

LCD용 칼라필터의 Black Matrix 표면에 발생하는 잔사의 정량화

구영모 · 이종서 · 이충훈

삼성전관(주) 기술본부, Flat Display Lab

(1999. 2. 3 접수)

Quantification of the Scum on the Black Matrix Surface of Color Filter for LCD

Young-Mo Koo, Jong-Seo Lee and Choong-Hoon Yi

Flat Display Lab., Technical Division, Samsung Display Devices Co.,

Suwon, Kyungki-Do 442-390 Korea

(Received February 3, 1999)

요 약: 칼라필터의 Black Matrix (BM)의 표면에 발생하는 잔사의 양을 Atomic Force Microscopy (AFM) 측정 결과에 의해 인어진 히스토그램을 사용하여 정량화하였다. 히스토그램을 free BM 표면(1)과 잔사(2)에 해당하는 두 개의 Gaussian 함수로 분리하고 각 분포의 면적(a_1, a_2)을 계산하여, 잔사가 차지하는 면적비 ($a_2/(a_1+a_2)$)를 계산하였다. 또한, free BM 표면에 대한 Gaussian 함수로부터 free BM 표면내에 또 다른 잔사가 존재하고 있음을 알 수 있었다. 이것의 경우에는 잔사의 양을 정확하게 수치적으로 정량화는 할 수 없지만, 분포의 평균값과 표준 편차로부터 정성적인 결과를 얻을 수 있다.

Abstract: We estimated the quantity of the scum remaining on the Black Matrix (BM) surface of color filter. To do this, histogram was analyzed which was obtained from AFM image of the BM surface. We divided the histogram to two Gaussian functions of the free BM surface (1) and the scum (2), and calculated the areas (a_1, a_2) of both the Gaussian functions. We quantified the residue as the ratio of the area ($a_2/(a_1+a_2)$). As a result of the Gaussian functions of the free BM surface, it was revealed that another kind of residue remained on the BM surface. It was difficult to quantify it, but it could relatively be estimated from the average height and the standard deviation.

Key words: color filter, black matrix, photoresist, AFM

1. 서 론

칼라필터는 liquid crystal display(LCD)의 칼라화에 필요한 핵심 부품이고, 백색 조명으로부터 원하는 색을 구현하기 위해 유리 기판에 광투과성이 좋은 red, green, blue의 필터층을 배열시킨 구조로 이루어져 있다. 칼라필터의 제조 방법에는 전착법,¹ 인쇄법,² 염색법,³ 안료분산법⁴의 대표적인 네 가지 방법이 있다. 최근에는 뛰어난 내성을 가진 안료분산법이 염색법을 대신하여 주류를 이루고 있다. LCD 셀에서 thin film transistor (TFT)에 입사하는 광의 방지와 빛의 누수 현상을 없애

고, contrast를 향상시키기 위해서 black matrix (BM)가 사용되고 있다. 현재 BM 재료로는 박막으로서 높은 차광 효과를 갖는 금속 크롬이 주로 사용되고 있지만, LCD의 품질 향상을 위해 차광 효과뿐만 아니라 반사를 적재하고 비용을 줄이는 것이 중요한 과제로 남아 있다.⁵

칼라필터는 유리 기판에 patterning된 BM위에 칼라 photoresist (PR)을 도포하는 순으로 제조한다. 칼라필터 공정에서 red, green, blue PR 패턴 공정후 안료를 세서시킨 BM과 유리기판의 상부에 남아 있는 유기잔류물을 잔사라고 한다. 칼라필터의 기본적인 구조와

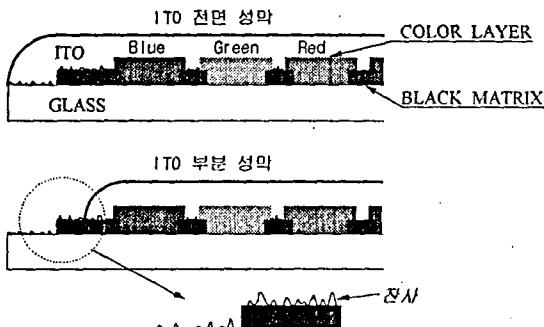


Fig. 1. Schematic diagram of color filter and scum on the surface of the black matrix.

BM과 칼라의 배열, 그리고 잔사에 대한 간단한 도식을 Fig. 1에 나타내었다. 칼라 PR 도포 후의 indium tin oxide(ITO) 박막 성막은 전면 성막과 금속 마스크를 사용한 부분 성막의 두가지 방식이 있다. 전면 성막 시에는 잔사가 문제가 되지 않지만, 부분 성막 시에는 다음과 같은 문제를 유발하게 된다. 첫째, 두 유리 기판의 봉인 과정시에 유리 기판에 남아있는 잔사에 의하여 접착제의 접착력이 저하되어 액정 주입 과정에서 진공 누수 현상과 액정 주입 후 압축 과정에서 액정의 누수 현상을 발생시키며, 둘째, 배향막의 터빙 공정에서 터빙 롤의 오염을 일으키게 되어 액정 디스플레이 전체의 화면의 질을 저하시키게 된다. 현재 물리적인 방법으로 유리 기판의 잔사를 제거하지만, BM 부분에 남아있는 잔사는 물리적으로 제거할 수 없다.

현재, 잔사는 Atomic Force Microscopy (AFM)이나 Scanning Electron Microscopy (SEM) 등의 기기를 사용하여 확인할 수 있고, 이렇게 발생된 잔사는 공정 조건에 따라 변한다. 따라서 공정 조건에 따른 잔사량의 정량화가 요구된다. 하지만, 현재까지 BM 표면에 잔류하는 잔사량을 정량화하는 방법은 체계화되어 있지 않다. 본 논문에서는 칼라필터에서의 BM 표면 위에 잔류하는 잔사량을 정량화 할 수 있는 분석법과 해석법에 대해 연구하였고, 공정 조건에 따른 잔사량의 변화에 대해 알아보았다.

2. 실험 방법

이 논문에서는 negative 칼라 PR(FUJI FILM OLIN Co.)을 사용하였다. 공정 순서는 BM 패터닝 후, spin coating 법을 이용하여 칼라 PR을 도포시켰고,

BM 물질로는 Cr을 사용하였다. 칼라 PR을 도포하고 난 뒤에, 용매를 제거하기 위하여 70°C에서 soft bake 공정을 거쳤다. 노광 공정 후에 알칼리 제통의 칼라 PR 현상액 (FUJI FILM OLIN Co.)을 사용하여 현상을 시켰고 현상액의 농도는 10%이다. 현상, 세정 후 ITO 성막 공정을 거치게 된다. 이 논문에서는 BM 표면위의 잔사의 관찰을 위하여 세정 공정 후, ITO 성막 공정은 거치지 않았다.

PR 사이의 BM 표면의 잔사는 AFM contact mode를 사용하여 측정하였다. AFM 측정 조건은 10.8 nN, Scan Rate=1, Gain=1, 측정면적= $5 \times 5 \mu\text{m}^2$ 이고 실험은 상온에서 행하였다. AFM 측정으로부터 BM 표면의 이미지와 높이에 대한 히스토그램 결과를 얻었다. 히스토그램은 측정 영역내에서 각각의 높이에 해당하는 개수를 막대그래프로 나타낸 것이다.

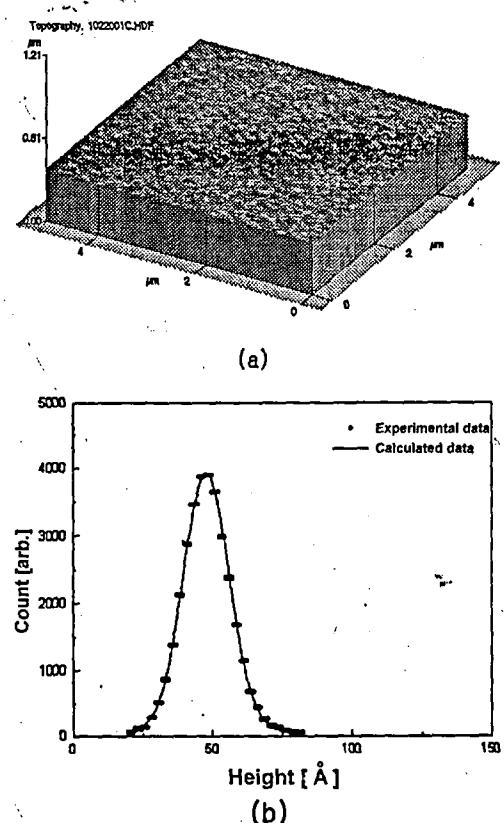


Fig. 2. Surface property of the patterned black matrix before coating of color photoresist.

(a) Surface topology by atomic force microscopy.

(b) Histogram of the surface, Number vs. Height.

3. 결과 및 고찰

3.1. BM 표면 위의 잔사의 정량화

BM 표면 위의 잔사를 분석하기 전에, 우선 컬라 PR 도포 전의 BM 표면을 관찰하였다. Fig. 2는 컬라 PR을 도포하기 전 BM 표면의 AFM 사진과 히스토그램 결과를 보여준다. 그림에서 BM 표면이 균일한 상태를 이루고 있음을 알 수 있다. Fig. 2(b)는 BM 표면의 높이에 대한 히스토그램과, 이 결과값을 Gaussian 함수로 regression시킨 결과를 보여준다. 그림에서 experimental data는 히스토그램의 실험적으로 측정한 값들을 나타내고, calculated data는 실험값들을 Gaussian함수로 regression시킨 결과를 나타낸다. 그림에서 보면 측정값이 Gaussian 분포곡선과 잘 일치함을 알 수 있다. BM 표면의 거칠기 평균값은 약 47 Å이고 표준편차는 약 8.5 Å이다.

Fig. 3은 컬라 PR 도포 후의 BM 표면의 변화를 보

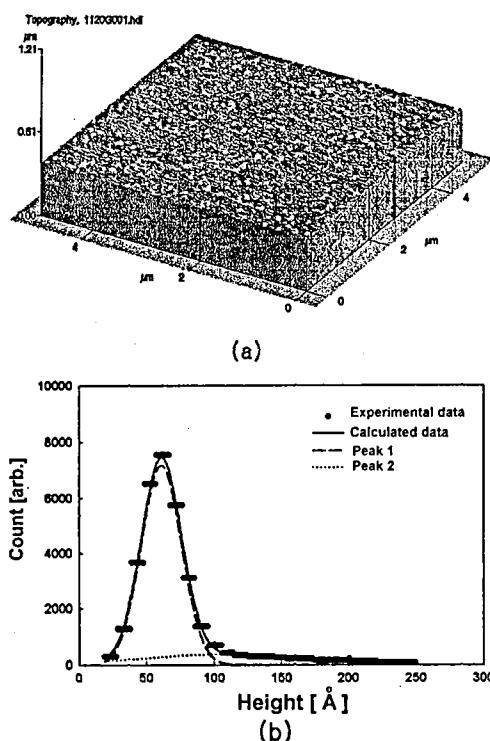


Fig. 3. Surface property of black matrix after coating and developing of color photoresist.

- (a) Surface topology by atomic force microscopy.
- (b) Histogram of the surface, Number vs. Height.

여준다. Fig. 3(a)에서 보면, 컬라 PR 도포 전의 BM 표면과 달리 표면에 밝게 나타나는 잔사들이 형성되었고, BM 표면과 잔사가 뚜렷이 구별됨을 알 수 있다. Fig. 3(b)는 이러한 표면의 거칠기에 대한 히스토그램을 보여준다. 그림에서 보면 컬라 PR 도포전의 BM 표면과 같은 분포곡선을 보이지만, 높이가 높은 부분에서 tail을 형성하고 있다. 이러한 tail은 AFM 사진에서 보듯이 BM 표면에 형성된 잔사에 의한 것이다. 앞에서 언급했듯이 히스토그램으로부터 BM 표면과 표면에 형성된 잔사를 뚜렷이 구별할 수 있다.

AFM 사진은 잔사의 양을 정성적으로는 알 수 있지만 정량적인 수치는 알 수 없다. 가장 확실한 방법은 AFM 사진으로부터 직접 잔사의 개수를 해야하고 면적을 측정하는 방법이다. 하지만, 이러한 방법은 잔사의 개수가 적을 때에 유리하고 잔사의 개수가 많을 때에는 적용하기가 어렵다. 따라서 잔사의 양이 많을 경우에는 히스토그램으로부터 잔사의 양을 정량화하는 방법이 유리하다. 앞의 Fig. 3(b)의 히스토그램에서 언급했듯이 결국 전체 분포곡선에서 잔사에 의해 나타난 tail 부분의 면적이 잔사의 양을 나타낸다. Tail 부분의 면적을 측정하는 몇 가지의 방법이 있을 수 있다. 잔사라고 볼 수 있는 일정 높이 이상의 면적을 구하는 방법과, BM 표면의 Gaussian 분포를 벗어나는 영역의 면적을 측정하는 방법이 있다. 하지만, 이 방법들은 잔사가 시작되는 높이를 정확히 알 수가 없고, BM 표면과 잔사의 구별이 어려워 적용이 어렵다. 본 논문에서는 히스토그램을 BM 표면과 표면위의 잔사의 두 개의 Gaussian 함수로 peak 분리를 시켜 전체 면적에서 상대적으로 BM 표면과 잔사가 차지하는 면적을 구하여 잔사의 양을 정량화하였다.

Gaussian 함수를 이용한 BM 표면과 잔사의 peak 분리에 사용된 식 1과 같다.

$$\text{Peak} = \text{Peak 1} + \text{Peak 2}$$

$$\frac{a_1}{w_1\sqrt{\pi/2}} \times e^{-\frac{2(x-c_1)^2}{w_1^2}} + \frac{a_2}{w_2\sqrt{\pi/2}} \times e^{-\frac{2(x-c_2)^2}{w_2^2}} \quad (1)$$

이 식에서 x 는 높이, c 는 각 peak의 평균값, a 는 각 peak의 면적 그리고 w 는 각 peak의 2σ (표준편차)를 나타낸다. Fig. 3(b)은 BM 표면과 잔사가 각각의 Gaussian 분포로 peak 분리된 결과를 보여준다. 그림에서 두 개의 Gaussian 분포 (peak 1, peak 2)로 잘

나누어 짐을 알 수 있고, calculated data는 각각의 peak 1과 peak 2의 합이다. 여기서 BM 표면 (peak 1)의 평균 높이는 약 61 Å이고, 표준 편차는 약 15 Å이다. 이 결과값은 앞의 patterning된 BM 표면의 값보다 큰 값이다. 각각의 peak 면적비로부터 전체 면적 중의 잔사가 차지하는 면적 즉, 잔사의 양은 약 0.16이다. 이 값으로부터 위의 샘플의 경우 잔사의 양이 약 16%임을 알 수 있다. 본 논문에서는 위의 방법을 사용하여 AFM 사진으로부터 얻은 히스토그램의 결과로부터 잔사의 양을 정량적으로 구하였다.

3.2. 잔사의 종류와 형태

앞의 결과에서 잔사가 존재하는 경우 BM 표면의 평균값과 표준 편차는 patterning된 BM 표면의 값보다 큰 값을 가짐을 알 수 있었다. 이 같은 결과는 칼라 PR이 노포트으로써 발생되는 잔사가 AFM 사진에서 보듯이 눈으로 구별이 가능한 것 외에도 존재한다는 것을 알 수 있다. 여기서는 이런 잔사를 앞으로 잔사-1이라고 명칭하고, AFM 사진에서 나타나는 유안으로 식별이 가능한 다른 잔사를 잔사-2라고 명칭한다. 잔사-1은 peak 1에 포함되어있고, 잔사-2는 peak 2에 해당

한다.

Fig. 4는 BM 표면에서의 잔사-1, 2의 형태를 개략적으로 보여 주는 그림이다. 그림에서 보면 AFM 사진에서 나타나는 다른 잔사와 BM 표면에 깔려있는 작은 잔사가 존재함을 알 수 있다. 히스토그램에서 peak 1의 평균값과 표준 편차가 커지는 것은 잔사-1의 양이 많아 짐으로써 BM 표면의 거칠기를 증가시키기 때문이다. 이러한 결과로부터 잔사-1의 변화를 정량적으로 알 수 있지만 peak 1의 평균값과 표준 편차로부터 정성적인 변화를 알 수 있다. 인번적으로 공정 조건을 바꾸어서 잔사의 양을 조절한 경우, 잔사-1, 2의 양이 동시에 변하게 된다. 다음 장에서는 공정 조건에 따른 잔사 (잔사-1, 2)의 양이 변하는 형태에 대해 알아보았다.

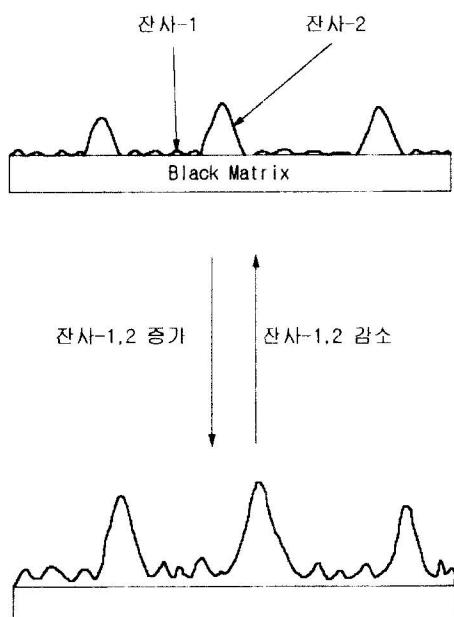


Fig. 4. Model of the residue on the black matrix surface. Amount of residue 1 and residue 2 simultaneously changed with the process condition.

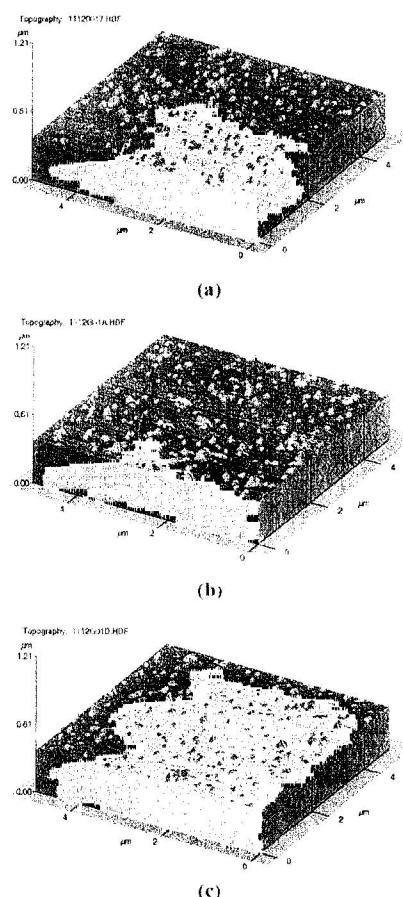


Fig. 5. Surface topology by atomic force microscopy of the black matrix surface according to the developing speed [mm/min]. (a) 3500 (b) 3250 (c) 3000.

3.3. 공정 조건에 따른 잔사량의 변화

이 장에서는 공정 조건을 변화시킴으로써 잔사의 양이 변하는 형태에 대해 알아보았다. 공정 조건 변수로는 현상 속도를 선택하였고, 이것은 glass 한장이 현상 Zone을 통과하는 속도이다. 따라서, 현상 속도의 증가는 현상 시간의 감소를 의미한다. 현상 속도를 3500 mm/min에서 3000 mm/min까지 변화시켰다. Fig. 5는 현상 속도에 따른 잔사량의 변화를 보여주는 AFM

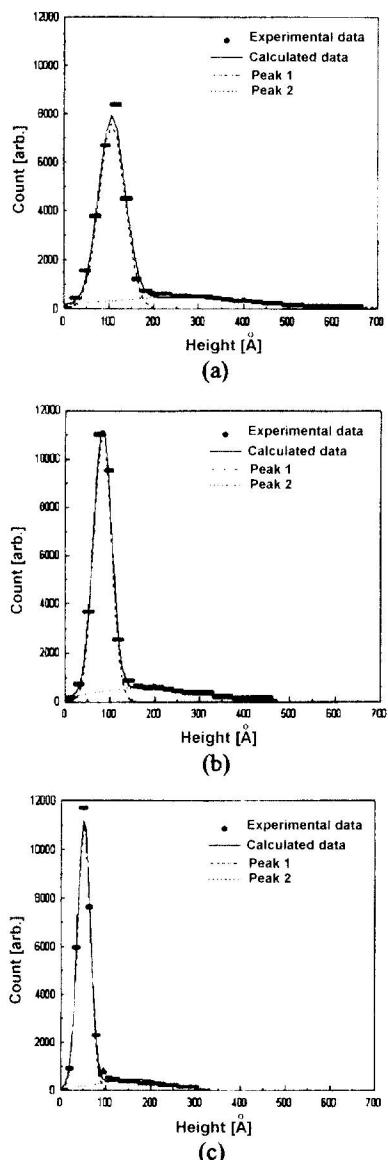


Fig. 6. Histogram of the black matrix surface according to the developing speed [mm/min]. (a) 3500 (b) 3250 (c) 3000.

사진이다. 그림에서 현상 속도가 느릴 수록 잔사의 양이 감소함을 알 수 있다. 여기서의 잔사는 육안으로 관찰이 가능한 잔사-2에 해당한다. 현상 속도에 따른 잔사-2의 양의 감소를 정량화하고 또한 잔사-1의 변화도 알아보기 위하여, Gaussian 함수를 이용한 peak 분리를 한 결과를 Fig. 6에서 보여준다. 그림에서 보면 현상 속도가 감소함에 따라 잔사의 최대 높이가 700 Å에서 400 Å 이하로 감소하였다. 이것은 잔사-2에 관해 것이고, 잔사-1의 변화를 보면 peak 1의 평균값이 100 Å에서 약 50 Å 정도로 줄어들었다. 이것은 BM 표면의 거칠기가 감소하였음을 나타낸다. 즉, 현상 속도를 낮춤으로써 잔사-2 뿐만 아니라 잔사-1도 많은 양이 감소했음을 나타낸다.

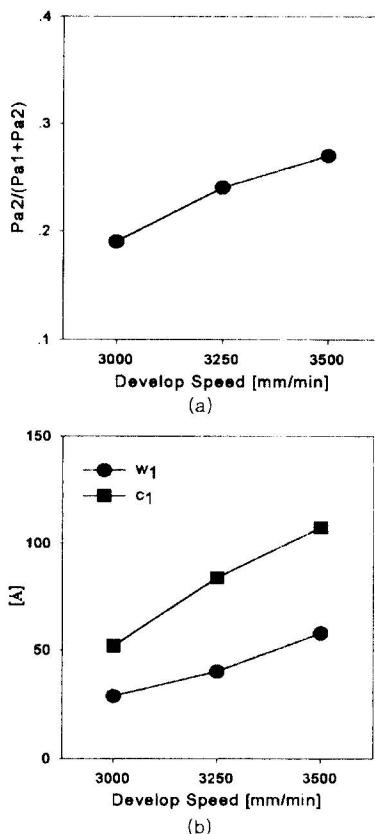


Fig. 7. Amounts of residue 1 and 2 according to the developing speed [mm/min].

(a) Area ratio of residue 2 [$a_2/(a_1+a_2)$]. a_1 and a_2 are the area of the peak 1 and peak 2 respectively.

(b) Average height value c_1 and standard deviation w_1 (2σ) of residue 1.

*Fig. 7*은 현상 속도에 따른 잔사량의 변화를 정량화 시킨 결과이다. *Fig. 7(a)*에서 보면 현상 속도에 따라 잔사량(잔사-2)이 선형적으로 빠져있고, 잔사의 면적 비율이 0.27에서 0.19로 약 30% 감소하였다. *Fig. 7(b)*에서 보면 peak 1의 평균값과 표준 편차도 현상 속도에 따라 어느 정도 선형적으로 변하는 것을 알 수 있다. 이같은 결과로부터 공정 조건의 변화에 따른 잔사량의 변화를 정량화할 수 있다.

4. 결 론

칼라필터 공정 중에 발생하는 잔사를 정량화하는 방법이 지금까지 제시되어 있지 않았다. 본 논문에서는 AFM 장비를 이용하여 잔사의 존재를 확인하였고, AFM 측정 결과에 의해 얻어진 높이에 대한 히스토그램으로부터 잔사를 정량화 하였다. 또한 AFM 사진에서 나타나는 잔사뿐만 아니라 육안으로 구별이 되지 않는 BM 표면에 존재하는 잔사를 구별할 수 있었고, 이를 잔사-1과 잔사-2로 정의하였다.

잔사-2의 경우는 전체 면적에서 잔사가 차지하는 면적비율 구함으로써 잔사의 양을 정량화하였다. 잔사-1의 경우에는 정확한 수치적인 정량화는 할 수 없지만, peak 1의 평균값과 표준 편차로부터 정성적인 결과를 얻을 수 있었다. 이러한 결과로부터 공정 조건의 변화에 따른 잔사-1, 2의 변화량을 구할 수 있었다. 이 방법은 칼라필터의 잔사의 정량화뿐만 아니라 표면에 존재하는 불순물이나 흡착된 물질의 양을 정량화하는데 유용하게 사용되어 질 수 있다.

참 고 문 헌

1. K. Mizuno and S. Okazaki, *Proc. Int. MicroProcess Conf., Kanazawa*, 430 (1991).
2. K. Tohda, T. Ohta and J. Yasukawa, *Proc. Int. MicroProcess Conf., Kanazawa*, 435 (1991).
3. T. Sugiura, *J. Soc. Inf. Display*, **1**, 177 (1993).
4. T. Konarsu and K. Ichimura, *J. Photopolym. Sci. & Technol.*, **2**, 238 (1989).
5. T. Sunata, *IIIRC '85 Conf. Record*, 18 (1985).