

喷墨涂覆配向膜涂覆的质量优化

王平, 聂慧, 李焕, 韩海滨, 胡晋, 马涛, 王强强, 徐涛, 徐祥, 王鹏

引用本文:

王平, 聂慧, 李焕, 等. 喷墨涂覆配向膜涂覆的质量优化[J]. 液晶与显示, 2020, 35(4): 341–349.

WANG Ping, NIE Hui, LI Huan, et al. Quality improvement of inkjet coating alignment film[J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2020, 35(4): 341–349.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.3788/YJYXS20203504.0341>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

ITO退火工艺对HADS型TFT-LCD透过率的影响

Influence of ITO anneal on the transmittance property of HADS TFT-LCD

液晶与显示. 2019, 34(5): 482–488 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20193405.0482>

阵列基板周边设计对聚酰亚胺液扩散的影响

Effect of periphery design of TFT substrate on the diffusion of polyimide solution

液晶与显示. 2020, 35(3): 205–210 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20203503.0205>

阵列基板设计对配向膜印刷的影响

Alignment film on array substrate

液晶与显示. 2016, 31(2): 138–141 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20163102.0138>

TFT-LCD残影不良的研究与改善

Research and improvement of TFT-LCD image-retention

液晶与显示. 2016, 31(3): 270–275 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20163103.0270>

Mobile产品异物产生机理及改善研究

Reduction and mechanism of particles on mobile products

液晶与显示. 2019, 34(8): 748–754 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20193408.0748>

文章编号:1007-2780(2020)04-0341-09

喷墨涂覆配向膜涂覆的质量优化

王 平*, 聂 慧, 李 焕, 韩海滨, 胡 晋,

马 涛, 王强强, 徐 涛, 徐 祥, 王 鹏

(合肥京东方显示技术有限公司, 安徽 合肥 230011)

摘要:薄膜晶体管液晶显示器(TFT-LCD)成盒配向膜涂覆工艺中,配向膜的厚度、均一性和涂覆膜面质量直接影响液晶显示器的显示效果,为此本文研究了喷墨涂覆工艺对配向膜质量的影响。首先优化喷墨涂覆工艺,分析了喷吐频率对喷吐量及其均一性有显著影响。其次分析了负压、涂覆速度、配向膜溶液固含量、涂覆密度等条件对配向膜膜面质量的影响。实验表明当喷吐频率为 1 000~8 000 Hz 时,喷吐量均一性满足要求;当吐出频率达到 10 000 Hz 时,喷吐量严重不均一,不满足生产需求。得出喷涂频率、吐出量、负压、涂覆速度、配向膜溶液固含量、涂覆密度的优化条件分别为:3 000~5 000 Hz、50~70 pL、中心值 ± 100 Pa、500~600 mm/s、 $(3.9 \pm 0.4)\%$ 、50%~50.3%。降低配向膜溶液固含量可改善涂覆性不均缺陷,改变吐出密度可改善涂覆性不均缺陷,画质质量得到提升。本文对成盒工段配向膜涂覆质量优化取得了良好效果,能满足工程实践量产的需要。

关 键 词: TFT LCD; 成盒工艺; 配向膜涂覆工艺; 喷墨涂覆

中图分类号: TN141.9 **文献标识码:** A **doi:** 10.3788/YJYXS20203504.0341

Quality improvement of inkjet coating alignment film

WANG Ping*, NIE Hui, LI Huan, HAN Hai-bin, HU Jin, MA Tao,

WANG Qiang-qiang, XU Tao, XU Xiang, WANG Peng

(HeFei BOE Display Technology Co., Ltd., Hefei 230011, China)

Abstract: In the TFT-LCD cell PI coating process, the film thickness and uniformity of polyimide alignment film and the quality of coating film surface are the most important. The effects of ink-jet coating on the quality of alignment film are studied. Firstly, the ink-jet coating process is optimized, the influence of the spray frequency on the amount of vomiting is analyzed. The frequency of vomiting has a significant impact on the amount of vomiting and its uniformity. Secondly, the effects of negative pressure, coating speed, solid content of the solution and coating density on the surface quality of the film are analyzed. When the frequency of vomiting is 1 000 ~ 8 000 Hz, the uniformity of the amount of vomiting can meets the requirements. When the frequency of vomiting reaches 10 000 Hz, the amount of vomiting is seriously uneven, which can not meet the production demand. The optimum conditions of spraying frequency, vomiting volume, negative pressure, coating speed, solid content of the solution and coating density are obtained as follows: 3 000~5 000 Hz, 50~70 pL, center value ± 100 Pa, 500~600 mm/s, $(3.9 \pm 0.4)\%$, 50%~50.3%. Reducing the solid content of the solution of

收稿日期:2019-10-10;修订日期:2019-11-09.

* 通信联系人, E-mail: wangping@boe.com.cn

the alignment membrane can improve the non-uniform coating defects, changing the vomiting density can improve the non-uniform coating defects, and improve the quality of the painting. In this paper, the quality optimization of directional film coating in box-making section has achieved good results, which can meet the needs of mass production in engineering practice.

Key words: TFT LCD; cell process; alignment film coating process; inkjet coating

1 引言

薄膜晶体管液晶显示(TFT-LCD)是当前显示行业的主流工艺,随着时代的进步,液晶显示产品客户的数量和需求激增,客户对液晶显示产品在高分辨率、高开口率、低功耗等方面有着更高的要求。作为成盒工段第一站的配向膜涂覆工艺更是至关重要,因为配向膜作为阵列基板和彩色滤光片基板的最底层材料,其涂覆品质直接影响较高显示画质性能的达成。目前随着液晶显示尺寸越来越大,产品厚度越来越薄,这种趋势带来了高视觉效果和便携性等诸多优点。而喷墨涂覆工艺本身的独特优势最适合大尺寸玻璃基板的生产。

随着液晶产品的更新换代,对更高画质和喷墨涂覆工艺涂覆质量提出更高要求,实际生产中也出现了涂覆性膜面缺陷。本文也对喷墨涂覆工艺相关材料参数和设备参数进行深入研究,对喷墨涂覆工艺涂覆质量进一步优化。

2 喷墨涂覆工艺的介绍

喷墨涂覆工艺(Inkjet)是通过压电陶瓷定量喷墨吐出实现配向膜溶液涂覆在玻璃基板上的一种涂覆方式^[1]。

其工作原理是将配向膜溶液通过压力送入喷头(Head)内,通过电流使喷头内的压电陶瓷产生形变将配向膜溶液从喷孔内吐出,利用喷头或机台的移动形成高密度配向膜液滴,最后在表面张力的作用下使液滴扩散后连接成膜。由于配向膜液滴扩散作用影响较大,涂覆边缘不宜控制,喷墨涂覆工艺不适合小尺寸液晶产品的涂覆生产^[2]。但是其更加节省配向膜溶液,所以更加广泛地使用在大尺寸液晶产品的涂覆生产中^[3-4]。

喷墨涂覆工艺设备由以下部分组成(图 1)。

对位机台(Alignment Table):用于放置玻璃基板且做对位的机台;

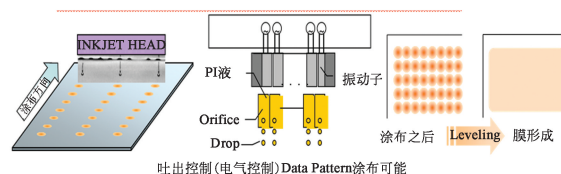


图 1 喷墨涂覆工艺设备^[5]

Fig.1 Inkjet equipment introduction^[5]

喷头龙门架轴(Head Shaft):移动喷头龙门架的轴,负责吐出的喷头单元搭载在喷头龙门架上,从而实现移动涂覆的功能;

废液盘单元(Cap Unit):用来承载从喷头内喷出的液体的单元;

真空擦拭单元(Wiping Unit):真空吸收粘着在喷头面的多余液体,以及测量吐出量的单元;

未吐出检查(Inspection Unit):检测喷头位置的单元;

供液单元:供应配向膜溶液及其控制单元。

3 喷墨涂覆质量优化方法

喷墨涂覆工艺作为聚酰亚胺配向膜涂覆的方式之一,同转印版辊筒涂覆方式一样,也把焦点放在配向膜膜厚和膜面^[5]。

本论文通过调整喷墨设备吐出和材料相关参数,对核心特性膜厚、膜面和画质提升进行系统性研究。最后得出了可以满足生产的最优条件。

3.1 配向膜膜厚质量优化

配向膜膜厚通过配向膜膜厚测量设备测得,与转印版辊筒涂覆方式不同(转印版涂覆膜厚与转印版凹坑深度、匀胶辊凹坑深度等强相关),喷墨涂覆工艺膜厚由配向膜材料的聚合物固型份含量、喷涂量、喷涂密度等决定。其膜厚计算公式为 $D_m \times (1/D_p(\text{纵}) \times 1/D_p(\text{横})) \times \text{固含量} \times (1 - \text{本烧成比例})$ 。其中 D_m (液滴量)为每滴吐出量大小,受电压决定,液滴量 $= a * \text{电压} + b$ (a 、 b 为喷吐头的特有属性,是液滴量与电压线性关系式

的两个参数); D_p (滴液间距)为喷涂密度,分纵方向间距和横方向间距。本烧成比例为聚酰亚胺配向膜溶液经过主固化后去除的比例系数。

在优化喷墨涂覆整体膜厚之前,先进行两步重要的工作:一是优化单个喷涂头内各个喷吐口的喷吐均一性;二是优化喷涂头相互间的喷吐均一性。

首先进行喷吐量测定,寻找每个喷涂头的线性参数 a 和 b ,每个喷涂头在制作后因其本身的压电陶瓷差异造成 a 和 b 各不相同,每次进行质量优化前均需测量,得到属于每个喷涂头喷涂量和电压间的线性关系式,在后续进行质量优化后只需调整电压就可以实现。

喷墨涂覆设备喷涂头喷吐口初期状态较差,表面各不相同,所以要优化单个喷涂头内各个喷

吐口的喷吐均一性。方法为测量以32个喷吐口为测量单位的喷吐量,每个喷涂头有16组数据。通过设备自动补正和后续量产中人工手动补正调整喷吐量的差异性,使其喷吐均一,减少喷吐后可能产生的融合不良。如图2所示,调整前喷吐量差异为10 pL,调整后为5 pL,减少了5 pL的差异。

单个喷涂头内各个喷吐口的喷吐均一性优化后,还需要优化喷涂头与喷涂头相互间的喷吐均一性。方法为选取喷吐量最大的喷涂头为基准,其他喷涂头以最大值为基准,通过增加喷吐电压,整体提升每个喷涂头的喷吐量,减少喷涂头间的膜厚差异,减少喷吐后可能产生的融合不良。如图3所示,调整后喷涂量最大值为744.9 pL,最小值为733.9 pL,平均值为741.1 pL,均一性为

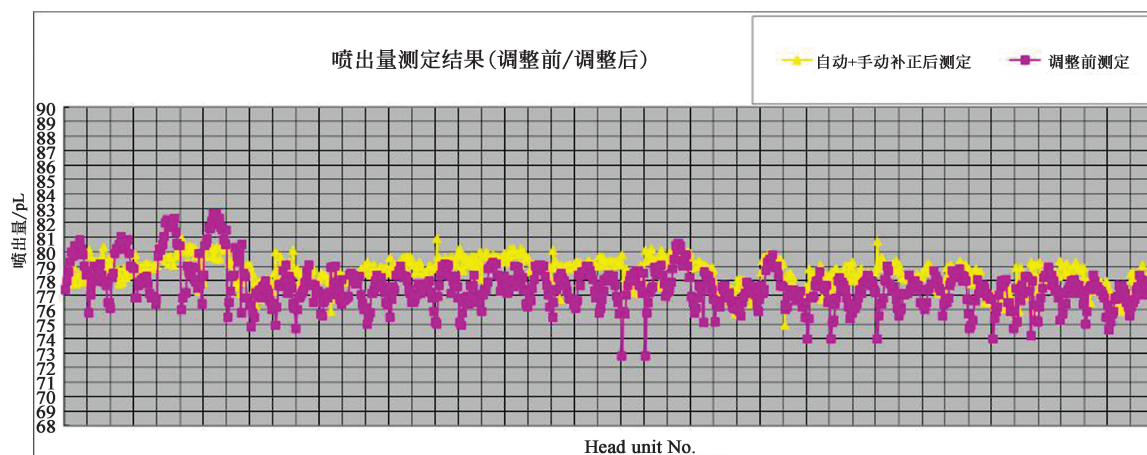


图2 喷吐量测定结果

Fig.2 Results of discharge amount

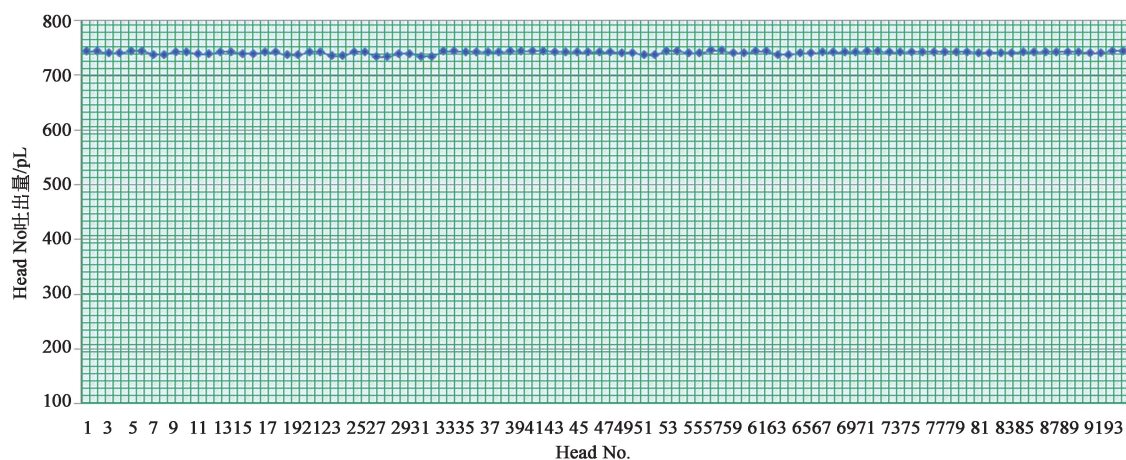


图3 喷涂头吐出的均一性

Fig.3 Uniformity of head discharge

0.74%，满足小于 1% 的标准。

3.1.1 喷吐频率

喷墨涂覆设备使用喷涂头进行涂覆，而喷涂头为电压控制，按照一定喷吐频率进行喷吐。本测试测量了在不同频率下喷吐量的均一性，通过喷吐量可以反馈膜厚的涂覆均一性，以验证可使用的频率范围。

测试条件为在上述调试好的喷墨涂覆设备条件下，选取部分喷涂头，分别设定喷吐频率为 1 000, 5 000, 8 000, 10 000 Hz，分别测得不同频率下的吐出量。

由图 4 可以看出，不同设定喷吐频率 1 000, 5 000, 8 000, 10 000 Hz 下，测得实际喷吐量及其均一性有明显差异性。当喷吐频率为 1 000~8 000 Hz 时，喷吐量曲线较平稳，喷吐量均一性满足要求；当吐出频率达到 10 000 Hz 时，喷吐量严重不均一，均一性非常差，无法用于生产。原因为当高频率喷吐时，喷涂头内压电陶瓷无法正常工作，造成机械形变较大或者损坏引起的形变不足。由实验数据可见，在进行喷墨涂覆质量优化时，喷吐频率必须 $< 10\,000$ Hz，实际大规模量产使用时，在满足量产节拍和设定膜厚参数的前提下，喷吐频率越小，喷涂头内压电陶瓷更能长久地使用。

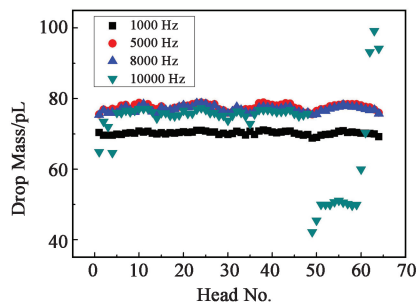


图 4 不同喷吐频率的吐出量

Fig.4 Discharge amount at different frequencies

3.1.2 喷吐量

由 3.1.1 节可知，在进行喷墨涂覆质量优化时，喷吐频率必须 $< 10\,000$ Hz。本测试测量了在不同频率不同设定喷吐量时的喷吐量均一性，通过喷吐量可以反馈膜厚的涂覆均一性，以验证可使用的频率范围和喷吐量范围。

在上述调试好的喷墨涂覆设备条件下，选取部分喷涂头，设定喷吐频率为低频率 1 000 Hz、高频

率 8 000 Hz 共两个频率，在两种频率下，分别设定喷吐量为 40, 50, 60, 70, 80 pL，测得不同条件下的喷吐量及其均一性。测试数据如图 5 所示。

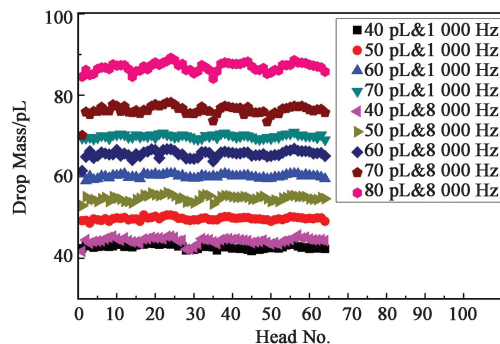


图 5 喷吐量均一性

Fig.5 Uniformity of discharge amount

由图 5 中可以看出，在低频率 1 000 Hz、高频率 8 000 Hz 下，设定喷吐量为 40, 50, 60, 70, 80 pL，不同条件下均可平稳喷吐，测得实际均一性处于 0%~10%。但是当喷吐量超过 80 pL 时，计算喷吐电压超过设备能力，设备无法达到；低于 40 pL 时，设备标准 a 、 b 测量值异常，无法正常吐出。为确保喷吐的稳定性，实际大规模量产使用时，喷涂频率多使用 3 000~5 000 Hz，喷吐量多使用 50~70 pL。

3.1.3 不同标的膜厚

在上述调试好的喷墨涂覆设备条件下，分别设定理论膜厚为 50.0, 65.0, 80.0, 100.0, 120.0, 150.0 nm，理论膜厚为根据理论膜厚公式进行计算可得（理论膜厚公式为多次膜厚测量修正公式所得），每个条件进行素玻璃的涂覆，测试数据如由表 1、图 6 所示。

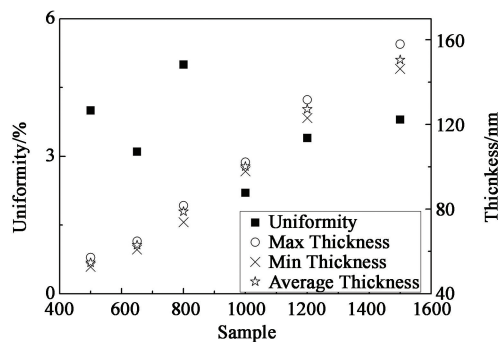


图 6 不同目标膜厚喷涂测试结果

Fig.6 Film thickness at different target

表1 膜厚测试结果

Tab.1 Results of film thickness

理论膜厚/nm	膜厚最大值/nm	膜厚最小值/nm	膜厚平均值/nm	膜厚均一性/%
50	57.1	52.67	54.66	4.0
65	64.85	60.91	63.02	3.1
80	81.68	73.88	78.85	5.0
100	102.23	97.85	100.19	2.2
120	131.67	123.09	127.22	3.4
150	158.01	146.31	150.63	3.8

不同设定理论膜厚 50.0, 65.0, 80.0, 100.0, 120.0, 150.0 nm 时, 测得实际膜厚及其均一性分别为 54.7 (4.0%), 63.0 (3.1%), 78.9 (5.0%), 100.2 (2.2%), 127.2 (3.4%), 150.6 nm (3.8%)。实际膜厚较标准的理论膜厚差值分别为 0, -2.0, -1.1, 0.2, 7.2, 0.6 nm。由实验数据可见, 测得的各个实际膜厚值与目标理论膜厚的差值小于 <10.0 nm, 且后续可以修改喷吐密度来进一步优化。测得膜厚均一性均较好, 都符合喷吐偏差小于 5% 的标准要求。由此可知, 该台喷墨涂覆设备具有较优的喷涂膜厚及均一性的能力, 待后续选择具体设定膜厚时, 有能力调试好最优的膜厚及其均一性以对应量产^[6]。

3.2 膜面质量影响研究

通过上述喷墨涂覆工艺膜厚质量优化的准备工作, 优化了单个喷涂头内各个喷吐口的喷吐均一性, 优化了喷涂头与喷涂头间的喷吐均一性。这些是膜面质量优化的前期工作, 因为膜厚均一性直接影响了膜面均一性, 喷涂量不均一, 膜厚不均匀, 直接反馈到宏观膜面即为膜面不均匀。

3.2.1 半月面负压

除了上述膜厚质量优化条件外, 膜面质量还受半月面负压状况影响。喷墨涂覆工艺设备采用

负压控制喷涂头喷吐口处配向膜溶液的状态, 即半月面状态。图 7 中红线为喷涂头喷吐口处配向膜溶液的状态。理论上喷吐口处液体内凹的状态为刚刚好, 但是工程生产时, 人员无法通过数十微米级直径的喷嘴判断液体在里面内凹的深度。通过实践证明, 通过图 7 中第三种状况, 液体微凸, 可以明确观察喷嘴的状态, 且满足膜面要求。是实践得出的有效观察方法, 在此种观察方法下, 这种喷嘴面最好。利于监控且能满足要求。

负压太大, 液体被吸回喷涂头内, 造成未吐出引起膜面品质恶化, 负压不足, 配向膜溶液集聚在喷吐口处造成吐出膜厚偏厚, 造成膜面品质缺陷。

在测试前, 需要进入喷墨涂覆设备中, 目视观察不同负压条件下的喷涂头喷吐口处配向膜溶液半月面的状态。测试负压为 -4 000 Pa 时, 目视半月面效果较好, 所以选择负压中心值为 -4 000 Pa。

在上述调试好的喷墨涂覆设备条件下, 在最优膜厚参数条件下, 围绕负压中心值 -4 000 Pa, 分别设定负压增减量为 +100, +0, -100, -200, -300 Pa, 分别在 ITO 玻璃基板上涂覆, 测试确认宏观膜面如表 2、图 8 所示。

表2 负压与膜面等级

Tab.2 Negative pressure condition and film surface grade

样品编号	负压增减/Pa	膜面等级
e1	+100	1.5
e2	+0	0
e3	-100	1
e4	-200	3
e5	-300	4

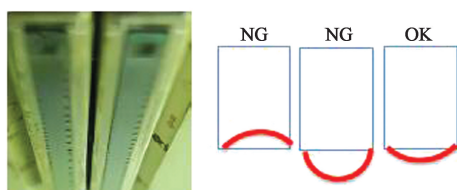


图7 喷吐头表面状态

Fig.7 Status of head nozzle

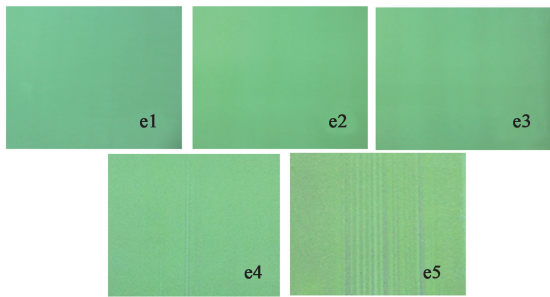


图 8 样品 e1~e5 的负压测试膜面情况
Fig.8 Appearance of film (Sample e1 ~ e5) in the negative pressure test

由表 2、图 8 可以看出,围绕负压中心值 $-4\ 000\text{ Pa}$, 负压增减量分别为 $+100, +0, -100, -200, -300\text{ Pa}$, ITO 玻璃基板上配向膜宏观膜面各不相同。宏观膜面评级分别为等级 1.5、等级 0、等级 1、等级 3、等级 4,标准值为等级 $0\sim 1.5$ 。在中心负压值的基础上,减少负压,喷吐头口处配向膜溶液半月面往下凸度增加,使得喷吐量变大,膜面颜色变深;增大负压,喷吐头口处配向膜溶液半月面往下凸度减少,使得喷吐量减小,造成吐出量不足,在膜面上表现为细线未吐出缺陷,负压继续增大,半月面由往下凸出变成凹陷,吐出量更加不足,在膜面上表现为更大面积的细线未吐出缺陷。本次测试数据得出,在负压中心值基础上负压 $\pm 100\text{ Pa}$ 时,膜面最优,此时半月面达到最优状态。

3.2.2 涂覆速度

在上述调试好的喷墨涂覆设备条件下,在最优膜厚参数条件下,分别设定涂覆速度为 500 (中心参数,速度 $< 500\text{ mm/s}$, 不满足生产节拍), $600, 700, 800\text{ mm/s}$, 分别在 ITO 玻璃基板上涂覆,测试确认宏观膜面如表 3、图 9 所示。

表 3 涂覆速度与膜面等级

Tab.3 Printing speed and film surface grade

样品	涂覆速度/($\text{mm} \cdot \text{s}^{-1}$)	膜面等级
f1	500	1
f2	600	1.5
f3	700	3
f4	800	4

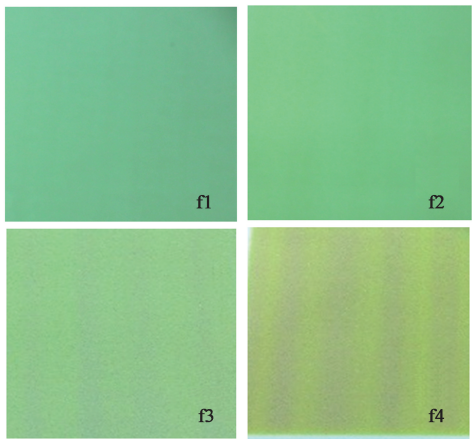


图 9 样品 f1~f5 的涂覆速度测试膜面情况
Fig.9 Appearance of film (Sampl f1 ~ f5) in the printing speed test

由如表 3、图 9 可以看出,涂覆速度为 $500, 600, 700, 800\text{ mm/s}$, ITO 玻璃基板上配向膜宏观膜面各不相同。宏观膜面评级分别为等级 1、等级 1.5、等级 3、等级 4,标准值为等级 $0\sim 1.5$;即涂覆速度为 $500\text{ mm/s}, 600\text{ mm/s}$ 时,膜面质量达到产品生产标准;涂覆速度为 $700\text{ mm/s}, 800\text{ mm/s}$ 时,出现涂覆污渍缺陷,膜面质量达不到产品生产标准需求。涂覆吐出量与吐出频率成正比,与涂覆速度成反比。当高速涂覆时,喷涂头必须使用高频率涂覆(涂布设备生产厂家建议使用吐出频率小于 $6\ 000\text{ Hz}$),使得喷吐均一性变差,造成膜面质量差。本次测试时,基于 PI 液 SE-6414(0348),当涂覆速度为 500 mm/s 时(对应 $5\ 000\text{ Hz}$ 频率),涂覆质量最好,且能满足大批量生产的产能需要。

3.2.3 固含量

聚酰亚胺配向膜溶液由溶剂和聚合物固型份组成,在后续工艺过程中,溶剂逐渐挥发,聚合物留在了玻璃基板上,用来进行取向使用。

固型份的大小影响着喷涂头的吐出和配向膜溶液扩散的难易。固含量高,涂覆性差,但是成本会降低;固含量低,涂覆性好,但是成本会高,不具有经济效益。所以本论文对同一款配向膜溶液 3 种固含量下的涂覆膜面进行测试,找到最优的膜面质量条件。

在上述调试好的喷墨涂覆设备条件下,在最优膜厚参数条件下,选用同一款配向膜溶液,固含量分别为: $4.5\%, 4.3\%, 3.9\%$, 在 ITO 玻璃基板

表4 PI固含量与膜面等级

Tab.4 Solid content of PI and film surface grade

样品	固含量/%	膜面等级
g1	4.5	3
g2	4.3	1.5
g3	3.9	1



图10 样品 g1~g3 的固含量测试膜面情况

Fig.10 Appearance of film (Sampl g1~g3) in the solid content test

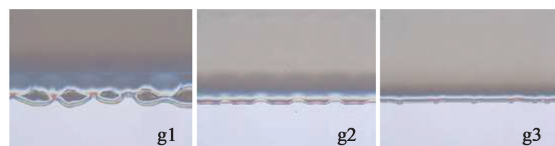


图11 样品 g1~g3 的膜边缘直线性

Fig.11 Appearance of Sampl g1~g3 film edge

上涂覆,宏观膜面如表4、图10和图11所示。

由表4、图10、图11可以看出,同一款配向膜溶液,不同固含量4.5%,4.3%,3.9%,ITO玻璃基板上配向膜宏观膜面和直线性各不相同。宏观膜面评级分别为等级3、等级1.5、等级1,标准值为等级0~1.5。从数据可以得出固含量(3.9±0.4)%(固含量降低至3.5%,涂覆性会更好,但是低于3.5%成本会上升,不具有量产性)表现最优,此时配向膜溶液和涂覆设备喷头参数完美契合,此时膜面质量最优,配向膜边缘直线性最优,无锯齿状不良。

3.2.4 喷吐密度

喷墨涂覆设备除喷吐电压影响吐出量外,还可以微调喷涂密度进行调整涂覆区域内喷吐的疏密度,从而影响膜面的质量,因而可以微调喷涂密度,找到最优的膜面质量条件。

在上述调试好的喷墨涂覆设备条件下,在最优膜厚参数条件下,选用同一款配向膜溶液,喷墨涂覆设备分别选用涂覆密度为50%,50.3%,50.7%,51.1%,60%,分别在ITO玻璃基板上涂覆,结果如表5、图12、图13和图14所示。

表5 喷涂密度与膜面等级

Tab.5 Printing density and film surface grade

样品	涂覆密度/%	膜面等级
h1	50	1
h2	50.3	1.5
h3	50.7	2
h4	51.1	3
h5	60	5

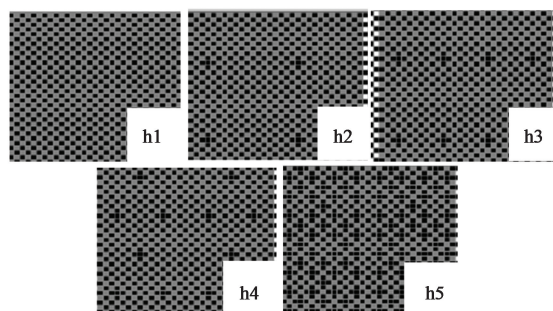


图12 样品 h1~h5 喷吐图案结果

Fig.12 Printing pattern results of Sample h1~h5

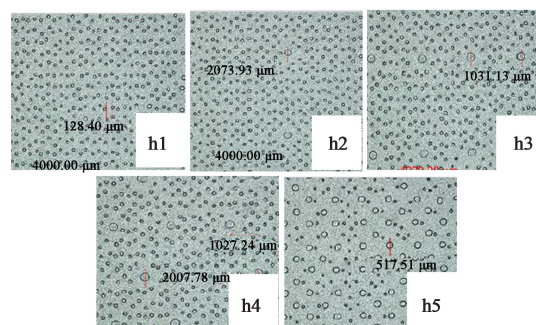


图13 样品 h1~h5 的喷吐液滴

Fig.13 Spitting liquid drop of Sample h1~h5

由表5、图12~14中可以看出,喷墨涂覆设备涂覆密度为50%,50.3%,50.7%,51.1%,60%,喷涂设定图案(黑色十字架为增加的吐出量,数量越多,涂覆密度越大)、实际喷吐液滴(图中直径较大液滴为设定黑色十字架的增大涂覆密度的实际液滴,大液滴数量越多,涂覆密度越大)、宏观膜面(涂覆密度增大的样品膜面颜色逐渐明显)各不相同。宏观膜面评级分别为等级1、等级1.5、等级2、等级3、等级5,标准值为等级0~1.5。从图中可以看出,通过微调涂覆密度,设计喷涂设定图案,实际喷吐液滴也会进行相应变化,宏观膜面继而发生变化。从膜面图可以得出喷涂密度

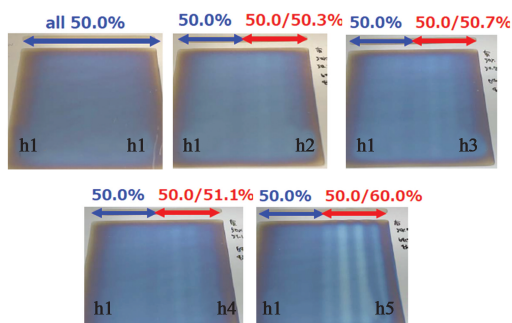


图 14 样品 h1~h5 的涂覆密度测试膜面情况

Fig.14 Appearance of Sample h1~h5 film in the printing density test

50%~50.3%表现最优,此时配向膜溶液和涂覆设备喷涂头参数完美契合,此时膜面质量最优。且随着涂覆密度的增大,膜面越来越不均一,体现在涂覆密度大的地方膜面偏厚。在实际大规模生产时,当膜面质量出现如图中恶化的状况时,一方面通过设备自动补正改变喷吐密度来优化膜面质量;另一方面当喷涂头均一性超过规定值,出现明显偏厚或偏薄,就需要通过手动补正增大或减少喷吐密度来优化膜面质量^[1]。

4 结 论

本文根据液晶显示产品对喷墨涂覆工艺涂覆质量要求更高的需求,对喷墨涂覆工艺进行深入研

究,对喷墨涂覆工艺涂覆质量进一步优化。分析了喷吐频率对喷吐量及其均一性的影响。当喷吐频率为 1 000~8 000 Hz 时,喷吐量均一性满足要求;当吐出频率达到 10 000 Hz 时,喷吐量严重不均一,不满足生产需求。喷吐量超过 80 pL 时,计算喷吐电压超过设备能力,设备无法达到;低于 40 pL 时,设备标准 a 、 b 测量值异常,无法正常吐出。为确保喷吐的稳定性,实际大规模量产使用时,喷涂频率多使用 3 000~5 000 Hz,喷吐量多使用 50~70 pL。在负压中心值 ± 100 Pa 时,膜面最优,此时半月面达到最优状态。涂覆速度为 500 mm/s、600 mm/s 时,膜面质量达到产品生产标准;涂覆速度为 700 mm/s、800 mm/s 时,出现涂覆污渍缺陷,膜面质量达不到产品生产标准要求。配向膜溶液固含量 $(3.9 \pm 0.4)\%$ 时,配向膜溶液和涂覆设备喷涂头参数完美契合,此时膜面质量达到量产水平。喷涂密度 50%~50.3%时,膜面质量达到量产水平。随着涂覆密度的增大,膜面越来越不均一,体现在涂覆密度大的地方膜面偏厚。在实际大规模生产时,当膜面质量出现膜面不均的状况时,可以增大或减少喷吐密度来优化膜面质量。降低配向膜溶液固含量可改善涂覆性不均缺陷,改变吐出密度可改善涂覆性不均缺陷,画质质量得到提升。本文对成盒工段配向膜涂覆质量优化取得了良好效果,能满足工程实践量产的需要。

参 考 文 献:

- [1] 徐长健,陆顺沙,马国靖,等.周边配向膜 Mura 改善研究[J].液晶与显示,2018,33(10):831-835.
XU C J, LU S S, MA G J, *et al.* Improvement of peripheral PI Mura [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2018, 33(10): 831-835. (in Chinese)
- [2] ROA J J, GILIOLI E, BISSOLI F, *et al.* Study of the mechanical properties of CeO_2 layers with the nanoindentation technique [J]. *Thin Solid Films*, 2009, 518(1): 227-232.
- [3] SU P J, SHA Y A, SHIU J W. Novel application of ink-jet-printing technology in multi-domain alignment liquid-crystal displays [J]. *Journal of the Society for Information Display*, 2008, 16(3): 441-449.
- [4] 张晶思,孙润光.TFT-LCD 能否赢得大尺寸显示市场[J].现代显示,2007(2):9-11.
ZHANG J S, SUN R G. Can TFT-LCD win the jumbo size display market? [J]. *Advanced Display*, 2007(2): 9-11. (in Chinese)
- [5] 王丹,马国靖,宋勇志,等.印刷型设备产生配向膜 Mura 研究[J].液晶与显示,2014,29(6):881-885.
WANG D, MA G J, SONG Y Z, *et al.* PI Alignment inkjet printing Mura [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2014, 29(6): 881-885. (in Chinese)
- [6] 赵成明,王丹,马国靖,等.阵列基板设计对配向膜印刷的影响[J].液晶与显示,2016,31(2):138-141.
ZHAO C M, WANG D, MA G J, *et al.* Alignment film on array substrate [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2016, 31(2): 138-141.

tals and Displays, 2016, 31(2): 138-141. (in Chinese)

作者简介:



王 平(1987—),男,安徽合肥人,高级工程师,2009年毕业于合肥工业大学获得学士学位,主要从事 TFT-LCD Cell PI 制程工艺的研究。E-mail:wangping@boe.com.cn