

다결정질 Si TFT-LCD에서의 Flicker에 대한 Simulation 연구

손명식, 송민수*, 유건호*, 허지호*, 손용덕*, 장진*
동국대학교 밀리미터파 신기술 연구센터, *경희대학교 물리학과
전화 : 02-2260-8699 / 핸드폰 : 019-380-8480

A Simulation Study on the Flicker Analysis for the Poly-Silicon TFT-LCD

Myung-Sik Son, Min Soo Song*, Keon-Ho Yoo*,
Ji-ho Hur*, Yong-duck Son*, and Jin Jang*
Millimeter-Wave Innovation Technology Research Center, Dongguk University
*Department of Physics, Kyung Hee University
E-mail : sonms@dgu.edu

Abstract

We simulated and analyzed the flicker phenomena in the poly-Si TFT-LCD using PSpice for the development of wide-area and high-quality LCD display. We define the electric quantity of flicker in the TFT-LCD, which is the ratio of half frame frequency (30 Hz) to DC (0 Hz) frequency. We compared two different types of TFTs, excimer laser annealed (ELA) poly-Si TFT and silicide mediated crystallization (SMC) poly-Si TFT, and found that the ELA and SMC TFTs show different flicker characteristics because of their mobility and leakage current. In addition, we showed that the gate voltage should be chosen carefully at the minimum flicker because of the larger leakage current of poly-Si TFT as compared with a-Si TFT.

I. 서론

능동 행렬 TFT-LCD는 해상도, contrast, 색재

현성, 응답속도 등에서 기존의 CRT에 필적하는 특성을 보여 이미 20" 급 이하에서는 CRT를 빠르게 대체하고 있고, 현재 대면적 고품질 TFT-LCD를 위한 연구 개발이 활발하게 이루어지고 있다. TFT-LCD가 대면적 고정세를 추구하고면서, flicker와 crosstalk 등이 더 중요한 문제로 부각되고 있고, 이에 대한 체계적이고 정확한 이해가 꼭 필요한 실정이다. 대면적 고품질 TFT-LCD를 구현하기 위한 한 방법은 기존의 a-Si TFT 대신 전자 이동도(mobility)가 훨씬 큰 poly-Si TFT를 사용하는 것이다. Poly-Si인 경우 높은 이동도에 의한 빠른 충전 시간에 비해 off 전류가 크다는 단점을 가지고 있어 구동회로 설계시 정확한 off 전류 제어가 필요하다.

본 논문에서는 이러한 점들을 분석하고, 대면적/고품질 TFT-LCD를 개발하기 위해, poly-Si TFT 소자의 전이 특성과 출력 특성을 모델링하고, TFT-LCD 어레이 시뮬레이션을 위해 상용 회로 시뮬레이터인 PSpice에 다결정 실리콘 TFT 소자를 이식하였다. 40" 급 poly-Si TFT-LCD 등가 회로에서의 전기적인 flicker를 정의하고, flicker 현상을 정량적으로 분석 연구하였다. Excimer laser annealed (ELA) poly Si TFT와 silicide mediated crystallization (SMC)

를 이용한 poly Si TFT의 경우의 TFT-LCD의 전기적 특성을 비교하였다.

II. poly-Si TFT-LCD의 Flicker 모델

2.1 ELA 및 SMC TFT의 SPICE 해석 모델

시뮬레이션 결과의 정확성은 해석 모델의 적정성과 입력 변수의 정확성에 의존한다. 본 연구에서는 M. Shur 그룹에서 제안한 AIM-Spice의 다결정 실리콘 TFT 모델(MOS16 PSIA2[1])을 사용하였는데, 이 모델은 subthreshold, above-threshold, leakage 전류와 kink 전류를 고려한다. 우리는 이 전류 성분들을 기술하는 방정식들의 입력 변수 사이의 상호 의존성을 고려하여, poly-Si TFT의 I-V 특성 (Ids-Vgs 전이 특성 및 Ids-Vds 출력 특성) 실험 데이터로부터 체계적이고 최적화된 입력 변수들을 추출하는 방법을 개발하여 적용하였다. 회로 구성을 보다 손쉽게 하기 위해, 등가회로를 그림으로 구성할 수 있는 PSpice에 이 모델을 이식하여 시뮬레이션을 수행하였다.[2]

그림 1은 추출된 입력 변수들을 사용해 계산된 Id-Vgs 전이 특성 곡선을 측정된 실험 데이터 [3-5]와 비교한 그림이다. ELA poly-Si TFT와 SMC poly-Si TFT는 상당히 다른 I-V 특성을 가지고 있으나, 두 경우 모두 우리의 변수 추출법에 의해 추출된 변수를 이용한 I-V fitting 특성이 매우 우수함을 알 수 있다.

2.2 TFT-LCD에서의 Flicker 정량화

시뮬레이션에 사용된 등가회로는 그림 2와 같으며, 등가회로의 파라미터들은 40" 급 UXGA를 기준으로 정하였다[6]. 공통전극의 전압 V_{com} 은 5 V, 화소 전극에 입력되는 데이터 펄스(pulse)는 $V_{com} \pm 5$ V를 사용하였다.

60 Hz 구동을 하고 pixel에 인가되는 유효전압을 양과 음으로 번갈아 인가하면, 유효전압 $V_{pe}(t) = V_p(t) - V_{com}$ 은 30 Hz를 기본 주파수로 갖게 된다. 이 30 Hz는 눈이 민감하게 반응

하여 광학적 flicker의 주된 성분이 된다.[7] 이 논문에서는 $|V_p(t) - V_{com}|$ 을 푸리에 변환하여 직류성분 F_0 에 대한 30 Hz 성분 F_{30} 의 비를 dB로 계산하여 전기적인 flicker의 정의로 삼았다.

$$Flicker = 10 \log_{10} \left(\frac{F_{30}}{F_0} \right) [dB] \quad (3)$$

III. Flicker Simulation 결과 및 분석

$V_{pe}(t) > 0$ 인 반주기 (양의 반주기)와 $V_{pe}(t) < 0$ 인 반주기 (음의 반주기)의 평균전압의 비대칭성은 flicker에 큰 영향을 미치는데, 누설전류와 킥백 전압 등이 이에 기여한다.

그림 1에서 보듯이 우리가 시뮬레이션에 사용한 poly-Si TFT는 누설전류가 상당히 크고 V_{gs} 값에 상당히 의존하므로, flicker는 게이트 전압의 선택에 크게 좌우된다. 한 예로 ELA TFT의 경우에 off 상태의 V_g 값 $V_{g,low}$ 를 transfer curve에서 최소 I_d 를 주는 -4.67 V로 택했을 때와 -2.7 V로 택했을 때의 $V_p(t)$ 값을 그림 3에서 보여주고 있다. $V_{g,low} = -4.67$ V일 때는 양의 반주기의 누설전류가 훨씬 커서 양의 반주기와 음의 반주기의 대칭성이 많이 깨진 것을 알 수 있다. 그래서 우리는 $\Delta V_g = 30$ V로 하고 $V_{g,low}$ 값을 바꾸어가며 flicker의 변화를 살펴보았는데, ELA의 경우가 그림 4에 보여져 있다. Flicker는 $V_{g,low}$ 값에 민감하게 반응하며, 그림 4의 ELA인 경우에는 $V_{g,low} = -2.7$ V일 때, 그리고 SMC의 경우에는 0.6 V일 때 최소값을 가졌다.

이렇게 선택된 V_g 를 사용하여 계산된 파형의 몇가지 특징이 표 1에 요약되어 있다. 충전시간은 이동도가 큰 ELA가 짧고, 킥백 전압 역시 ELA가 양호한 특성을 보여주고 있다. 하지만, flicker는 SMC의 경우가 좋은 수치를 보여주고 있는데, 이는 누설전류가 충전시간이나 kickback voltage보다 flicker에 더 큰 영향을 미치기 때문이다.

충전시간과 킥백 전압, 누설 전류가 flicker에 기여하는 정도를 다음과 같이 알아보았다. 먼저

일단 킱백이 일어난 후의 $V_p(t)$ 값이 일정하도록 파형을 수정한 후에 flicker 값을 계산하였다. 표 1에서 보듯이 이 때의 flicker 값은 킱백이 작은 ELA가 우수함을 알 수 있다. 주목할 만한 점은, SMC의 경우 누설전류가 없도록 하면 오히려 flicker가 커진다는 점이다. 이는 flicker가 최소화 되도록 선택된 $V_{g,low}$ 값에서는, 표 1의 전압 유지비(voltage holding ratio)에서 보듯이, 음의 반주기에서 누설전류가 커져서 킱백에 의한 $V_p(t)$ 의 비대칭성을 상쇄하기 때문이다. 한편 누설전류와 킱백이 둘 다 없도록 $V_p(t)$ 파형을 수정하면, flicker 값은 두 경우 모두 급격히 떨어진다. 이로서 pixel이 충분히 충전이 되기만 하면 충전시간이 flicker에 기여하는 양은 작다는 것을 알 수 있다.

결론적으로, $|V_p(t) - V_{com}|$ 이 직류 성분으로부터 벗어나는 것이 flicker의 원인이라 할 수 있으므로, 표 1에 요약된 충전시간, 킱백 전압, 그리고 전압 유지비 등이 flicker에 관계되는 정량 지표들이다. 시뮬레이션 결과는 poly-Si TFT의 경우 flicker에 가장 큰 기여를 하는 것은 누설전류에 의한 화소 전압 강하임을 확인할 수 있었다. 따라서, poly-Si TFT의 경우 누설 전류를 줄이는 것이 가장 시급히 해결해야 할 일이다. 누설 전류가 없을 경우, ELA가 양호한 주된 이유는 SMC에 비해 빠른 전자 이동도에 기인하는 낮은 킱백 전압이다.

IV. 결 론

본 논문에서는 TFT-LCD의 대화면/고화질 추세에 따른 다결정 실리콘 TFT-LCD의 flicker 특성을 정량화하고, ELA 및 SMC TFT-LCD에 대해 flicker를 비교 분석하였다. Flicker의 정량화 지표는 충전 시간, 기생 정전 용량에 의한 킱백 전압, 누설 전류 영향에 의한 전압 유지비로 나타내었으며, 이 요인 중 누설 전류가 가장 큰 원인으로 분석되었다. 따라서 비정질 실리콘에 비해 off 전류가 큰 다결정 Si TFT인 경우에 있어서 flicker를 최소화하기 위해서는 게이트 전압 설정이 중요함을 보였다. 또한 ELA와 SMC

poly-Si TFT에 대해, 위에 언급한 세가지 요소들이 flicker에 어떻게 영향을 미치는 지를 정량적으로 분석하였다. 본 논문의 결과는 각 회사에서 제작되는 TFT-LCD의 flicker 정도를 분석하는데 큰 도움이 될 것으로 기대된다.

※ 이 연구는 G7 과제 및 동국대학교 밀리미터 파 신기술 연구센터를 통한 한국과학 재단의 우수 연구센터 지원금에 의하여 수행되었습니다.

참고 문헌

- [1] M. Shur *et al.*, AIM-Spice Ver. 3.5b Online Help, 2000.
- [2] 손명식, 류재일, 심성용, 유건호, 장진, “다결정 실리콘 TFT-LCD 화소의 전기적 특성 시뮬레이션 방법의 체계화,” *대한전자공학회 논문지* 투고 심사중, 2001년 3월.
- [3] W.K. Kwak, B.R. Cho, S.Y. Yoon, S.J. Park, and J. Jang, “A high performance thin-film transistor using a low temperature poly-Si by silicide mediated crystallization,” *IEEE Electron Device Lett.*, vol. 21, pp. 107-109, 2000.
- [4] Jin Jang *et al.*, “Electric-field-enhanced crystallization of amorphous silicon,” *Nature*, vol. 395, pp. 481-483, 1998.
- [5] J.I. Ryu, H.C. Kim, S.K. Kim, and J. Jang, “A novel self-aligned polycrystalline silicon thin-film transistor using silicide layers,” *IEEE Electron Device Lett.*, vol. 18, pp. 272-274, 1997.
- [6] Takayasu Sakurai, “Approximation of Wiring Delay in MOSFET LSI,” *IEEE Journal OF Solid-State Circuits*, vol. SC-18, no. 4, pp. 418-426, 1983.
- [7] Y. Hirai, E. Mizobata, K. Yoshida, M. Hasegawa, T. Shiozawa, H. Uchida, S. Kaneko, C. Tani, Y. Katom T. Ueno, “Flicker-Free LCD with Bridge-Structure SiN_x TFD,” *Proceedings of the SID*, vol. 34, pp. 337-341, 1990.

표 1. poly-Si TFT-LCD에서의 flicker 값과 관련 지표들의 값

TFT	ELA	SMC
charging time (μ s)	0.5	0.9
kickback voltage (V)	0.15	0.88
voltage holding ratio (%) (양의 반주기/음의 반주기)	49 / 57	84 / 58
flicker (dB)	-13.83	-18.28
flicker (dB) (누설전류가 없을 때)	-16.53	-10.36
flicker (dB) (누설전류와 kickback이 없을 때)	-62.06	-52.68

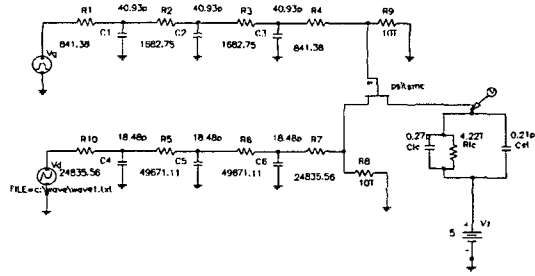


그림 2. 40" UXGA RC 지연 고려된 회로

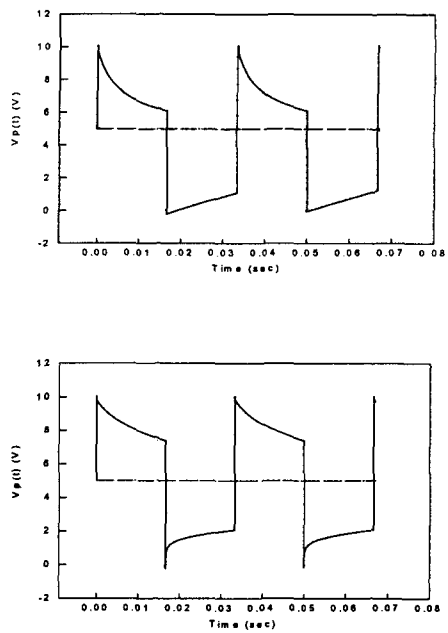


그림 3. ELA poly-Si TFT인 경우, $V_{g,low} = -46.7V$ (위)와 $V_{g,low} = 2.7V$ (아래)에서의 액정에 걸린 전압 파형

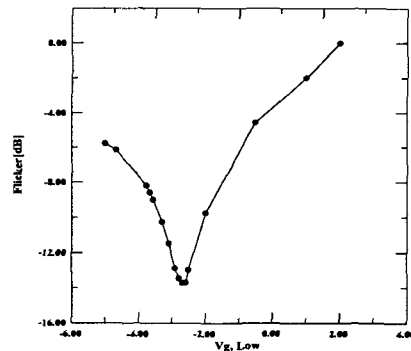
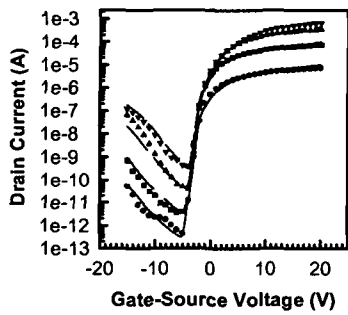
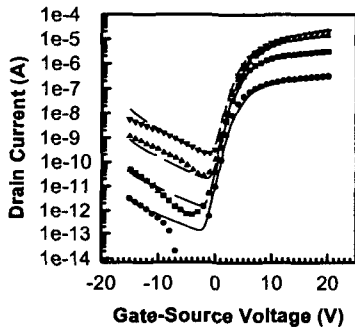


그림 4. ELA poly-Si TFT인 경우, $V_{g,low}$ 변화에 따른 Flicker 값의 변화



(a) ELA poly-Si TFT



(b) SMC poly-Si TFT

그림 1. poly-Si TFT Transfer 특성(I_d - V_{gs}) 모델링 결과(기호는 실험이며, 실선은 시뮬레이션. 사용된 Pspic의 버전은 6.3과 7.1버전을 사용하였다.)