

# 涂胶曝光显影技术在液晶显示器制造中的应用分析

沙双庆

(深圳莱宝科技股份有限公司 广东 深圳 518000)

**【摘要】**液晶显示器作为目前最为主流的平板显示产品，其在电视、电脑、笔记本、手机车载、相机、医疗、家电、工业控制设备上的应用不断扩大，技术上的更新换代也是层出不穷。涂胶、曝光、显影作为液晶显示面板中最为核心的技术之一，其工艺制造技术也越来越趋于稳定，制造技术稳定的背后离不开材料和设备的不断改进与优化。

**【关键词】**液晶显示；涂胶；曝光；显影

涂胶、曝光、显影（简称黄光制程）在液晶显示器生产时，主要应用在薄膜晶体管（Thin Film Transistor, TFT）面板及彩色滤光片（Color Filter, CF）面板的制作过程之中。一般来说TFT和CF基板的黄光制程主要工艺流程基本一样，均包含光阻的涂布、曝光、显影主要制程步骤<sup>[1]</sup>。不同点在于光刻胶特性不同，一般来说TFT用光刻胶多为正性光刻胶，CF用光刻胶多为负性光刻胶。

## 一、涂胶、曝光、显影制程及制作材料概况

光刻胶主要由树脂、感光剂以及溶剂等成分混合而成，它是一种有机化合物，在受到紫外光曝光后，其在显影液中的溶解度将发生变化。TFT工程中用到的光刻胶主要用来形成所需的各种线路（结合曝光、显影工艺），一般分为两种，一种是最终不会保留在基板表面，只是在刻蚀各膜层形成所需线路时，起到保护线路的作用，在刻蚀工艺完成后，还需对残留在TFT基板表面的光刻胶进行剥离处理。另一种是保留在基板表面的有机绝缘光刻胶，这种光刻胶通过特定的曝光显影后，将形成后的图案光阻保留在基板表面，以提高TFT基板的光学特性，也有助于提升产品良率。CF工程中用到的光刻胶种类较多，主要分为BM(Black Matrix)、R(Red)、G(Green)、B(Blue)、PS(Photo Spacer)等光阻，BM是一种黑色矩阵，用来遮蔽漏光区，从而增加对比度，RGB分别提供红色、绿色、蓝色，PS则用于支撑TFT和CF之间所需的间隙。

当光刻胶受到曝光作用后，其本身的化学特性

将发生变化，再通过后续的显影反应将实现形成图形目的。在TFT工程中显影液中的四甲基氢氧化铵（TMAH）碱性基团，与曝光过的光刻胶反应，其反应速率远高于被遮挡未被曝光的部分，并生成可被加速溶解的物质。在CF工程中显影液中的KOH，与被遮挡未被曝光过的光刻胶反应，其反应速率远高于被曝光的部分，并生成可被加速溶解的物质。

## 二、如何通过设备实现产品的涂胶、曝光、显影

液晶显示制造业内，TFT和CF的涂胶、曝光、显影多是通过U形Inline线体的形式对各设备进行串联，进而形成一套完整的黄光制程生产线。其中TFT的制作流程一般分为加载、基板清洗、去水烘烤、光刻胶涂布、减压干燥、光刻胶预烤、曝光、周边曝光、显影、光刻胶硬烤、显影后光学检查、卸载等步骤。CF的制作流程一般分为加载、基板清洗、温度控制、光刻胶涂布、减压干燥、光刻胶预烤、涂布后光学检查，曝光、显影、光刻胶硬烤、显影后光学检查、卸载等步骤。

涂胶前的基板清洗主要是为了减少涂布前异物，增强光刻胶的粘附性，一般通过紫外光清洗、毛刷清洗、超声波二流体清洗组成，经过紫外光照射后玻璃基板表面接触角会减小，且累计照射的光量越长，接触角会越小，毛刷清洗是一种物理清洗方法，其转速可达到300r/min（转/分钟），用来清除大颗粒物，超声波二流体为压缩空气加上纯水混合之后结合超声波作用进行喷出，喷雾的流速及清洗能力

远优于一流体，主要用于清洗微小异物。为清除基板通过清洗后残留的水渍，在后续基板的传送中会通过风刀和烘烤对基板进行处理。

涂胶设备一般通过涂胶头将光刻胶均匀的涂覆在玻璃基板表面，为防止在涂胶过程中喷嘴与放置基板的平台上的异物发生撞击，进而对喷嘴造成伤害，可在涂胶头前设计一个干涉检测挡条，使其安装于涂胶喷嘴前方，其最低位置可位于涂胶喷嘴最下的尖端 20 微米处，当干涉检测挡条检知到危险时，会通过信号联动停止涂胶动作，如图 1 所示。

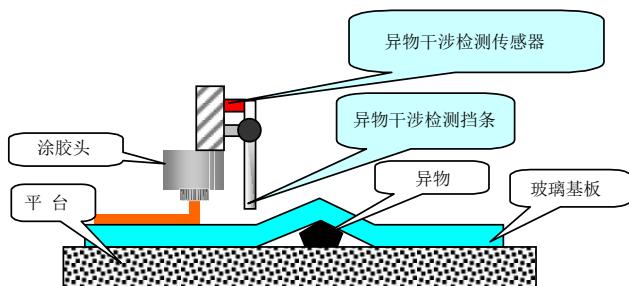


图 1 涂胶设备结构

为对不同厚度的玻璃基板进自动匹配涂胶，可在承载基板的平台上方设计一个面板厚度测量传感器，在设备机构涂胶动作前，该传感器可先检知基板的厚度，再将检知结果反馈给可编程逻辑控制器（Programmable Logic Controller, PLC）和私服马达，重新计算和调整基板至喷嘴之间的间隙，扣除基板厚度不均对涂布间隙的影响，以保持恒定的涂胶间隙进而保证涂胶厚度的均一性，如图 2 所示。

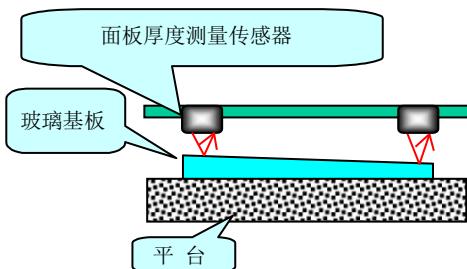


图 2 面板厚度测量机构

由于光刻胶本身具有一定的粘度，当涂胶机的涂胶头使用一段时间后，其表面会被一些残余的光刻胶残胶所覆盖，进而影响后续涂布的均一性，所以有必要设计一种涂胶头清洁喷嘴机构，使涂胶头能够定期的清洗涂胶喷嘴表面的异物（光刻胶和空气气泡等），始终保持喷嘴的洁净度。涂胶过程中，涂胶头与基板之间的高度参数极其重要，它直接影响着基板表面的涂胶精度，所以有必要在涂胶喷嘴附近设计一个涂胶喷嘴高度检测传感器，用于监控喷嘴高度，并可通过它对涂胶高度进行自动校正。

光刻胶在均匀涂布到玻璃基板表面之后，需对光刻胶进行减压干燥处理，干燥的主要原理是通过真空泵对盛有基板的腔室进行抽真空，使光刻胶中的溶剂在常温下予以挥发。抽真空完成后，用干燥压缩空气把腔室中的压力恢复到大气压，然后把基板取出。取出的基板放入光刻胶预烘烤炉体中，进行光刻胶预烘烤，使其半固化。因从炉体中取出的玻璃基板表面温度较高，需要对其进行冷却处理，然后通过温度控制机构，在其进入到曝光设备之前，将基板表面温度控制在  $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$  的精度范围之内，以保证曝光机对玻璃基板表面的曝光精度。

曝光机之所以能成为目前世界上最为尖端的核心技术之一，是因为其稳定的光学系统能够光刻出分辨率小至  $2.2\mu\text{m}$  的微电子线路（半导体用光刻机则精度更高，分辨率可低至  $5\text{nm}$ ）。从曝光机光源发出的紫外光可以透过光罩上的几何图形照射到涂布过的光刻胶基板上，通过光化学反应，将光罩上的图案精确的转移到玻璃基板之上<sup>[2]</sup>。曝光机主要包括曝光主体、光罩装载机构、基板装载机构、光罩放置平台、基板放置平台、光学照度系统等。基板放置平台用来承载玻璃基板，该机构具有用于承载基板和执行精确对位与扫描的功能，一般使用多个音圈马达进行驱动，以消除噪音振动等带来的影响，基板放置平台拥有多个单独定子，它们之间设有间隙传感器，可通过涡轮电压判断并调节距离。光罩放置平台用来承载画有各种设计图案的光罩，起到承载光罩和执行精确定位的作用。光罩放置平台也是通过音圈马达进行控制，结合间隙传感器可通过涡轮电压判断并调节距离，也可通过两边力差实现光罩放置平台的旋转。曝光机主要通过投影投射单元将光罩上的图案投射到玻璃基板表面之上（一枚基板单层光罩可以设计成 4 至 6 次扫描）。曝光机一般包括接触式曝光机，近接式曝光机，投影式（Scan 方式）曝光机，步进式曝光机等，根据不同的工艺要求可以进行自主选择。曝光机所用的曝光灯多为超高压水银汞灯，其优点是能量高、寿命长、稳定性好。尽管如此，曝光机依旧有它固有缺陷，TFT

制程中，当需要在光罩上设置周边曝光图案时，需要曝光机对基板多次扫描，在影响设备有效稼动率的同时，基板利用效率也会有所下降。因此有必要在曝光机后面设计一个专门用来进行周边曝光的机构，这样可以高效率进行基板的周边曝光，也防止了基板周边的光刻胶残留发生。

涂有光刻胶的玻璃基板在经过曝光之后，便进入了显影单元，显影设备的显影方式包括喷淋(Spray)和浸泡(Dip in)等方法，以正性光刻胶为例(负性胶则相反)，通过使用显影液对已曝光过的光刻胶进行溶解，使未被曝光过的光刻胶保留下来。显影完成之后仍需要通过纯水对玻璃基板进行置换水洗，以保证基板上没有药液残留，最后通过风刀将其表面吹扫干净。显影完成之后，一般需要通过高温炉以特定的温度对显影后玻璃基板上的光刻胶进行硬烤(通过热能蒸发，减少胶中残留溶剂)，以使其能够稳定、成型<sup>[3]</sup>。通过硬化的光刻胶，其表面的附着力也会增加、边缘更加平滑，对减少诸如孔隙现象等缺陷起到很好的抑制作用。为更好地监控黄光制程后的产品品质，根据产品工艺需求可在硬化烘烤炉单元之前或之后设计外观检查设备(微观和宏观检查)，以检测基板表面的异物及光学异常，相关监测数据可以与黄光线体的控制用PLC进行联动，起到一旦发现产品品质异常，设备将第一时间自动停机的效果。

### 三、涂胶、曝光、显影过程中常见的问题及解决方案

液晶显示器在涂胶、曝光、显影的制作过程中，最常见的问题主要分为三类，第一种是静电击穿问题，由于玻璃基板在黄光工艺传送过程中存在摩擦，从而产生静电，这将造成微电子电路中的一些线路会出现异常开路和短路现象，解决此类问题，主要从静电监控和静电消除两方面予以着手对策。通过在设备的各个单元安装静电测量传感器，并将其信号连接到PLC控制程序之中，当其检测到基板表面的静电值超过规格标准时，设备将进行自动报警或停机处理，以避免产品发生品质不良。静电消除则是利用在易发静电单元加装一定数量的静电消除器和X射线发生器，对基板表面的残余静电进行高效去除，以保障产品品质。第二种是异物附着问题，

因为黄光制程生产线体较长，传送机构多而复杂，虽在设计之初设备环境是按照高级别无尘室要求进行设计的，但后期因为设备部分元件的老化，会陆续出现异物类品质异常，比如用于净化空气的风机过滤单元机组(Fan Filter Unit, FFU)，当其滤芯因长时间使用而老化后，不但起不了过滤清扫的效果，还会因发生而对产线的洁净度造成污染，因此有必要定期对FFU进行检查监控，若发现异常需及时更换。解决异物问题的关键，是要持续维护好设备洁净度，做好定期清洁、保养，针对老化元器件进行及时更换。第三种问题是产品光学显示异常，这类问题多为涂胶、曝光或显影不均所造成，解决此类问题，关键是要通过对设备进行保养、监控，即时掌握设备稳定性，从根本上杜绝异常发生。涂胶设备核心是涂胶头，若涂胶过程中涂胶头中存在异物或涂胶头本体与基板之间的间隙不均匀，都会造成光刻胶涂布不均，进而导致光学显示异常。曝光过程是一个高精密的光学反应过程，光源照射度均一性、棱镜透过率均一性及玻璃基板承载平台的表面光学均一性等，都会造成产品的光学显示异常，日常产品品质监控中，应将该类问题作为重点风险予以监控并对设备进行重点维护。显影类的光学显示异常多为显影液喷洒不均造成，当液体喷洒头出现堵塞，或喷洒流量、喷洒角度出现异常时，均会造成显影不均，从而造成产品显示不良，为避免该类问题的发生，需加强做好对设备的日常维护及性能监控。

### 四、总结

涂胶、曝光、显影技术是液晶显示面板制造过程中不可或缺的核心工序，针对其在液晶面板制作过程中经常出现的静电不良、异物附着、光学显示异常等问题，通过对产线设备的不断优化改进，结合日常的监控维护，可将产品黄光工序的不良率降到最低，进而有效提升产线的整体生产效率。

### 参考文献：

- [1] 吕磊,郑如意,周文静.涂胶曝光显影一体化设备研究[J].电子工业专用设备,2020(49):31-36.
- [2] 朋小康,黄兴文,刘荣涛.光刻胶成膜剂:发展与未来[J].应用化学,2021(38):1079-1090.
- [3] 姜立娟,李响,唐拓.光刻线宽精度控制的研究[J].微处理机,2005(02):12-13.