

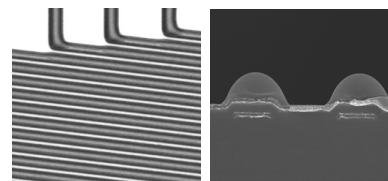


DOI: 10.12086/oe.2019.180444

TFT 光刻平面补偿优化

张玉虎*, 徐海涛, 李亚文, 罗传文, 曹少波, 李力

合肥京东方光电科技有限公司, 安徽 合肥 230012



摘要: TFT 线宽或线间距接近光刻机分辨率时, 光刻图形容易产生光刻胶残留不良, 为改善该问题, 本文从光刻图形出发, 以最佳光刻图形所在位置为基准, 计算出光刻机光刻平面的优化补偿量, 从而实现对光刻平面的补偿优化。首先, 通过光刻机光刻平面的补偿量、基板载台平坦度及焦平面计算出光刻时光刻区域基板表面的高度值。然后, 根据光刻区域内光刻图形状况找到最佳光刻区域位置, 并以该位置为零点, 计算出整个光刻区域相对于该位置的相对高度差值。其次, 对光刻区域内的高度差值做平面拟合, 计算出当拟合平面为垂直于 Z 轴的水平面时所需要的补偿量, 该补偿量即为光刻区域内光刻平面的优化补偿量。最后, 以该补偿量对光刻平面进行补偿, 从而使得光刻区域内光刻平面均趋于同一最佳光刻面。结果表明: 光刻平面优化补偿后, 光刻区域内光刻图形均能形成清晰的图形, 光刻胶残留不良得到改善, 同时光刻 DICD 均值在目标值范围内减小了 1.38%, DICD 均一性提高了 20%。

关键词: TFT; 光刻平面; 优化补偿; 平面拟合

中图分类号: TN305.7

文献标志码: A

引用格式: 张玉虎, 徐海涛, 李亚文, 等. TFT 光刻平面补偿优化[J]. 光电工程, 2019, 46(5): 180444

The improvement of TFT lithography plane compensation

Zhang Yuhu*, Xu Haitao, Li Yawen, Luo Chuanwen, Cao Shaobo, Li Li

Hefei BOE Optoelectronics Technology Co. Ltd, Hefei, Anhui 230012, China

Abstract: When the line width or line space of thin film transistor (TFT) is close to the resolution of the lithography machine, it is easy to appear the defect of photoresist remain in lithography pattern. In order to improve this problem, based on the position of the best lithography pattern, the optimal compensation amount of lithography plane of the lithography machine is calculated, so lithography plane is improved. Firstly, by the compensation of the lithography plane, the flatness of the plate stage and the focal plane, the value of the plate surface height is calculated in the lithography region. Then, according to the lithography pattern in the lithography region, the optimum position of the lithography region is found, and take this location as the zero point, the relative height difference between the total lithography region and the optimum position is calculated. Secondly, the fitting plane of the height difference in the lithography region is done, and the compensation is calculated when the fitting plane is the horizontal plane that is perpendicular to the Z axis, which is the optimal compensation of the lithography plane in the lithography region. Finally, the compensation is used to compensate the lithography plane, so that the lithography plane in the lithography region tends to the same optimal lithography plane. The results show that the lithography pattern can be clearly formed in the lithography region after the lithography plane is offset, the defect of the photoresist remain is improved, at the same time, the average value of the develop inspection critical dimension (DICD) is reduced by 1.38% in the target value range, and the uniformity of the DICD is increased by 20%.

收稿日期: 2018-08-24; 收到修改稿日期: 2018-10-23

作者简介: 张玉虎(1983-), 男, 硕士研究生, 高级工程师, 主要从事光刻设备维护及工艺改善工作。E-mail: zhangyuhu@boe.com.cn

Keywords: thin film transistor; lithography plane; optimal compensation; plane fitting

Citation: Zhang Y H, Xu H T, Li Y W, *et al.* The improvement of TFT lithography plane compensation[J]. *Opto-Electronic Engineering*, 2019, 46(5): 180444

1 引言

薄膜晶体管-液晶显示器(TFT-LCD)具有低功耗、宽视角、高分辨率等特点,已成为目前主流的信息显示终端^[1-4],然而随着 TFT-LCD 的发展,人们对其分辨率、视角、响应速度、开口率等要求也越来越高,这就使得薄膜晶体管(thin film transistor, TFT)器件的线宽和线间距向着更细、更窄^[5-6]的方向发展。TFT 器件的线宽和线间距越来越小,这就需要光刻工艺后形成的光刻胶线宽或线间距宽度(develop inspection critical dimension, DICD)同样越来越小,光刻工艺窗口也越来越窄^[7-8],这样必然会要求光刻机光刻区域的光刻平面尽可能地都处于同一最佳焦平面上,因此对光刻机的光刻平面补偿提出了更高的要求。

目前在 TFT 光刻生产过程中,提升光刻机分辨率的手段主要有:一是如相移掩膜、离轴照明、光学临近修正等波前工程技术;二是根据光刻机基板(plate)载台(stage)平坦度和光刻焦平面(focus)的参数,通过光刻平面调整系统进行自动补偿。前者由于使用成本较高、工艺复杂等因素,在实际生产中短期内难以完全导入,因此目前关于光刻机光刻平面补偿更多的是通过补偿基板载台平坦度和光刻焦平面,使其均在标准范围内,从而保证光刻机的光刻能力。然而虽然光刻机具有先进的光刻平面调整系统^[9],但均是根据光刻机设备本身的基板载台平坦度和光刻焦平面参数进行的光刻平面补偿,而不是基于光刻产品本身。当某款产品的 DICD 达到光刻机本身极限分辨率时,产品光刻后就会出现部分区域光刻胶(photo resist, PR)残留(remain)的现象。这是因为补偿过程中,光刻机首先

会测量由于基板载台平坦度的补偿而引起的基板上光刻胶面的倾斜量,光刻胶面的倾斜量是通过测量光刻胶面的高度而计算出来的一种线性近似补偿量,然后,光刻机会根据光刻焦平面进行线性近似计算出光刻焦平面的补偿量,最后将这两种线性近似补偿量进行加和,作为光刻机光刻平面的补偿量。由于补偿量本身就是一种线性近似补偿,实际补偿效果和理想情况存在差异,而两种线性近似补偿的加和将进一步加大这种差异,从而在光刻机极限分辨率时,实际光刻产品部分区域会出现光刻胶残留的情况,因此需对光刻机光刻平面进行补偿优化。本文从光刻产品图形出发,以最佳光刻图形所在位置为基准,计算出光刻产品图形最优时的光刻平面补偿量(即对上述近似线性补偿产生的补偿误差结果进行修正),并以该补偿量对光刻区域进行优化补偿,最终使得光刻平面内各区域均趋于同一最佳光平面,从而达到提升光刻机细线化光刻能力的目的。

2 光刻平面补偿优化原理

2.1 光刻机光刻平面补偿过程

以 6G TFT 光刻机(Canon E732 光刻机,分辨率: $3.0\ \mu\text{m}$, 焦深: $\pm 20\ \mu\text{m}$)为例,进行光刻前,工程师会先进行光刻机的焦平面补偿(固定补偿量 pitching_1 、 rolling_1 , 分别记为 p_1 、 r_1)、光刻区域基板载台平坦度(flatness)补偿(固定补偿量 pitching_2 、 rolling_2 , 分别记为 p_2 、 r_2),通过基板载台对光刻区域进行补偿, pitching 、 rolling (分别记为 p 、 r)分别为相对于 X、Y 轴的倾斜角度,如图 1、图 2)。

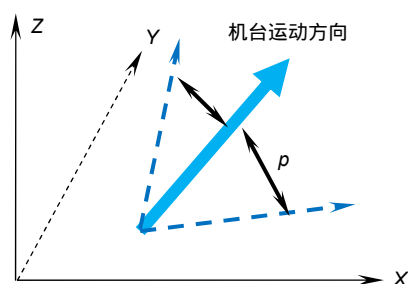


图 1 绕 X 轴旋转

Fig. 1 The picture of pitching

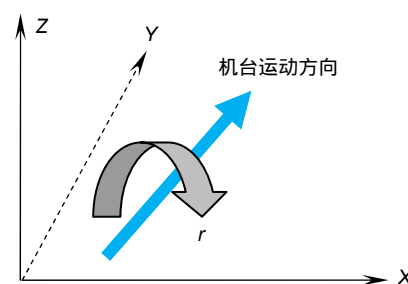


图 2 绕 Y 轴旋转

Fig. 2 The picture of rolling

基板进入光刻机后,光刻机首先会测量出当前状态下光刻机光刻系统的最佳焦平面(主要受成像系统内部温度影响)位置 Z_1 ,然后测量光刻区域基板表面经基板载台平坦度补偿 (p_2 、 r_2) 后的平面倾斜量 (pitching₃、rolling₃, 分别记为 p_3 、 r_3), 最后计算出加入光刻焦平面补偿 (p_1 、 r_1) 后的基板表面倾斜量及高度 Z_2 , 最终光刻时 plate 补偿量为

$$p = p_1 + p_3, \quad (1)$$

$$r = r_1 + r_3, \quad (2)$$

$$Z = Z_1 - Z_2. \quad (3)$$

即光刻机光刻平面补偿系统是一个逐步补偿过程的叠加(图 3 流程图)。

2.2 光刻机光刻平面补偿缺陷及优化必要性

由前文知,光刻机光刻平面是基于光刻机本身状态及基板表面倾斜度进行的相关叠加补偿,而不是从光刻产品状况出发进行针对性的补偿,这就使得当某款产品 DICD 达到光刻机本身极限分辨率时,产品光

刻后会出现部分区域光刻胶残留不良。如某款型号 A 产品进行源、漏极光刻(source、drain, SD mask)时,由于像素周边区域(fanout 区域)的 DICD(2.2 μm)超出了刻机分辨率(3.0 μm),即使采用了相移掩膜版^[10](PSM mask)进行光刻,但光刻区域内仍有部分区域的外围线间出现了光刻胶残留(图 4、图 5),从而降低了良品率。

2.3 光刻平面补偿优化原理

根据最优光刻平面下,光刻图形最清晰且无光刻胶残留的原则,从光刻产品图形出发,以最佳光刻图形位置为基准,计算出光刻机光刻平面的优化补偿量,并对光刻平面进行补偿优化,使得补偿后光刻平面内各区域趋于同一最佳焦平面(图 6、图 7),从而达到改善光刻胶残留的目的,具体如图 8。

1) 根据光刻机最终光刻时总的倾斜(pitching)、旋转(rolling)补偿量,结合光刻机基板载台平坦度,计算出该补偿量补偿后光刻区域内基板表面的垂直高度 $Z_{补}$;

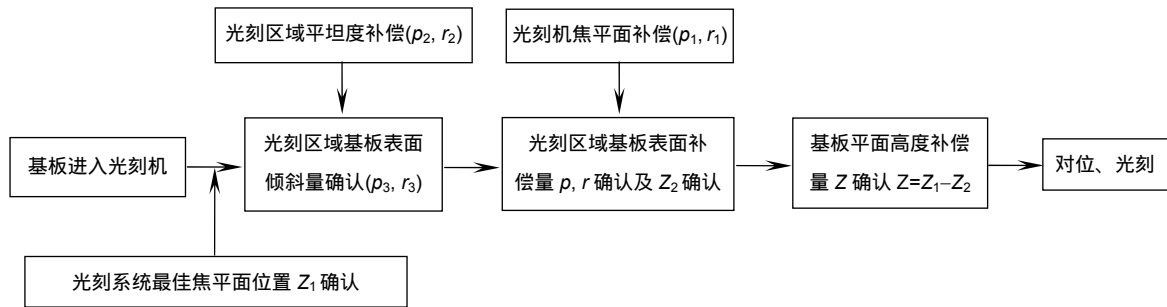


图 3 光刻平面补偿流程

Fig. 3 The process of lithography offset

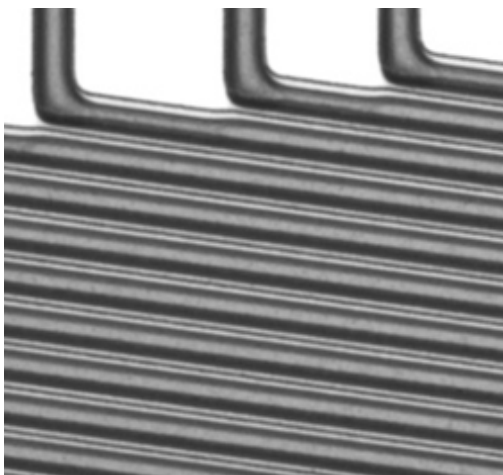


图 4 光刻胶残留图形

Fig. 4 The pattern picture of PR remain

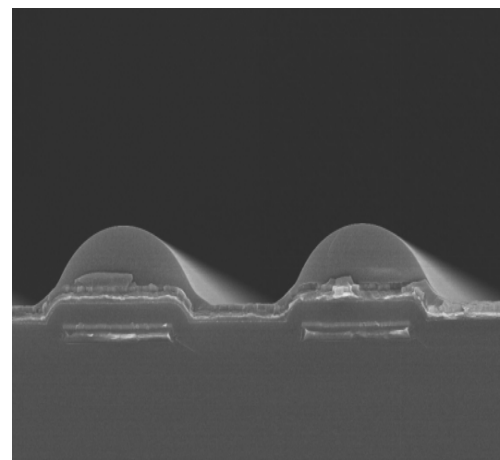


图 5 光刻胶残留 SEM 照片

Fig. 5 The SEM picture of PR remain

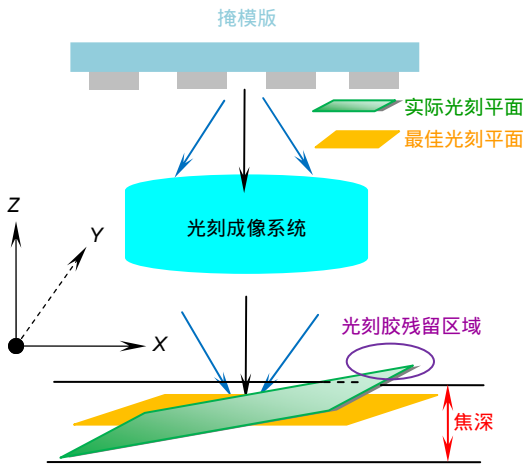


图 6 光刻平面补偿优化前

Fig. 6 The picture of lithography plane before compensation

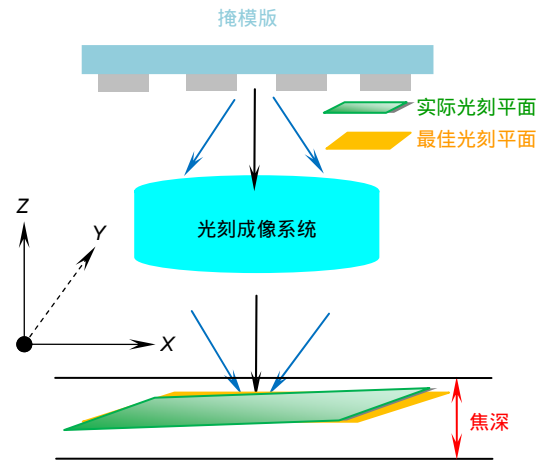


图 7 光刻平面补偿优化后

Fig. 7 The picture of lithography plane after compensation

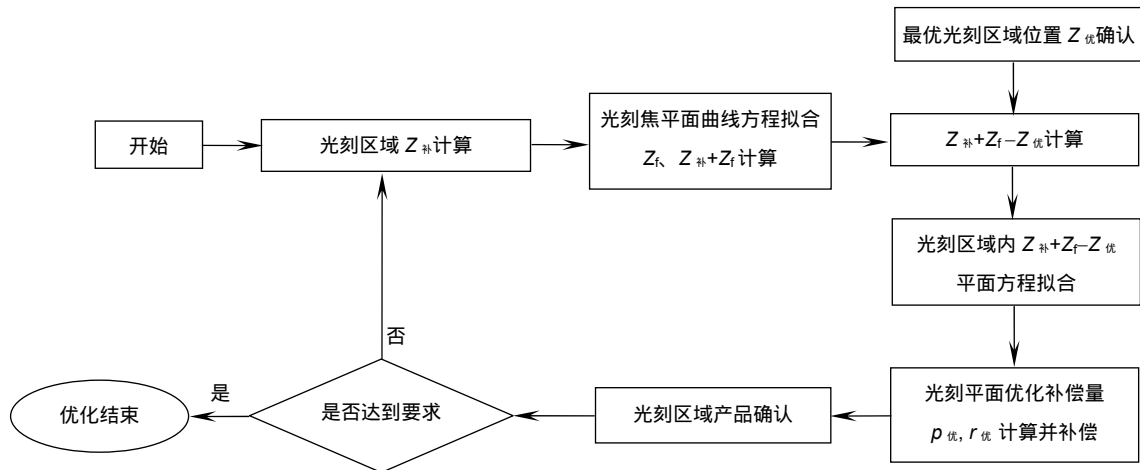


图 8 改善流程示意图

Fig. 8 The diagram of improvement process

2) 采用 Minitab 工具对光刻机焦平面进行曲线拟合, 并根据光刻焦平面的拟合曲线方程计算出光刻区域内基板表面各位置的焦点高度 Z_f , 同时计算出光刻区域内 $Z_{补}+Z_f$ 值;

3) 光刻区域内, 光刻图形最清晰、且无光刻胶残留的区域作为最优的光刻区域位置 $Z_{优}$, 并且要求该位置必须满足: 在 $Z_{优}$ 位置处, 垂直方向上移动正负焦深(depth of focus, DOF)范围内的图形必须是清晰、且无光刻胶残留;

4) 以 $Z_{优}$ 位置为基准, 计算出光刻区域内各位置相对于 $Z_{优}$ 位置的相对高度差 $Z_{补}+Z_f-Z_{优}$;

5) 对光刻区内 $Z_{补}+Z_f-Z_{优}$ 进行线性回归, 拟合出平面方程;

6) 假设该平面经过 K_x 、 K_y (分别为相对于 X、Y 轴的倾斜角度)倾斜补偿后为一垂直 Z 轴的水平面, 计算出 K_x 、 K_y 值, 即可得到光刻机光刻平面的优化补偿量(pitching_优、rolling_优, 分别记为 $p_{优}$ 、 $r_{优}$)。

3 改善流程

3.1 光刻区域 $Z_{补}$ 计算

表 1 为 A 型号产品源、漏极层在一次光刻区域内的基板载台平坦度, 光刻机光刻时基板表面总倾斜补偿量为 $p: -3.573''$, $r: 10.942''$ (本文是在 excel 中进行计算, 将 p 、 r 转换为弧度分别为 $p: -0.0624/3600$, $r: 0.1910/3600$)。以弧度作为倾斜角度, 则可计算出光刻区域内 $Z_{补}$ 值(表 2)。

表 1 光刻区域基板载台平坦度

Table 1 The stage flatness of the lithography area

机台 y 方向 坐标/mm	机台 x 方向坐标/mm								μm
	-730	-720	-600	-480	-360	-240	-120	0	
905	14.62	15.93	21.46	26.70	31.74	32.03	28.74	27.92	
810	23.08	23.26	26.39	31.83	35.13	35.12	30.14	29.19	
708.75	32.74	33.22	37.75	38.04	37.76	38.29	36.12	32.25	
607.5	40.86	41.47	46.04	45.25	39.95	42.40	38.43	36.11	
506.25	47.73	48.09	49.50	52.04	47.81	48.49	40.67	38.38	
405	56.53	57.93	58.79	59.20	55.62	55.68	47.96	44.06	
303.75	68.09	68.21	71.23	66.00	60.35	62.15	57.52	51.90	

表 2 光刻区域内 Z_补值

Table 2 The Z_补 value of the lithography area

机台 y 方向 坐标/mm	机台 x 方向坐标/mm								μm
	-730	-720	-600	-480	-360	-240	-120	0	
905	14.62	16.46	28.36	26.52	51.37	58.02	61.10	66.65	
810	21.43	22.15	31.64	43.45	53.11	59.46	60.86	66.27	
708.75	29.34	30.35	41.25	47.90	53.98	60.89	65.08	67.57	
607.5	35.71	36.85	47.78	53.36	54.43	63.24	65.63	69.68	
506.25	40.82	41.71	49.49	58.40	60.53	67.57	66.12	70.20	
405	47.87	49.80	57.03	63.80	66.58	73.01	71.66	74.13	
303.75	57.67	58.33	67.71	68.84	69.57	77.73	79.46	80.21	

Z_补值通过式(4)进行计算：

$$Z_{补}(i) = Z_{补}(x_i) + Z_{补}(y_i), \quad (4)$$

其中：

$$Z_{补}(x_i) = \tan(T_x) \cdot (x_i - x_0) \approx T_x \cdot (x_i - x_0), \quad (5)$$

$$Z_{补}(y_i) = \tan(T_y) \cdot (y_i - y_0) \approx T_y \cdot (y_i - y_0), \quad (6)$$

$i=0,1,2,\dots$ 。式(5)、式(6)的 $Z_{补}(x_i)$ 和 $Z_{补}(y_i)$ 分别指表 1 中各 x 、 y 坐标下的 Z 补偿值, T_x (弧度)、 T_y (弧度) 分别指基板表面分别相对 X 、 Y 轴的倾斜弧度, x_i 、 y_i 分别指表 1 中的 x 、 y 坐标, $x_0=-730$ mm, $y_0=905$ mm。

3.2 光刻焦平面曲线方程拟合及 Z_f 、 $Z_{补}+Z_f$ 计算

通过 Minitab 工具对光刻区内光刻焦平面值(表 3)

进行曲线方程拟合(图 9), 得到光刻焦平面曲线方程为

$$z = -2.901 - 0.04857x - 0.000075x^2. \quad (7)$$

由式(7)可计算出光刻区域内各 x 坐标下的 Z_f 值

(表 4)

由表 2、表 4 可计算出光刻区内 $Z_{补}+Z_f$ 值(表 5)。

3.3 最优光刻区域位置 $Z_{优}$ 确认及 $(Z_{补}+Z_f-Z_{优})$ 计算

实际生产中, 通过微观设备观察出现光刻胶残留的位置主要集中于 $x(-730$ mm ~ -720 mm)、 $y(810$ mm ~ 905 mm) 的区域, 光刻图形清晰且无光刻胶残留的位置主要集中于 $x(-480$ mm ~ $0)$ 、 $y(303.75$ mm ~ 810 mm) 区域, 要保证在 $Z_{优}$ 位置处, 垂直方向波动

表 3 光刻区域内光刻焦平面值

Table 3 The focus value of the lithography area

机台 x 方向坐标/mm	-748	-685.5	-591.95	-485.1	-374	-262.9	-156.05	-62.5	0
Z/μm	-7.50	-5.10	-1.50	2.70	7.10	4.50	1.90	-0.60	-2.30

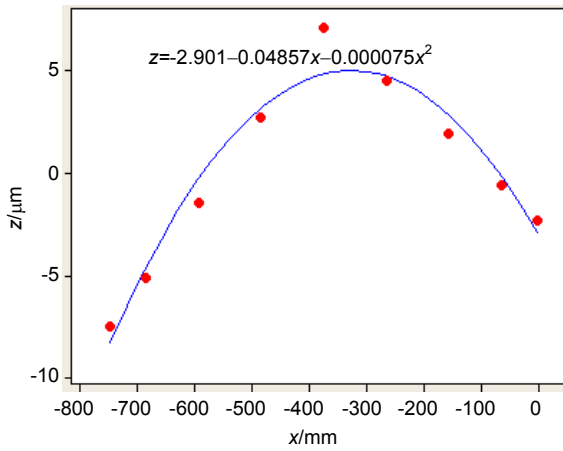


图9 光刻焦平面曲线拟合方程
Fig. 9 The fitting equation of focus curve

焦深(±20 μm)范围内的光刻图形仍然清晰且无光刻胶残留,可取 $Z_{\text{优}}=59.29 \mu\text{m}(x: -360 \text{ mm}, y: 607.5 \text{ mm})$,则可计算出 $Z_{\text{补}}+Z_{\text{f}}-Z_{\text{优}}$ 值(表6)。

3.4 光刻区域内($Z_{\text{补}}+Z_{\text{f}}-Z_{\text{优}}$)平面拟合及补偿量计算

通过 Minitab 工具对表 6 中的 $x、y、Z_{\text{补}}+Z_{\text{f}}-Z_{\text{优}}$ 进行线性回归(图 10), 可得到拟合平面方程为

$$z = 46.6 - 0.0470y + 0.0586x \quad (8)$$

分别对该平面进行相对于 X、Y 轴倾斜弧度为 $K_x、K_y$ 后得:

$$z = 46.6 + (\tan K_x - 0.0470)y + (\tan K_y + 0.0586)x - \tan K_y \cdot x_0 - \tan K_x \cdot y_0 \quad (9)$$

$x_0、y_0$ 为光刻区域内光刻开始点坐标。

要使得式(9)为一垂直于 Z 轴的水平面, 则有:

$$\tan K_x - 0.0470 = 0 \quad (10)$$

$$\tan K_y + 0.0586 = 0 \quad (11)$$

表 4 光刻区域内 Z_{f} 值

Table 4 The Z_{f} value of the lithography area

μm

机台 y 方向 坐标/mm	机台 x 方向坐标/mm							
	-730	-720	-600	-480	-360	-240	-120	
905	-7.41	-6.81	-0.76	3.13	4.86	4.44	1.85	-2.90
810	-7.41	-6.81	-0.76	3.13	4.86	4.44	1.85	-2.90
708.75	-7.41	-6.81	-0.76	3.13	4.86	4.44	1.85	-2.90
607.5	-7.41	-6.81	-0.76	3.13	4.86	4.44	1.85	-2.90
506.25	-7.41	-6.81	-0.76	3.13	4.86	4.44	1.85	-2.90
405	-7.41	-6.81	-0.76	3.13	4.86	4.44	1.85	-2.90
303.75	-7.41	-6.81	-0.76	3.13	4.86	4.44	1.85	-2.90

表 5 光刻区域内 $Z_{\text{f}}+Z_{\text{补}}$ 值

Table 5 The $Z_{\text{f}}+Z_{\text{补}}$ value of the lithography area

μm

机台 y 方向 坐标/mm	机台 x 方向坐标/mm							
	-730	-720	-600	-480	-360	-240	-120	
905	7.21	9.65	27.60	29.66	56.23	62.46	62.95	63.75
810	14.02	15.34	30.88	46.58	57.97	63.90	62.70	63.37
708.75	21.93	23.54	40.49	51.03	58.85	65.32	66.93	64.67
607.5	28.30	30.03	47.02	56.50	59.29	67.68	67.48	66.78
506.25	33.41	34.90	48.73	61.53	65.39	72.01	67.97	67.30
405	40.46	42.99	56.27	66.93	71.45	77.44	73.51	71.22
303.75	50.26	51.52	66.95	71.98	74.43	82.17	81.31	77.31

表 6 光刻区域内 $Z_{补}+Z_{优}-Z_{优}$ 值
Table 6 The $Z_{补}+Z_{优}-Z_{优}$ value of the lithography area μm

机台 y 方向 坐标/mm	机台 x 方向坐标/mm							
	-730	-720	-600	-480	-360	-240	-120	0
905	-52.08	-49.64	-31.69	-29.63	-3.06	3.16	3.66	4.46
810	-45.27	-43.95	-28.41	-12.71	-1.32	4.61	3.41	4.08
708.75	-37.37	-35.75	-18.80	-8.26	-0.44	6.03	7.64	5.38
607.5	-30.99	-29.26	-12.27	-2.80	0.00	8.39	8.19	7.49
506.25	-25.88	-24.39	-10.56	2.24	6.10	12.72	8.67	8.01
405	-18.84	-16.30	-3.02	7.64	12.16	18.15	14.22	11.93
303.75	-9.03	-7.78	7.66	12.68	15.14	22.88	22.02	18.02

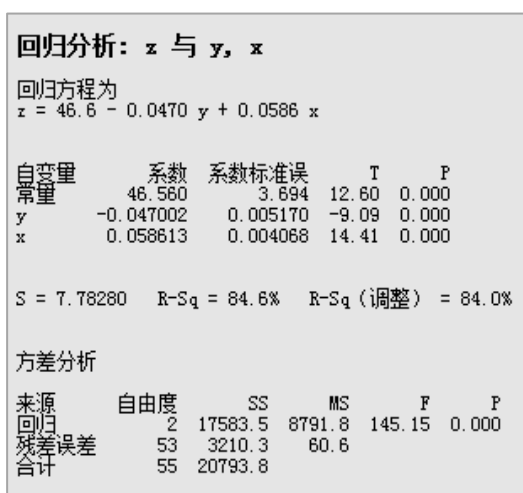


图 10 平面方程回归拟合

Fig. 10 The fitting plane equation of regression

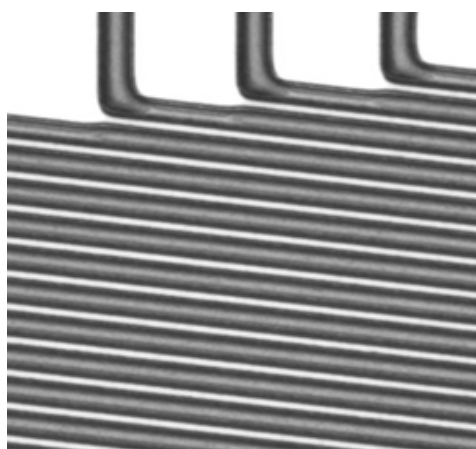


图 11 优化后, 光刻胶残留高发区域样品图

Fig. 11 The pattern picture of PR remain in high incidence area after improvement

从而可得: $K_x=0.0470$, $K_y=-0.0586$, K_x, K_y 为弧度, 转化为角度(由于 $x、y$ 方向单位为 z 方向单位的 1000 倍, 故转换为角度秒时, 乘以 3.6 即可)后, 可得补偿量为: $p_{优}=9.6877''$, $r_{优}=-12.0759''$, 即为光刻平面优化补偿值。

4 结果与分析

4.1 光刻平面优化补偿结果

光刻机光刻平面进行 $p_{优}=9.6877''$, $r_{优}=-12.0759''$ 优化补偿后, 较光刻平面优化补偿前, 光刻胶残留高发区域(图 4、图 5)已可形成清晰图形且无光刻胶残留(图 11、图 12), 同时通过微观设备确认其他光刻区域内亦无光刻胶残留, 整个光刻区域内光刻图形清晰度趋于一致。

图 13 为光刻平面优化补偿前后的 DICD(产品

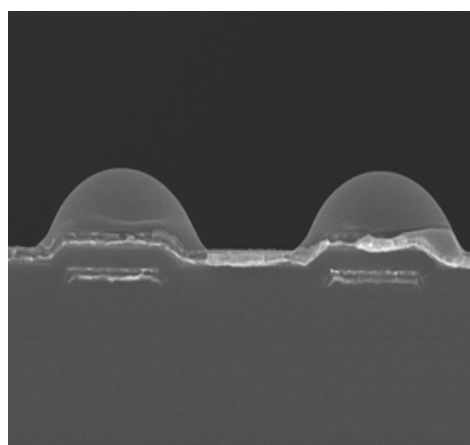


图 12 优化后, 光刻胶残留高发区域 SEM 照片

Fig. 12 The SEM picture of PR remain in high incidence area after improvement

DICD spec : $(3.7 \pm 1.0) \mu\text{m}$ 结果, 可见, 光刻平面优化补偿后, 较补偿前 DICD 均值在目标值范围内减小了 $0.05 \mu\text{m}$ (减小 1.38%), DICD 均一性提升 0.08 (提升 20%)。

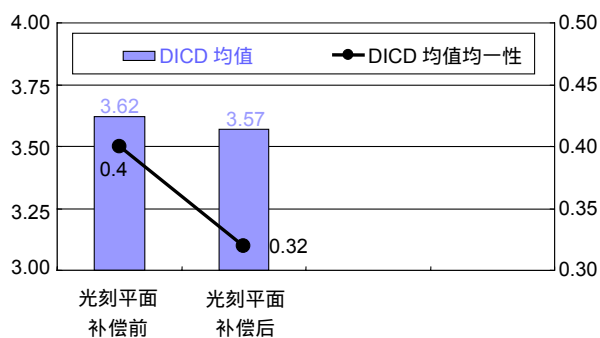


图 13 补偿后 DICD 结果

Fig. 13 The DICD result of the offset

4.2 结果分析

从光刻产品图形出发, 以最佳光刻图形所在位置为基准, 计算出光刻产品图形最优时的光刻平面补偿量, 以该补偿量对光刻平面进行优化补偿后, 光刻平面内各区域均趋于同一最佳焦平面, 各区域光刻能量趋于一致, 因此光刻产品均能形成清晰的图形且无光刻胶残留, DICD 均一性得到提升。同时, 由于最佳焦平面处光刻能量最大, 故 DICD 均值减小。

5 结论

通过光刻机的倾斜补偿量、基板载台平坦度及光刻焦平面计算出光刻区域内基板表面组合高度值 $Z_{\text{补}} + Z_f$, 然后结合光刻图形状况, 以最佳光刻区域位置 $Z_{\text{优}}$ 为基准, 计算出 $Z_{\text{补}} + Z_f - Z_{\text{优}}$ 值, 并在光刻区域内对 $(X, Y, Z_{\text{补}} + Z_f - Z_{\text{优}})$ 进行平面拟合, 之后计算出当该平面为一垂直于 Z 轴的水平面时的倾斜补偿量, 以该补偿量对光刻机光刻平面进行一次优化补偿后, 光刻区域内各位置的光刻平面均趋于同一最佳焦平面, 光刻区域内各位置光刻能量趋于一致, 从而使得光刻后产品图形均能形成清晰的图形且无光刻胶残留, DICD 均一性提高 20%。同时, 由于最佳焦平面处光刻能量最大,

DICD 均值在目标范围内减小了 1.38%, 实际生产过程中, 可通过调整光刻能量使 DICD 满足实际要求。

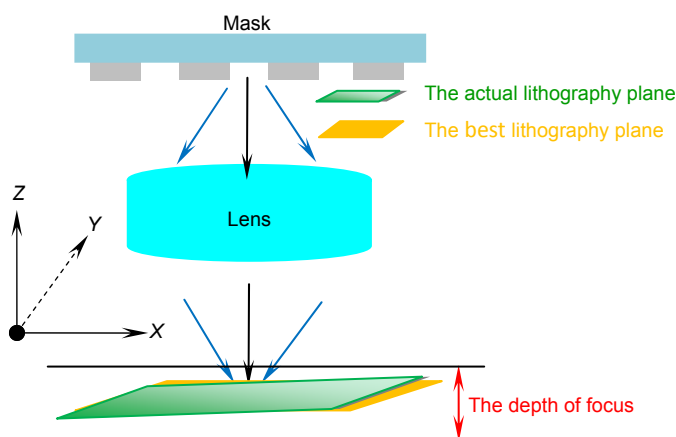
参考文献

- [1] Wang X J. *Liquid Crystal Optics & Liquid Cristal Display*[M]. Beijing: Science Press, 2006: 230–251.
王新久. 液晶光学和液晶显示[M]. 北京: 科学出版社, 2006: 230–251.
- [2] Shao X B. Recent progress of liquid crystal display technology[J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2000, **15**(3): 163–170.
邵喜斌. 液晶显示技术的最新进展[J]. 液晶与显示, 2000, **15**(3): 163–170.
- [3] Che C C. CELL research and design of FFS wide viewing angle technology[D]. Chengdu: University of Electronic Science and Technology of China, 2007: 1–6.
车春城. 广视角 FFS 技术 CELL 研究与设计[D]. 成都: 电子科技大学, 2007: 1–6.
- [4] Tong L S. Flat panel displays after 2012[J]. *Advanced Display*, 2007(7): 6–16.
童林凤. 2012 年后的平板显示世界[J]. 现代显示, 2007(7): 6–16.
- [5] Li W S, Hui G B, Cui C Z, et al. Preliminary study on improving resolution on mirror projection mask aligner with phase shift mask[J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2014, **29**(4): 544–547.
黎午升, 惠官宝, 崔承镇, 等. 在镜像投影曝光机上使用相移掩膜提高解像力的初步研究[J]. 液晶与显示, 2014, **29**(4): 544–547.
- [6] Xiao W J. A Research on crosstalk in TFT-LCDs[D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2014: 1–4.
肖文俊. 薄膜晶体管液晶显示器的串扰研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2014: 1–4.
- [7] Chun J Y, Kang C H, Ahn S J, et al. A-Si TFT-LCD mobile display with high pixel density using PenTile RGB WTM algorithm[J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2006, **21**(5): 474–477.
- [8] Feng B R, Zhang J, Hou D S, et al. Optical microlithography with phase-shifting mask and optical proximity effect correction[J]. *Opto-Electronic Engineering*, 2001, **28**(1): 1–5.
冯伯儒, 张锦, 侯德胜, 等. 相移掩模和光学邻近效应校正光刻技术[J]. 光电工程, 2001, **28**(1): 1–5.
- [9] Miu X Y. Focal Plane Measure and Control Study[D]. Shanghai: Fudan University, 2006: 5–9.
缪小运. 先进光刻系统中焦平面测量与控制的研究[D]. 上海: 复旦大学, 2006: 5–9.
- [10] Li W S, Hui G B, Cui C Z, et al. Preliminary study on improving photolithographic resolution of display technology with phase shift mask[J]. *Optoelectronic Technology*, 2014, **34**(4): 234–237.
黎午升, 惠官宝, 崔承镇, 等. 相移掩膜应用于显示技术光刻细线化的初步研究[J]. 光电子技术, 2014, **34**(4): 234–237.

The improvement of TFT lithography plane compensation

Zhang Yuhu*, Xu Haitao, Li Yawen, Luo Chuanwen, Cao Shaobo, Li Li

Hefei BOE Optoelectronics Technology Co. Ltd, Hefei, Anhui 230012, China



The picture of lithography plane after compensation

Overview: The traditional method of the thin film transistor (TFT) lithography plane compensation is realized by ensuring the flatness of photoresist plane and the photoresist plane is on the focal plane of the lithography machine, which is achieved by the compensation of flatness of the plate stage and the focus compensation of lithography machine. However, due to the existence of the compensation error, the quality of the actual lithography product picture is different from the ideal situation, when the TFT line width or line space is close to the minimum resolution of the lithography machine. The difference will lead to the defect of remaining photoresist, which seriously affects the yield of the lithography products. In order to solve the problem, based on the position of the best lithography pattern, the optimal compensation amount of lithography plane of the lithography machine is calculated. The difference of the result between the actual lithography product and the compensation of the lithography plane is reduced by the optimal compensation, which is compensated for the lithography machine. So, lithography plane is improved. Firstly, by the compensation of the lithography plane, the flatness of the plate stage and the focal plane, the value of the plate surface height is calculated in the lithography region. Then, according to the lithography pattern in the lithography region, the optimum position of the lithography region is found. Taking this location as the zero point, the relative height difference between the total lithography region and the optimum position is calculated. Secondly, the fitting plane of the height difference in the lithography region is done, and the compensation is calculated when the fitting plane is the horizontal plane that is perpendicular to the Z axis, which is the optimal compensation of the lithography plane in the lithography region. Finally, the compensation is used to compensate the lithography plane, so that the lithography plane in the lithography region tends to the same optimal lithography plane. The results show that, compared with no compensation, the lithography pattern can be clearly formed in the lithography region after the lithography plane is offset. The defect of the remaining photoresist is improved. At the same time, the average value of the DICD is reduced by 1.38% in the target value range, the uniformity of the DICD is increased by 20%, and the ability of small line lithography for the lithography machine at the minimum resolution has been significantly improved.

Citation: Zhang Y H, Xu H T, Li Y W, *et al.* The improvement of TFT lithography plane compensation[J]. *Opto-Electronic Engineering*, 2019, 46(5): 180444

* E-mail: zhangyuhu@boe.com.cn