

大面积液晶显示面板光刻机新型工作台设计

葛 娜 林永水 石宗宝 王思年 吴淦淦
(福州大学机械工程系, 福州, 350002)

摘 要 论述曝光面积达 $356\text{ mm} \times 356\text{ mm}$, 套刻精度为 $\pm 2\text{ }\mu\text{m}$, 接近式($0\sim 25\text{ }\mu\text{m}$)液晶显示面板光刻机的新型工作台设计.

关键词 液晶显示面板; 光刻机; 工作台; 曝光间隙; 掩模; 基片

液晶显示具有工作电压低, 器件薄, 成本低以及安全可靠等一系列优点. 随着液晶技术的不断完善, 液晶显示已引起计算机、电视机、仪器仪表以及野外作业的中子设备等行业的极大重视. 液晶显示器也从早期的低分辨率、单象素平面型、小屏幕的技术状态, 迅速向高分辨率、多象素套刻立体型、大屏幕的方向发展. 制作液晶显示器的关键设备—液晶显示面板光刻机相应地也进入更新换代阶段. 为此, 研制了大面积液晶显示面板光刻机.

1 工作台结构

该机工作台设计的主要技术指标为: 有效曝光面积 $178\text{ mm} \times 178\text{ mm} \sim 356\text{ mm} \times 356\text{ mm}$; 套刻精度 $\pm 2\text{ }\mu\text{m}$; 间隙设定值 $0\sim 25\text{ }\mu\text{m}$; 设定间隙平行度误差 $< 3\text{ }\mu\text{m}$ (双向).

所设计液晶显示面板光刻机主要由光路系统, 掩模—基片对准工作台和高稳强电源 3 大部份组成. 图 1 为新研制的 $356\text{ mm} \times 356\text{ mm}$ 液晶显示面板光刻机的结构示意图. 光路系统采用顶置反射式方案, 由 1.5 kW 汞灯、椭球反射镜、主反射镜、聚光物镜、光积分器和 6×6 阵列反射镜组成. 考虑到曝光辐照面积大, 在辐照均匀度要求下, 反射镜整体制作难度极大. 本设计采用 6×6 抛物阵列式反射镜结构, 各阵列镜面积小, 制作容易, 其反射方向和光强分布可由微调机构和特定的镀膜技术方便地加以调整, 总体辐照均匀度达到 $\pm 3\% \sim 5\%$ 的要求.

2 对准工作台的设计

为使标准套刻精度达到 $\pm 2\text{ }\mu\text{m}$ 的要求, 设计了结构较新颖的对准工作台, 并采用两物镜分离量大的双视场显微电视对准系统. 在图 1 中, 对准工作台由掩模板架, 基片承放台, 3 点 z 向调平机构, x 向移动导轨座, y 向移动导轨座和 θ_z 向转台基座等组成. 根据套刻对准的需要, 基片承放台必须带着基片相对固定在掩模上作 x 向前后移动、 y 向左右移动以及绕垂直 z 轴的 θ_z 向转动. 在接近式光刻时, 要求掩模与基片对准面间的间隙能调至 $0\sim 25\text{ }\mu\text{m}$, 具体大小由显微镜的景深和光刻线条的粗细确定, 因此承片台还需具有 z 向垂直升降

本文收到日期: 1995-06-21

葛 娜, 女, 1940 年出生, 讲师
本工作得到电子工业部资金资助

运动. 此外, 在光刻面积大时, 掩模与基片两对准面间的平行度要求更严, 必须让承片台相对掩模具有两个精确的微调校平转动 θ_x 、 θ_y , 即承片台有 6 个运动自由度 x 、 y 、 θ_z 、 z 、 θ_x 、 θ_y .

现有光刻机的结构, 通常将掩模架固定不动, 这样做的好处主要是可以直接将掩模表面作为工作台统一的固定基准, 用以提高精度, 同时无须移动掩模架的机构, 结构简单, 但由此带来的问题是承片台的 z 向运动距离必须较大, 以便腾出装卸基片的空间, 而 z 向运动是工作台对准漂移和间隙设定的关键, 要求有极高的运动导向精度和定位精度. 国内外许多光刻机生产厂家在这方面做了许多工作, 采取了一系列措施^[1, 2]. 本设计放弃掩模架固定的方案, 将工作台统一固定基准移到另设的基座上, 同时让掩模架作 z 向大距离(~ 200 mm)升降. 这样做在统一固定基准上是增加了一项误差, 但可以做到在常规制造精度的允许范围内. 掩模架的大距离升降可以在承片台上方腾出较大空间, 除了方便装卸基片操作外, 还可允许常规测量工具(高精度千分表)进入基片上方, 直接接触测量基片边缘的非光刻区, 用以指示基片在承片台上相对统一固定基准的校平

度, 并根据表头指示作校平调整, 更值得指出的是掩模架的 z 向运动精度要求不高, 设计中甚至用球铰让其漂移, 故用常规丝杠传动就可实现 z 向运动. 这是因为掩模架的最终定位精度是靠弹力压靠在基座统一固定基准上的精度来确定的, 与 z 向运动过程无关. 掩模架 z 向运动过程所造成的 x 、 y 方向的漂移可以在它停靠稳固后, 由承片台的 x 、 y 向对准运动一并加以补偿.

在现有光刻机中, 比较成功的承片台 θ_x 和 θ_y 两自由度校平结构是在承片台下方设置球铰来实现的. 校平动作前, 先放松球铰, 然后让承片台带着基片 z 向上升, 直到基片碰到校正板或掩模, 靠上升力推球铰带动承片台自位与校正板找平, 找平后重新用真空吸力锁紧球铰. 这样的结构在承片台面积大时, 球铰必须做的较大方能保证承片台的稳定. 高精度、大尺寸的球铰制造难度大, 且增加工作台的轴向尺寸, 所需推球铰自位的上升力也大. 太大的上升力会在找平过程引起变形^[1], 影响对准间隙的设定值(由显微镜的景深及光刻线条粗细确定). 本设计放弃承片台靠球铰自位找平的方案, 改用承片台三点支承结构, 靠承片台上方的 3 个千分表作指示, 用调整基承片台下方的 3 个支承杆的 z 向高度来调定基片上表面三点与统一固定基准面间的精确距离, 从而同时保证基片与统一固定基准面间的平行度. 这种

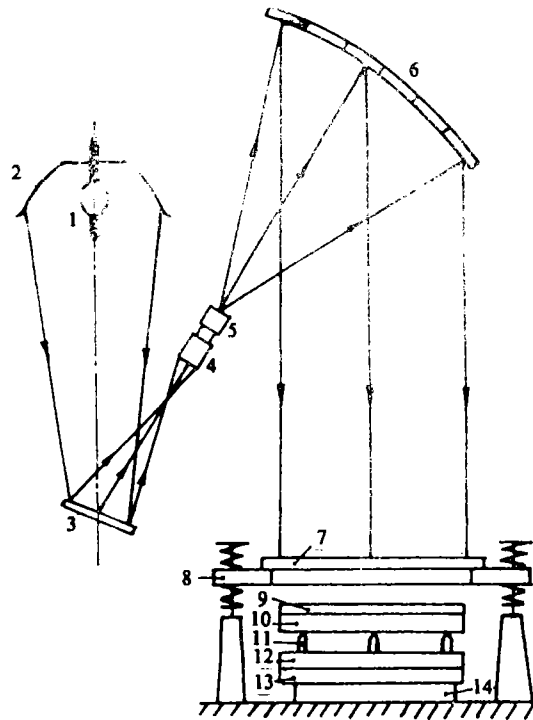


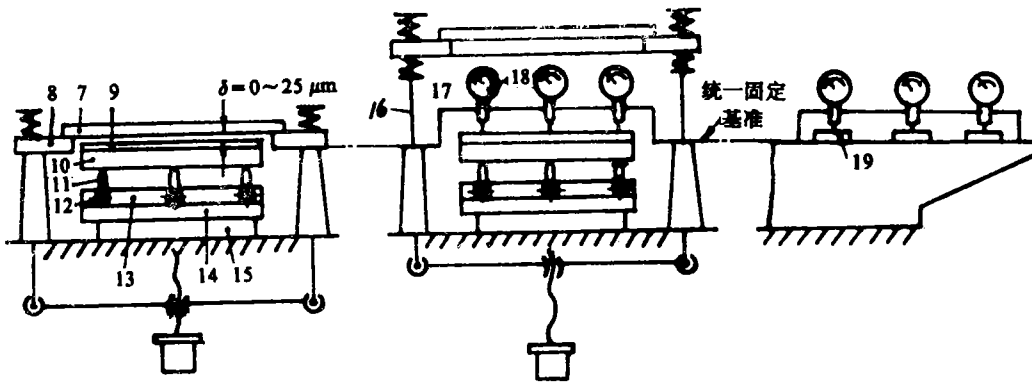
图1 光刻机结构示意图

1—1.5 kW 汞灯, 2—椭球反射镜, 3—主反射镜, 4—聚光物镜, 5—光积分器, 6— 6×6 阵列反射镜, 7—掩模板, 8—掩模板架, 9—基片, 10—基片承放台, 11— z 向调平机构, 12— x 向移动导轨座, 13— y 向移动导轨座, 14— Q_z 向转台基座

基片定位与找平的方式消除了基片自身的厚度差以及两面平行度误差对设定间隙的影响,因而可做到在对准间隙进一步缩小的情况下,不致在对准移动时碰擦基片感光胶.在液晶面版曝光的特定条件下,对准间隙可作为曝光间隙使用,避免了两次间隙设定,消除了由 z 向运动引起的对准漂移.

3 新型工作台工作状态

图 2 为新型工作台的结构和工作状态的示意图.图 2(a)表示掩模板架 8 下降至最低位,停靠在基座统一固定基准面上的状态,此状态为模-基对准和曝光状态.7 为经粗对位后固定在模架 8 上的掩模及其调位框.9 为真空吸附在承片台 10 上的基片(液晶屏玻璃片),7 与 9 之间的间隙 δ 即为对准间隙或曝光间隙.间隙值的设定及间隙两面间的平行度由三点 z 向支承杆 11 微调控制.微调机构由千分尺 12 和 90° 斜面机构组成.13 为 x 向微调导轨座,14 为 y 向微调导轨座,15 为 θ_z 向微调转台.图 2(b)表示模架 8 被掩模架升降杆 16 抬举到最高位,同时千分表架 17 带着 3 个高精度千分表 18 从右侧导轨滑入并停位在承片台上方的状态.该状态为基片精确定位与校平的状态,此时 3 个千分表测头降落接触基片 9 的边缘非光刻区,为着提高测调效率,3 个千分表测头正好对准承片台下方的 3 个支承杆 11,这样在调整任一千分表读数时,其余 2 个千分表读数受影响甚微.当 3 个千分表读数调至一致时,说明基片上表面相对统一固定基准已经校平.图 2(c)表示千分表架从承片台区退出,用安放在统一固定基准面上的块规 19 调零的状态.对准或曝光间隙的设定值可以由块规高度确定,也可以再加表头读数确定.



(a) 掩模板架下降至最低位 (b) 掩模板架抬举到最高位 (c) 千分表从承片台区退出

图 2 新型工作台结构和工作状态示意图

7—掩模, 8—掩模板架, 9—基片, 10—基片承放台, 11—z 向调平机构, 12—x 向移动导轨座, 13—y 向移动导轨座, 14— Q_z 向转台基座, 15— Q_z 向微调转台, 16—掩模架升降杆, 17—千分表架, 18—千分表

如果统一固定基准面按 00 级测量平台的精度要求研刮, 其平面度误差 $< 4 \mu\text{m}$ (双向相当 $\pm 2 \mu\text{m}$). 当调整承片台支承杆使 3 个千分表读数相同时, 掩模面与基片面间的校平度仅决定于掩模架上掩模安放面与停靠面间的平行度 (双向相当 $\pm 1.5 \mu\text{m}$) 和统一固定基准自身的平行度误差 (相当 $\pm 2 \mu\text{m}$), 两者的校平度误差按均方根值计算不会超过 $2.5 \mu\text{m}$. 设定间隙平行度误差 Δ 由下列几项误差组成:

$$\Delta = \pm \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \Delta_4^2 + \Delta_5^2 + \Delta_6^2} \quad (1)$$

式中: Δ_1 为统一固定基准面平行度, 双向相当 $\pm 2 \mu\text{m}$; Δ_2 为掩模架两面平行度及停靠误差, 双向相当 $\pm 1.5 \mu\text{m}$; Δ_3 为千分表、块规及其放置误差, $\pm 0.5 \mu\text{m}$; Δ_4 为 x 向对准移动造成的 z 向误差, $\pm 0.5 \mu\text{m}$; Δ_5 为 y 向对准移动造成的 z 向误差, $\pm 0.5 \mu\text{m}$; Δ_6 为 θ_z 向对准转动造成的 z 向误差, $\pm 1 \mu\text{m}$.

将有关数值分别代入(1)式:

$$\Delta = \pm \sqrt{2^2 + 1.5^2 + 0.5^2 + 0.5^2 + 0.5^2 + 1^2} = \pm 2.82 (\mu\text{m}) \quad (2)$$

根据上述分析, 若设定间隙定为 $20 \mu\text{m}$, 设计时规定的设定间隙平行度误差 $\leq 3 \mu\text{m}$ 的要求是可以达到的.

工作台 x 、 y 向对准运动距离各为 $\pm 5 \text{mm}$, 采用间隙可调的滚珠导轨和千分尺—斜面机构来实现. 工作台 θ_z 向对准转动为 $\pm 5^\circ$ (其中 $\pm 2^\circ$ 为预对准, $\pm 3^\circ$ 为精对准) 也由滚珠导轨和千分尺推动来实现. 基片最终套刻对准精度 $\pm 2 \mu\text{m}$ 并不完全决定于上述机械运动精度, 否则制造难度将大的多, 而是由双视场显微电视系统的屏幕显示作指示来精确调定. 这给工作台的设计、制造带来很大方便.

4 结语

本设计在满足使用要求的前提下, 尽量避免采用高制造难度、高精度微位移技术的特殊结构, 给加工制造带来极大方便, 既符合目前生产条件的基本要求, 也降低了制造成本. 在此基础上再进一步采取一些提高生产率和方便操作的技术措施, 有望形成有特色、性能完美的系列大面积液晶显示面板光刻机.

参考文献

- 1 徐聿德. BKJ100-B型半自动接近接触式光刻机综合技术分析. LSI制造与测试, 1991, 2(4): 3~17
- 2 屈立飞. PLA-50'F光刻机间隙设定单元故障分析. 电子工业专用设备, 1991, 20(4): 13~16

Design of a New Type of Working Table of Photolithographic Equipment for the Largesized Liquid Crystal Panel

Ge Lang Lin Yongshui Shi Zhongbao Wang Siliang Wu Gangan

(Department of Mechanical Engineering, Fuzhou University, Fuzhou, 350002)

Abstract This paper describes the design of a new type of working table of photolithographic equipment, with the exposing area up to $356 \text{mm} \times 356 \text{mm}$, the alignment accuracy of $\pm 2 \mu\text{m}$, and the exposing clearance of $0 \sim 25 \mu\text{m}$.

Keywords liquid crystal display panel; photolithographic equipment; working table; exposing clearance; mask plate; substrate