系,如图 2。实验发现随着氢氟酸浓度的提高,刻蚀速率提高,当氢氟酸浓度达到 40% 时,平均刻蚀速率为 57 μm/min。但是刻蚀后的厚度均匀性变差,如图 2,5 点的均匀性为 49.86%。表面变得粗糙 20.66 nm,如图 3,刻蚀性能变差。考虑要实际生产应用,浓度过高也会增加成本,因此在传统刻蚀液中添加其他组分。

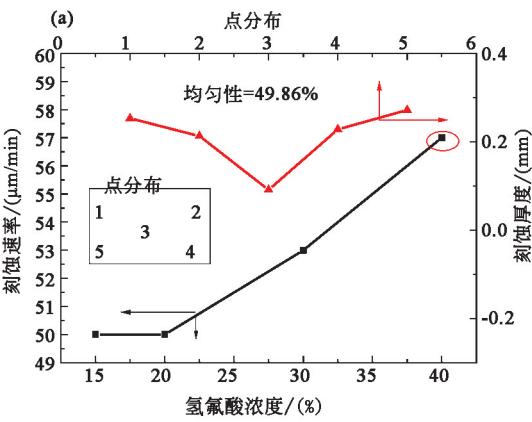


图 2 氢氟酸浓度对刻蚀速率的影响及 40% HF 浓度下的刻蚀厚度均匀性图

Fig. 2 Effect of HF concentration on etching rate and the etching thickness uniformity at 40% HF concentration

3.2 超声强度对刻蚀速率的影响

超声的化学作用是能使玻璃的主要成分 SiO₂ 的 Si-O 键断裂,有利于 HF 酸对玻璃的腐蚀作用。为量化超声强度对刻蚀速率的影响,配置 30% 的氢氟酸溶液 500 mL,温度 60 ℃,分别在超声强度为 0、20%、40%、60%、70% 的情况下对厚度为 0.8 mm 的显示屏进行化学刻蚀。刻蚀速率与超声强度间的关系,如图 4。可见当超声强度由无到 40% 的过程中刻蚀速率仅提高了 21%,而当超声强度变为 60% 时,刻蚀速率提高到 51

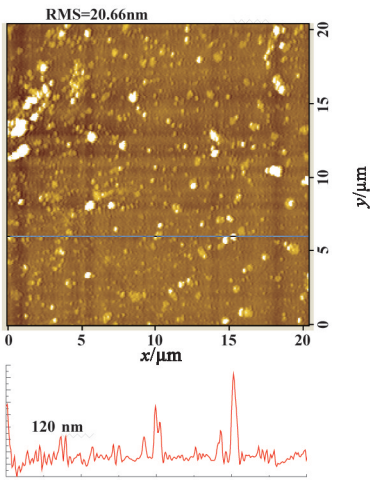


图 3 40% HF 浓度下原子力图
Fig. 3 AFM image of $RMS = 20.66 \text{ nm}$ at 40% HF concentration

μm/min,超声效果明显。因为超声强度不够时,提供的化学力不足以打开 Si-O 键的作用力,故对刻蚀速率的提高不明显,当超声强度达到 60% 时,刻蚀速率提高最为明显, Si-O 键被打开。而当超声强度提高到 70% 时,光刻胶会因为震动强度过大而脱落,对显示屏的金属腐蚀,光刻胶达不到保护作用。

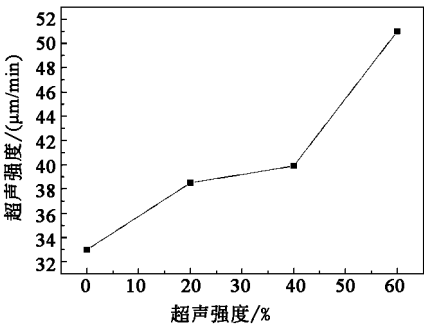


图 4 超声强度对刻蚀速率的影响
Fig. 4 Effect of ultrasonic intensity on etching rate

3.3 硝酸对刻蚀速率的影响

在对二氧化硅反应中,氢氟酸起到主要作用,而硝酸的加入会在酸性、氧化能力上对氢氟酸有着较好的提高。硝酸对刻蚀速率的影响,如图 5。在 500 mL 的 30% 的氢氟酸溶液中分别加入 3%、5%、8%、10% 浓度的硝酸(硝酸原溶液为 68%)。实验时间 5 min,温度 60 ℃,刻蚀后用螺旋测微器测量分析。可见当硝酸浓度达到 10% 时,刻蚀速率能提高到原来的 81%。实验发现,

在有少量浓硫酸的作用辅助下,刻蚀速率也会有少量提高,但是不够明显,当添加盐酸后,由于盐酸的理化性质,溶液在刻蚀一次后,呈现棕黄色,在下一次的刻蚀中效果降低。但是由于玻璃与氢氟酸作用后生成的盐类的溶解度的不同,反应后白色结晶物附着在玻璃表面阻碍氢氟酸与玻璃的进一步反应。所以应从反应工艺上对此进行进一步的精进。

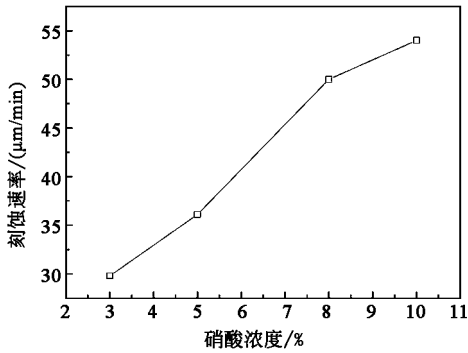


图 5 硝酸浓度对刻蚀速率的影响

Fig. 5 Effect of HNO₃ concentration on etching rate

3.4 间歇操作条件的影响

由于玻璃与氢氟酸作用后生成的盐类的溶解度不同,反应后白色结晶物保留在玻璃表面阻碍氢氟酸与玻璃的进一步反应。本实验采用间歇式刻蚀工艺,就是刻蚀一定时间后,取出清洗,然后继续刻蚀,再清洗,反复几次的办法。为寻找玻璃表面沉淀物达到饱和的最佳时间,分别在刻蚀 20 s 后,30 s 后,40 s 后,45 s 以及 50 s 后,取出清洗后,然后测量刻蚀厚度,如图 6。当刻蚀 40 s 后,白色沉淀物覆盖在显示屏表面,最大程度阻止反应进一步进行。故在刻蚀 40 s 后取出显示屏清洗掉沉淀物,清洗时间大约 10 s,再放入继续刻蚀,在 6 分钟后就能达到技术要求。粗糙度为 11.32 nm,均匀性为 4.76%。

3.5 工艺流程设计

本文研究中发现仅用氢氟酸刻蚀减薄显示屏,表面粗糙,刻蚀过程中表面白色物附着沉淀阻止反应有效进行。因此玻璃表面受到的刻蚀效果不均匀,导致表面粗糙。然而,增加间歇式工艺后,表面明显平滑,均匀性好。

为此,设计了在显示屏制作工艺中,增加间歇式减薄工艺流程,如图 7。在制屏工艺的对盒、划片工序后,贴偏振片工序前,增加间歇式减薄工

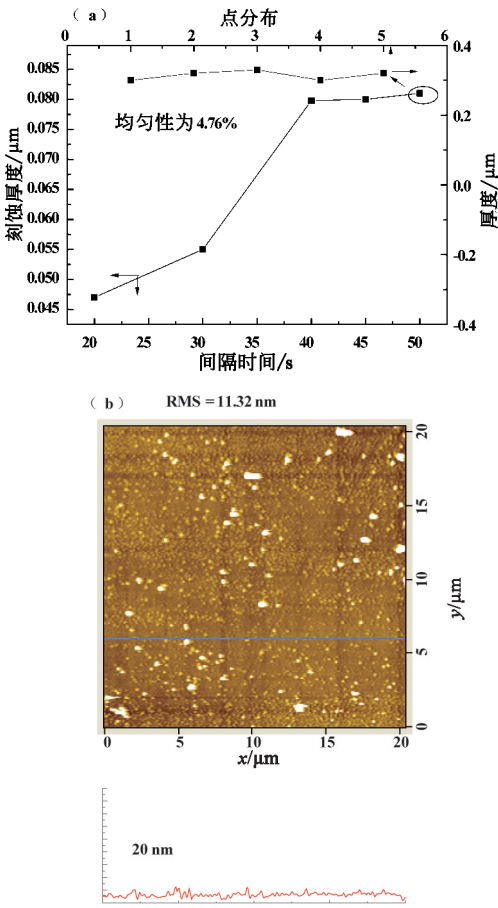


图 6 (a)刻蚀厚度与间隔时间的关系及刻蚀均匀性图;(b)刻蚀后表面粗糙度图

Fig. 6 (a) Relations between etching thickness and intermittent time, and etching uniformity; (b) Surface roughness of RMS=11.32 nm after etching

艺。先在显示屏侧面涂布边框胶,防止药液渗入显示屏内。接着在显示屏的电极引线处涂布光刻胶防止刻蚀液腐蚀金属引线电极。然后进行刻蚀,清洗,反复刻蚀、清洗工艺,最后再去胶。涂胶、刻蚀、清洗可以在一台流水线设备内完成,通过刻蚀节拍和要求增设不同量的刻蚀槽、清洗槽,达到间歇式刻蚀的目的。

与先对玻璃减薄,后制屏的工艺相比,优点如下:

(1)工艺难度低。对盒和划片前的工序是针对大尺寸基板的传输和加工。在此工艺后增加减薄工艺,可以避免大尺寸超薄基板的传输、基板定位的问题,也不受 PI 涂布和摩擦等工艺对基板厚度的限制,可以最大限度的减薄。

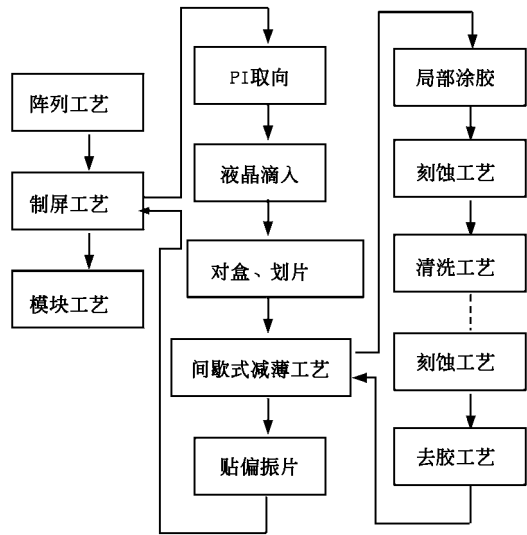


图 7 显示屏减薄工艺流程设计

Fig. 7 Design of slimming process for display panel

- (2)成品率高、量产稳定。对盒、划片工序后减薄,高温工序(如 PI 固化、边框胶固化等)作用的都是未减薄的显示屏,不存在高温导致超薄基板变形的问题,成品率高、量产稳定;
- (3)超薄显示屏。对盒工艺后减薄,可以对显示屏的上下玻璃基板同时进行减薄,而且减薄后上下两块基板互相支撑,可以获得超薄显示屏;
- (4)设备成本低。制屏前半程中,PI 取向、液晶滴入、以及对盒和划片等设备都不需要改变,可

以使用现有的生产线,只需增加部分设备,设备成本低。

4 结 论

本文采用物理和化学的方法,对显示屏半成品进行化学减薄。研究发现显示屏减薄过程中氢氟酸的浓度至关重要,过高浓度会破坏边框胶,使药液渗入显示屏内部。通过增加硝酸、盐酸、硫酸提高刻蚀速率,降低刻蚀时间,增加超声强度提高刻蚀效果。超声强度为 60%时,对刻蚀有较好的辅助作用。为降低表面粗糙度,解决刻蚀过程中白色附着物沉淀的问题,设计了间歇式减薄工艺。优化配比为氢氟酸(40%):硝酸(68%):硫酸(98%):水为 600:147:10:233,每刻蚀 40 s 取出冲洗一次 10 s,共计 6 min,减薄后显示屏厚度基本一致,0.30~0.33 mm。间歇操作的方法有效地减少了反应后结晶物在玻璃表面滞留,促进了氢氟酸与玻璃的进一步反应,刻蚀后的显示屏粗糙度和均匀性较好。可应用到超薄液晶显示屏和超薄有机发光显示器的生产中。

致谢:感谢国家自然科学基金(No. 21403016)和长春工业大学大学生创新创业训练计划项目(No. 2015cxcy102)资助。感谢中科院长春应用化学研究所在原子力测试方面给予的帮助。

参 考 文 献:

[1] CHOI S S, BAE H C, KIM W J, *et al.* Ultra-Slim TV Module Technology [J]. *SID Symposium Digest of Technical Papers*, 2009, 40(1): 720-722.

[2] TU Y C, CHEN B F, PENG J C, *et al.* An ultraslim border TFTLCD technology using gate fanout in active area [J]. *SID Symposium Digest of Technical Papers*, 2010, 41(1): 32-34.

[3] 吕伟振,刘伟奇,魏忠伦,等.大屏幕投影显示光学系统的超薄化设计[J]. *光学精密工程*, 2014, 22(8): 2020-2025.

LV W Z, LIU W Q, WEI Z L, *et al.* Design of ultra-thin optical systems in large screen projection display[J]. *Optics and Precision Engineering*, 2014, 22(8): 2020-2025. (in Chinese)

[4] 韦晓娜,杨波,张薇,等.用 LED 实现高亮度超薄型背光源的设计方法[J]. *微计算机信息*, 2011, 27(7): 112-114.

WEI X N, YANG B, ZHANG W, *et al.* The back light design method with high brightness LED [J]. *Microcomputer Information*, 2011, 27(7): 112-114. (in Chinese)

[5] 李德君,刘刚,吕国强,等.直下式 LED 背光模組的超薄设计[J]. *液晶与显示*, 2014, 29(6): 1101-1105.

LI D J, LIU G, LV G Q, *et al.* Ultra-thin design of direct-lit backlight unit [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2014, 29(6): 1101-1105. (in Chinese)

[6] 鲍兆臣.电子信息显示用超薄玻璃研究[J]. *建材世界*, 2014, 35(4): 25-28.

BAO Z C. Research on Ultra-thin glass used in electronic information display [J]. *The World of Building Materials*, 2014, 35(4): 25-28. (in Chinese)

[7] 李凯华,晏乃强,徐亚玲,等. 玻璃减薄蚀刻液中氟硅酸的选择性脱除方法[J]. 环境工程学报,2014,8(3): 1079-1085.
LI K H, YAN N Q, XU Y L, *et al.* Method of selective removal of fluosilicic acid from used glass thinning solution[J]. *Chinese Journal of Environmental Engineering*, 2014, 8(3): 1079-1085. (in Chinese)

[8] 马超,唐会明,徐功涛. 一种碱性玻璃腐蚀工艺的研究[J]. 清洗世界,2011,27(7):17-21.
MA C, TANG H M, XU G T. Research on alkaline glass etching technology[J]. *Cleaning World*, 2011, 27(7): 17-21. (in Chinese)

[9] 钟年丙,廖强,朱恂,等. 超声技术在石英光纤腐蚀中的运用[J]. 光学精密工程,2012,20(5):988-995.
ZHONG N B, LIAO Q, ZHU X, *et al.* Application of ultrasonic technology to etching silica optical fiber[J]. *Optics and Precision Engineering*, 2012, 20(5): 988-995. (in Chinese)

[10] 杨会良,孙一绮. 液晶显示屏减薄预处理液及液晶显示屏的减薄方法:中国,ZL10036847.6[P]. 2012-02-17.

作者简介:李世宁(1993—),男,吉林长春人,主要从事资源循环利用的研究。E-mail:lsn9295@126.com
王丽娟(1975—),女,黑龙江集贤人,博士,博士后,副教授,从事有机薄膜晶体管、太阳能电池、新型显示技术等的工作。E-mail:wlj15@163.com