

논문 21-9-11

비정질 실리콘 TFT의 광누설 전류에 Backlight 광원의 광학적 특성이 미치는 영향에 대한 연구

A Study on the Effects of the Optical Characteristics of Backlight Sources on the Photo Leakage Currents of a-Si:H Thin Film Transistor

임승혁¹, 권상직¹, 조의식^{1,a}

(Seung Hyeok Im¹, Sang Jik Kwon¹, and Eou Sik Cho^{1,a})

Abstract

The photo leakage currents of a conventional hydrogenated amorphous silicon(a-Si:H) thin film transistor(TFT) were investigated and analyzed in case of illumination from various light sources such as halogen lamp, cold cathode fluorescent lamp(CCFL) backlight, and white light emitting diode(LED) backlight. The photo leakage characteristics showed the apparent differences in the leakage level and in the I_{on}/I_{off} ratio in spite of the similar luminances of light sources. This leakage level is expected to be related to the wavelength of the lowest intensity peak from the spectral characteristics of light sources.

Key Words : Backlight system, Photo leakage current, Spectral characteristics

1. 서론

수소가 주입된 비정질 실리콘(a-Si:H)의 박막 트랜지스터(TFT)는 active matrix 방식으로 구동하는 TFT-LCD의 TFT 패널에 넓게 사용되고 있다. 최근 많은 수요가 있는 LCD-TV에 사용되고 있는 LCD 패널은 높은 명암비와 밝기가 요구됨에 따라 높은 휘도값을 갖는 backlight 광원의 필요성이 대두되고 있다. 그러나 비정질 실리콘 TFT의 경우는 광흡수 계수가 높은 a-Si:H의 특성에 의해 상대적으로 그림 1(a)와 같이 backlight에 노출된 부분을 중심으로 높은 off-state 광누설 전류 특성을 가지고 있으므로, 보다 높은 휘도의 backlight가 쓰일 경우 보다 더 많은 전자-정공쌍 발생으로 더 큰 광누설 전류가 예상된다[1].

TV용 LCD 패널에서 광누설 전류는 명암비와 다른 여러 화질 관련 변수에 영향을 미친다. 그러므로 비정질 실리콘 TFT의 광누설 전류를 줄이기

위해 공정을 개선하는 방향으로 많은 연구가 진행되어 왔으며[2-4] 이와 병행하여 추가적으로 비정질 실리콘(a-Si:H) 층 및 TFT 특성에 대한 backlight의 광원의 영향에 대한 연구가 필요하다.

본 연구에서는 halogen lamp, CCFL, white LED 등을 광원으로 사용한 동일한 휘도를 가지는 backlight 시스템에 대하여 광원의 스펙트럼 특성이 TFT의 광누설 전류 특성에 미치는 영향을 조사하였다[5].

2. 실험

유리 기판 상에 수소화된 비정질 실리콘 TFT를 일반적인 BCE(back channel etched) 방식을 사용하여 Inverted staggered 구조로 제작하였다[5]. 게이트 전극과 소스/드레인 전극은 Cr으로 2000 Å의 두께로 스퍼터링하였으며, SiN_x, a-Si:H와 n⁺ a-Si:H 층은 3500 Å, 2000 Å, 200 Å의 두께로 PECVD 방식을 이용, 증착하였다. 또한, SF₆ plasma를 이용한 RIE(reactive ion etch)를 사용하여 a-Si:H과 n⁺ a-Si:H 층을 식각, 그림 1(b)와 같이 2 × 30 μm × 10 μm 넓이의 active 영역 및 TFT의 W가

1. 경원대학교 전자공학과

(경기도 성남시 수정구 복정동 산 65)

a. Corresponding Author : es.cho@kyungwon.ac.kr

접수일자 : 2008. 7. 2

심사완료 : 2008. 8. 22

20 μm , L 이 6 μm 인 채널을 형성하였다. active 영역 중 게이트 전극에 의해 backlight로부터 차단되지 못하는 영역의 넓이는 $2 \times 30 \mu\text{m} \times 5 \mu\text{m}$ 이며, 그림 1(b)의 빗금친 영역으로 표시된 이 부분이 유리기판을 통하여 backlight의 후면광에 직접 노출되게 된다. 이후 다시 RIE 공정을 사용하여 contact 부분에 잔류하는 게이트, 소스/드레인 전극 위 SiN_x 를 건식식각 하였다. 측정시 제작된 TFT의 문턱 전압은 6 V 이었다.

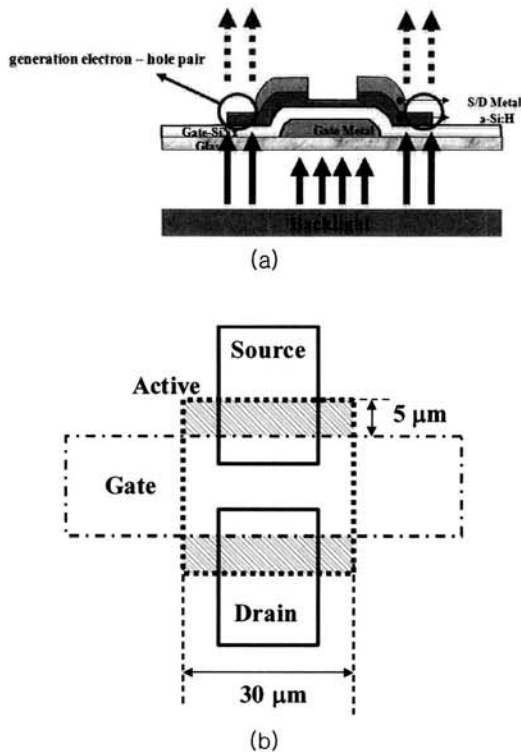


그림 1. (a) TFT 구동에서 후면광에 의한 비정질 실리콘 내 전자-정공쌍 생성 및 광 누설 전류의 발생, (b) 실험에 사용한 TFT 채널부터의 mask 패턴 configuration, 빗금친 부분이 후면광에 직접 노출된다.

Fig. 1. (a) A configuration of the generation of electron-hole pairs in a-Si:H layer caused by backside illumination. (b) Schematic diagrams of the mask patterns of TFT channels. Active layers were designed to be exposed to the illumination from backside.

3. 결과 및 고찰

표 1에서 CCFL, white LED, halogen lamp를 광원으로 사용한 Backlight에서 방출되는 색의 특성을 비교하였으며, 각 광원에 대한 휘도 값은 Chroma Meter (CS-100A) 장비를 사용하여 측정하였다. halogen lamp, CCFL, white LED를 광원으로 사용한 Backlight에서의 휘도 값은 각각 2300, 2280, 2320 cd/m^2 으로 측정되었다. halogen lamp의 경우 점광원의 구조인 lamp이기 때문에 면광원과 동일한 효과를 얻기 위하여 확산 시트를 중간에 삽입하여 측정하였고, CCFL backlight의 경우 inverter system을 사용하여 저항값을 변화시켜 구동하였다. 그리고 white LED backlight의 경우에는 DC 전압 구동을 하였다.

표 1. 광원에 대한 색 특성.

Table 1. Color characteristics of two backlight units and a halogen lamp.

Light Sources	Luminance (cd/m^2)	Chromaticity (x,y)
Halogen Lamp	2300	(0.37,0.43)
CCFL	2280	(0.29,0.29)
White LED	2320	(0.29,0.28)

제작된 TFT 유리기판의 하부에 위에서 언급한 backlight 시스템 들을 위치시키고 TFT 특성 변화를 측정하였다. 그림 2에서는 비슷한 휘도 값을 갖는 다양한 backlight에 대한 전류 값들을 비교 확인할 수 있다. 전반적으로 광원에 따른 TFT의 광누설 전류는 dark current의 경우보다 halogen lamp의 경우, halogen Lamp 보다 white LED에서, white LED 보다 CCFL에서 보다 높은 값을 가진다. 이러한 특성은 다른 TFT에서도 유사한 경향을 보인다.

그림 3의 CCFL, white LED, halogen lamp의 광스펙트럼 특성은 Photo Research 670 Spectrascan Colorimeter을 사용하여 측정하였다. CCFL에서는 436 nm(blue), 544 nm(green), 612 nm(red)의 파장에서 sharp 한 intensity peak 값이 측정되었다. 이에 반해서 white LED에서는 458 nm(blue)에서 sharp 한 peak 값이, 560~570 nm에서 다소 broad 하면서 약한 peak 값이 측정되었다. Halogen lamp의 경우 690~710 nm의 대역에서 완만하게 넓게

분포된 peak 값이 측정되었다. 그림 2와 그림 3의 결과로부터, TFT 광 누설전류의 크기는 backlight 광원의 intensity peak 값이 위치한 파장과 관계되어 있다고 예상된다. 수소화된 비정질 실리콘의 광 흡수 계수는 600 nm 미만의 파장대에서 10^4 cm^{-1} 이상의 높은 값을 가지고 있으며, 낮은 파장대에서의 intensity peak 값에서 전자-전공 쌍 생성이 많이 일어난다[6].

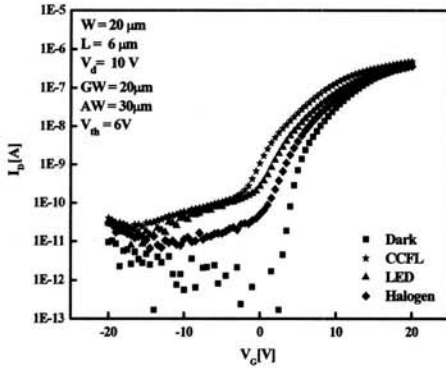


그림 2. 다양한 광원에 대한 비정질 실리콘 TFT의 특성.

Fig. 2. The photoelectric characteristics of a-Si:H TFT in case of illumination from various light sources.

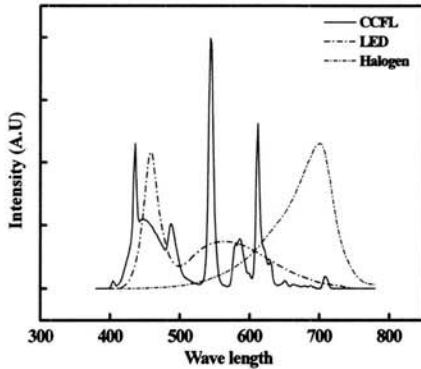


그림 3. CCFL, white LED, Halogen Lamp의 backlight에 대한 스펙트럼 분석.

Fig. 3. The spectral characteristics of CCFL, white LED and a halogen lamp backlight.

그림 4에서는 그림 2의 TFT 특성으로부터 얻은 I_{on}/I_{off} 비를 보여주고 있다. I_{on} 와 I_{off} 는 게이트 전극에 20 V와 -10 V를 인가하였을 때의 drain 전류로 각각 정의되며, LCD 구동시 명암비와 관련 있으므로 높은 I_{on}/I_{off} 비율을 얻는 것이 매우 중요하다. Halogen 과 LED 에서의 I_{on}/I_{off} 비율은 CCFL에서 보다 약 3배에서 약 10배 더 높은 값을 보여주고 있다.

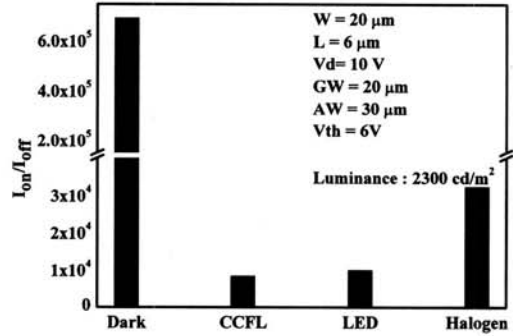


그림 4. Gate 전압이 20 V과 -10 V 일때 각각의 광원에 대한 I_{on}/I_{off} .

Fig. 4. The on/off current ratios about various light sources when on current and off current was defined as the current at the gate voltage of 20 V and -10 V, respectively.

4. 결론

다양한 Backlight의 광원에 대한 수소화된 비정질 실리콘(a-Si:H) TFT의 광누설 전류를 비교하였을 때 비슷한 휘도 값을 갖는 다른 광원에 대한 누설 전류의 크기 및 I_{on}/I_{off} 비는 확실하게 다른 특성을 나타낸다. 이 결과는 광원의 스펙트럼 특성에서 intensity peak가 위치한 가장 낮은 파장대 크기 및 비정질 실리콘의 광흡수 계수에 반응하는 파장영역과의 관계에 의해 나타난 결과라고 여겨진다.

참고 문헌

[1] J. K. Yoon, Y. H. Jang, B. K. Kim, H. S. Hong, B. C. Ahn, and C. Lee, "Voltage

- dependence of off current in a-Si:H TFT under backlight illumination”, J. Non-CrystSolids., Vol. 164-166, p. 747, 1993.
- [2] J. H. Choi, C. S. Kim, B. C. Lim, and J. Jang, “A novel thin film transistor using double amorphous silicon activelayer”, IEEE ED, Vol. 45, No. 9, p. 2074, 1998.
- [3] K. W. Kim, K. S. Cho, and J. Jang, “Performance improvement of polycrystalline thin-film transistor by adopting a very thin amorphous silicon buffer”, J. Non-Cryst. Solids, Vol. 266-269, p. 1265, 2000.
- [4] J. I. Ryu, Y. J. Choi, I. K. Woo, B. C. Lim, and J. Jang, “High performance a-Si TFT with ITO/n+ ohmic layer using a Ni-silicide”, J. Non-Cryst. Solids., Vol. 266-269, p. 1310, 2000.
- [5] M. J. Powell, “The physics of amorphous-silicon thin-film transistors”, IEEE ED, Vol. 36, No. 12, p. 2753, 1989.
- [6] E. S. Yang, “Microelectronics Devices”, McGraw-Hill, p. 357, 1994.