

LCD 컬러 필터 Blue 레지스트 패턴의 Undercut 불량 발생에 대한 노광 공정 특성 연구

A study on the characteristics of the exposure process about the Undercut Defect of Blue Resist Pattern in LCD Color filter

*#박상희¹, 강민¹, 서동영¹, 공향식², 노현기²

*#S. H. Park(sanghui.park@samsung.com)¹, M.Kang¹, D.Y.Seo¹, H.S.Kong², H.K.Ro²

¹삼성전자공과대학교 디스플레이공학과

Key words : Resist, Proximity Exposure, Color Filter, Undercut, Profile

1. 서론

계속되는 기술 발전과 고객 Needs 의 증가로 LCD 제조업체는 품질 향상을 위해서 많은 발전을 해왔다.

컬러 필터 공정은 Red, Green, Blue 의 색상을 갖는 화소를 기존에 상판에 구성 하였으나 TFT(Thin Film Transistor) Glass 위에 형성되게 함으로써 고품질의 패널을 제조 할 수 있었다. 컬러 필터 패턴의 미세화에 따라 패턴 형성 과정에서 레지스트 Profile 의 영향 때문에 후속 공정인 ITO(indium tin oxide)박막이 끊기는 현상이 그림 1 과 같이 발생하게 된다. ITO 박막의 단선으로 화소에 전계를 가하지 못하게 되면 액정을 구동시키지 못하여 해당 화소는 불량이 발생 한다. 현재 컬러 필터 PR(photo resist)중 Red 와 Green 은 profile 이 안정적이나 Blue 는 공정 영향성에 따라 레지스트 Profile Undercut 이 발생하는 문제가 있다.

이번 연구에서는 컬러 필터 패턴 형성 공정인 노광 공정 중 노광량과 Mask 와 레지스트의 Gap 의한 레지스트 Profile 영향성에 대해서 실험적 연구 및 공정 특성을 연구하고자 한다.

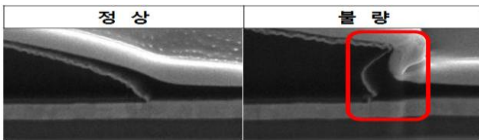


Fig.1 The profile of normal and defect Blue pattern

2. 본론

컬러 필터 레지스트의 구성 성분으로는 Pigment, Additive, Binder Polymer, Monomer, Initiator 등이며 이중 Photo Initiator 는 UV 에 의해 광 에너지를 받게 되면 결합이 분리되면서 광 촉매인 Radical 을 형성 한다. 발생된

Radical 에 의한 연쇄 중합 반응이 촉진되고 Monomer 와 Binder Polymer 가 3 차원 결합 또는 Crosslinking 과정을 그림 2 로 이해 할 수 있다.

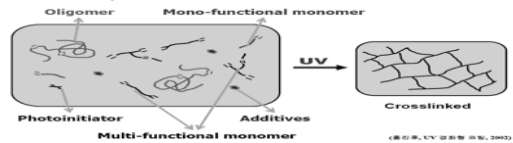


Fig.2 The polymerase chain reaction by Exposure

컬러 필터에서 Negative type 레지스트를 사용하는 이유는 저해상도에 적합하고 노광량이 Positive type 대비 작다. 또한 내열성우수, 접착력이 우수하다. 레지스트의 Profile 은 노광량, 광학, 재료적인 특성에 따라 형상이 변하게 된다. Proximity 노광에서 레지스트 Profile 의 영향을 미치는 핵심적인 요소는 입사되는 노광량 과 Fresnel diffraction 이다.[1] Diffraction 을 작게 하기 위해서는 Mask 와 레지스트의 Gap 이 작을수록 유리 하다.[2] 그러나 LCD 제조 공정에서는 작은 Gap 에 따라 이물로 인한 Mask 불량 이 발생 하기 때문에 일정한 Gap 을 유지 해야 한다.

패턴을 형성 하는 Mask 의 Edge 에서 발생하는 Diffraction 및 노광량세기에 관련 하여 그림 3 에 나타내었다. Fresnel diffraction 에 의한 노광 비율 I/I_0 는 Mask Edge 면 X_p 인 지점부터 변화 함을 알 수 있다. Edge 부에서의 Fresnel Diffraction Intensity 는 $I(X_p)$ 라 한다.[3]

$$I(X_p) = \frac{1}{2} \left\{ \left[\frac{1}{2} - C(X_p) \right]^2 + \left[\frac{1}{2} - S(X_p) \right]^2 \right\} I_0$$

여기서 I_0 는 노광량을 의미하고 이를 Fresnel 적분과 Fresnel number X_p 로 다음과 같이 표현 할 수 있다.

$$C(X_p) = \int_0^{X_p} \cos\left(\frac{\pi}{2}t^2\right) dt \quad X_p = x\sqrt{\frac{2}{\lambda r}}$$

$$S(X_p) = \int_0^{X_p} \sin\left(\frac{\pi}{2}t^2\right) dt$$

x 는 수평 거리 $x \approx \sqrt{\lambda g}$, λ 는 입사광의 파장, r 은 Mask 까지의 거리이다.

Xp 를 통하여 입사 광에 대한 Fresnel number 에 따른 UV intensity 분포를 알 수 있다.

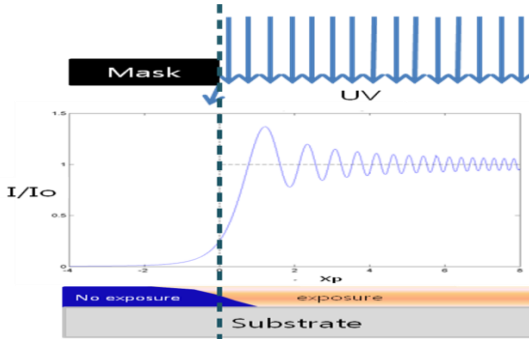


Fig.3 UV intensity and Fresnel diffraction, final image of diffraction effect

Diffraction 수평거리는 $2d = 3\sqrt{\lambda(g+0.5T)}$ 로 노광 g(Gap)의 영향을 많이 받게 된다.

3. 실험 결과

중심 노광량에서 -30mJ ~ +50mJ 의 변동 평가한 결과 노광량 증가에 따른 연쇄 중합 반응이 확산되어 하여 Hole 크기가 감소 하는 현상이며 Profile 90°도 근접하였다

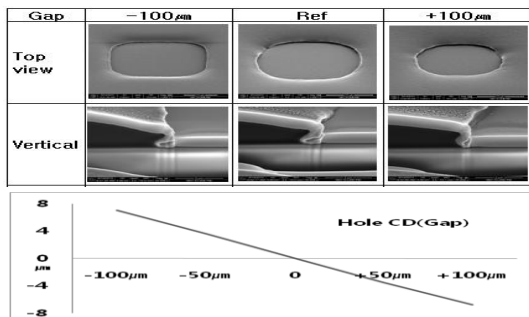
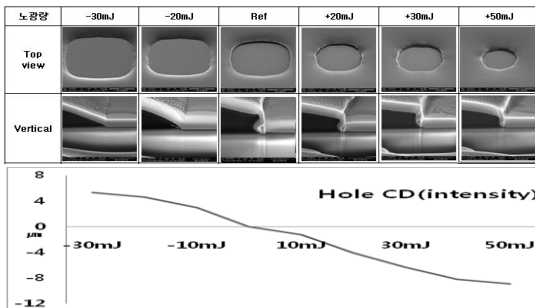


Fig4. The Image of pattern and vertical SEM.

Which are results to split with exposure intensity and gap

Gap 증가에 Hole 크기가 감소하였으나 레지스트 profile 변화 없었다.

4. 결론

Gap 에 따라 Diffraction 에 의한 CD 변화는 있었지만 레지스트 Profile 은 영향이 없는 것으로 확인 되었다. Diffraction 노광량이 약 0.00 ~ 0.25I0 로 그림 3 에서와같이 레지스트 상부만 노광 된다면 PR 상부의 연쇄 중합 반응 후 현상 과 굽기 공정에서 상부 Profile 이 무너지는 현상이 발생한다. 그러므로 노광량을 감소한다면 낮은 각도의 Profile 을 얻을 수 있다. CD 에 따라 Mask Bias 는 고려 해야 한다.

5. 후기

Leo L. L 등의 경우는 Silicon nitride 표면 위의 레지스트는 현상 공정간에 profile undercut 이 발생 되었다고 하였다.[4] 금번 연구는 노광 공정에 대한 연구가 이루어 졌으나 코팅, 현상 공정이 Profile 에 미치는 영향을 추가 연구할 것이다.

참고문헌

1. Yao Cheng, Ching-Yao Lin, "Wall Profile of Thick photoresist Generated via Contact Printing" IEEE JOURNAL OF MICROELECTROMECHANICAL SYSTEMS, VOL. 8, NO. 1, MARCH 1999.
2. Y.-J. Chuang, F.-G. Tseng, W.-K. Lin "Reduction of diffraction effect of UV exposure on SU-8 negative thick photoresist by air gap elimination" Microsystem Technologies 8 (2002) 308-313 _ Springer-Verlag 2002 DOI 10.1007/s00542-002-0176-8
3. M. Born and E. Wolf, *Principle of Optics*, 6th ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1980, ch.
4. Leo L. Line/ian, Wood, 2011, "INR: A negative tone I-line chemically amplified photoresist", SPIE Vol. 2195 pp310 ~ 311