

자가조립단분자막이 산화물반도체에 미치는 영향

조승환, 이용욱, 이정수, 한민구
서울대학교 전기컴퓨터공학부

Effect of Self-Assembled Monolayer (SAM) on the Oxide Semiconductor Thin Film Transistor

Seung Hwan Cho, Yong Uk Lee, Jeong Soo Lee, and Min Koo Han
School of Electrical Engineering, Seoul National University, Seoul, 151-742, Korea

Abstract - Passivation 막이 증착될 때 산화물 반도체의 백 인터페이스에 주는 플라즈마 데미지와 화학적으로 유도된 데미지를 최소화하기 위하여 산화물 반도체의 보호막으로서 자가조립단분자막(SAM) 적용을 제안한다. TFT가 PECVD나 용액을 기반으로 한 재료로 passivation 될 때 산화물 반도체의 back interface는 플라즈마 데미지와 화학적으로 유도되는 데미지를 피할 수 없다. 자가조립단분자막을 적용함으로써 플라즈마 데미지를 막아줌으로써 이동도와 문턱전압 이하에서의 기율기(SS)의 열화와 용액을 기반으로 한 passivation으로 인한 특성변화(Von)를 최소화 하였다.

1. 서 론

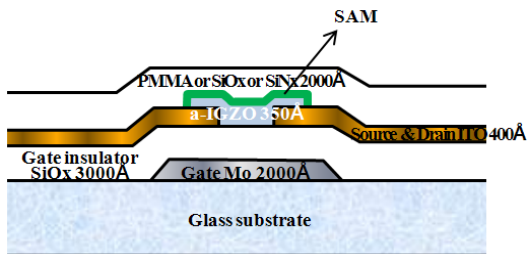
산화물 반도체는 높은 이동도 때문에 차세대 디스플레이의 back plane으로 각광을 받고 있다. 하지만 산화물반도체는 외부 환경, 특히 수분이나 산소에 민감하기 때문에 이것들을 막아주기 위한 passivation 막의 특성이 아주 중요하다. 가장 널리 사용되고 있는 PECVD SiOx나 용액기반으로 하는 재료를 사용할 경우, 산화물 반도체의 back interface에 플라즈마 데미지나 화학적으로 유도된 데미지가 가해질 수 있기 때문에 이러한 변화들을 막아주기 위한 노력이 필요하다.[1-3] 따라서 본 논문에서는 passivation 중에 발생하는 산화물 반도체의 back interface에 플라즈마 데미지와 화학적으로 유도된 데미지를 최소화하기 위해서 자가조립단분자막을 적용하였다.

2. 본 론

2.1. 실험

그림 1에서처럼 Bottom gate a-IGZO TFT를 만들었다. 게이트 메탈로 200 나노미터 몰리브덴을 사용하였고 그 위에 게이트 절연막으로 300 나노미터 실리콘 옥사이드(SiOx)를 증착하였다. 소스와 드레인 전극으로 40 나노미터 ITO 메탈을 사용하였다. 각 layer은 포토리소그래피와 에칭을 이용하여 패터닝 되었다. 그 이후 서로 다른 2가지 자가조립단분자막을 반도체 위에 형성하였다.

(3-chloropropyltriethoxysilane(Cl-), Triethoxy(octyl)silane(CH₃-)). passivation 재료로는 실리콘 옥사이드(SiOx)와 폴리메틸메타크릴레이트(PMMA)를 사용하였다.



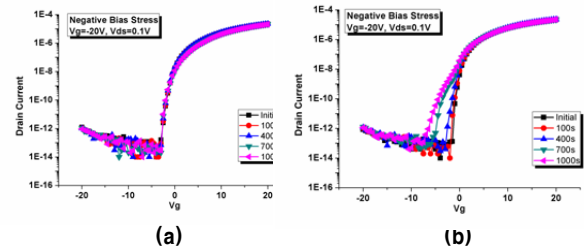
〈그림 1〉 a-IGZO TFT의 단면 이미지

2.2결과 및 토의

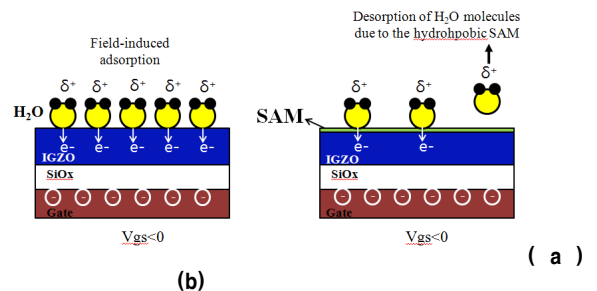
2.1.1 SAM 처리한 TFT의 바이어스 stability

수분을 막아주는 보호막으로써 SAM을 조사하기 위해서 a-IGZO TFT의 바이어스 stability를 측정하였다. 상대습도 40 %에서 실험을 진행하였다. 양의 게이트 바이어스 스트레스($V_g=+20$ V, $V_{ds}=0.1$ V, from 0 s to 1000 s)조건하에서는 Cl-SAM을 처리한 소자와 SAM처리하지 않은 소자 둘 다 비슷한 양의 방향으로 Von(V_g

at $I_{ds}=10$ pA)이 이동하였다. 반면에 그림 2에서처럼, 음의 게이트 바이어스 스트레스 조건하에서는($V_{GS}=-20$ V, $V_{DS}=0.1$ V, from 0 s to 1000 s), SAM 처리하지 않은 소자에서 음의 방향으로 Von이 SAM처리한 소자보다 SS값의 변화를 동반하면서 더 많이 이동하였다. 이러한 이유는 산화물 반도체 back interface에 흡착된 수분에 기인한다. 산화물 반도체에 흡착된 수분은 전자 도너로서의 역할을 하기 때문이다[1]. 하지만 Cl-SAM 처리한 소자의 표면은 SAM 처리하지 않은 소자보다 소수성을 띠고 있기 때문에 수분의 영향을 덜 받은 것이다. 그림 4는 SAM유무에 따라서 산화물 반도체의 back interface에 달라붙은 moisture 분자들을 보여주고 있다. SAM 처리한 소자에 흡착된 moisture 분자의 숫자가 상대적으로 SAM 처리하지 않은 소자보다 적기 때문에 SAM처리하지 않은 소자에서 수분의 영향을 많이 받아 더 큰 Von변화를 보인 것이다. 따라서 산화물 반도체 표면에 형성된 SAM은 성공적으로 moisture 분자의 흡착을 막아 줄 수 있을 것으로 기대하고 있다.



〈그림 2〉 게이트 바이어스 스트레스 시간에 따른 a-IGZO TFT의 트랜스퍼 특성 (a) Cl-SAM처리한 TFT (b)SAM처리하지 않은 TFT

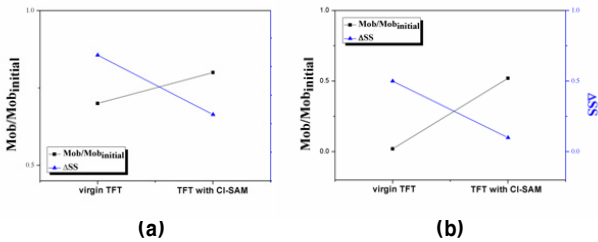


〈그림 3〉 산화물반도체의 back interface에 흡착된 moisture 이미지 (a) Cl-SAM처리한 TFT (b)SAM처리하지 않은 TFT

2.2.2 PECVD SiOx passivation 전후의 트랜스퍼 특성

PECVD SiOx passivation 막 증착 시에 발생하는 플라즈마 데미지와 수소 침투로 인한 변화를 막기 위한 보호막으로서의 SAM을 조사하였다. SiOx 증착이후에 이동도와 문턱전압이하에서의 기율기 변화를 관찰했다. SAM 처리한 소자에서의 이동도는 6.53 cm^2/Vs 에서 5.24 cm^2/Vs 로 낮아진 반면 SAM처리하지 않은 소자에서는 6.12 cm^2/Vs 에서 4.30 cm^2/Vs 로 상대적으로 많이 감소하였다. SS의 변화 또한 SAM처리한 소자에서는 0.58 V/decade인 반면 SAM 처리하지 않은 소자에서의 SS 변화는 1.1 V/decade이어서 상대

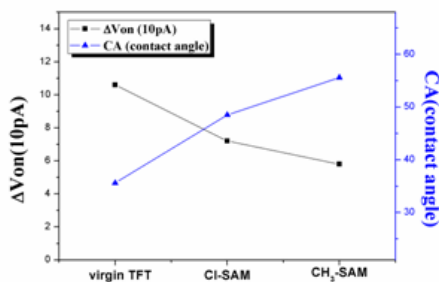
적으로 SAM처리하지 않은 소자의 SS값의 변화가 컸다. 이는 산화물 반도체의 back interface가 플라즈마에 노출되면 이온 bombardment에 의해서 damaged bond가 active내에서 형성될 수 있고 그것들은 또한 defect site가 될 수 있다[4]. 이리하여 damaged bond 때문에 이동도가 감소하고 형성된 defect로 인하여 SS값이 증가하게 되는 것이다. 게다가 산화물 반도체 표면에 형성된 SAM은 ion bombardment 같은 물리적 데미지를 완화할 수 있는 능력을 가지고 있다. 플라즈마 데미지의 효과만을 보기위해서 SAM 형성이후에 TFT에 CF₄ 플라즈마 처리를 하였다. 마찬가지로 SiO_x passivation한 소자의 변화와 매우 유사한 모습을 보여줬다. 이러한 사실로부터, SAM이 ion bombardment와 같은 플라즈마 데미지를 효율적으로 억제할 수 있기 때문에 SAM처리한 소자에서 이동도와 SS 값의 열화를 최소화할 수 있었다.



〈그림 4〉 (a) SiO_x passivation 전후의 이동도와 SS값의 변화 (b) CF₄ 플라즈마처리후의 이동도와 SS값의 변화

2.2.3 용액을 기반으로 한 passivation 전후의 트랜스퍼 특성

용액을 기반으로 한 재료로 passivation을 할 경우, 산화물 반도체의 back interface는 클로로벤젠, 헥산, 아세트나이트릴같은 다양한 유기 용매에 쉽게 노출된다. 여기에서는 폴리메틸메타크릴레이트(PMMA)를 용액기반으로 한 passivation재료로서 선택하였다. PMMA를 TFT위에 스펀코팅하였고 이후에 160도, 20분간 어닐링을 하였다. 빛이 차단된 대기상태에서 TFT의 전압-전류 특성을 측정하였다. PMMA passivation이후에 TFT들 모두 음의 방향으로 Von이 이동하였고 이동한 Von의 양은 SAM 처리한 소자에서 SAM처리하지 않은 소자보다 적었다. CH₃-SAM 처리한 소자에서는 Von이 -0.8 V에서 -6.6 V로 passivation 전후로 이동한 반면 SAM처리하지 않은 소자에서는 passivation 전후로 -2.0 V에서 -12.6 V로 이동했다. 이러한 실험결과는 산화물 반도체 back interface에 형성된 SAM이 PMMA용액에 의한 화학적으로 유도된 변화를 억제한 결과라고 할 수 있다. PMMA의 용매는 클로로벤젠인데 이것은 산화물 반도체 표면에 달라붙어 산화물반도체의 전기적 특성을 변화시킬 수 있다. 특히, 용매 분자들의 유전상수와 Von shift간의 밀접한 관계가 있다[5]. 상대적으로 큰 유전상수를 갖는 분자들은 높은 극성과 전기음성도를 가지고 있기 때문에 상대적으로 낮은 유전상수를 갖는 용매 분자들과 비교해서 산화물 반도체의 back interface 근처에 더 많은 캐리어들을 생성한다. 그것은 높은 극성을 갖는 분자들이 산화물 반도체에 흡착되어 back 채널 표면 근처의 band bending을 유발하기 때문이다. 그러므로 PMMA의 용매인 높은 극성을 갖는 클로로벤젠이 Von shift의 주원인이라고 볼 수 있다.



〈그림 5〉 PMMA passivation 전후의 접촉각과 Von 변화의 관계

Von shift와 SAM사이의 관계를 확인하기 위해서 소수성과 친

수성의 판단 기준인 접촉각(contact angle, CA)을 측정했다. 접촉각이 크면 클수록 표면은 소수성을 더 많이 띠게 된다. 접촉각이 큰 SAM처리한 소자의 표면은 SAM처리하지 않은 소자에서보다 더 소수성을 띤다. 큰 접촉각을 갖는 소자위의 SAM은 더 촘촘하게 형성되었다고 볼 수 있고 이러한 SAM이 형성된 소자의 표면은 좀 더 효율적으로 TFT 특성을 변화시키는 여러 가지 용매 분자들의 흡착을 막아줄 수 있는 것이다. 따라서 그림 5는 접촉각이 클수록 음의 방향으로의 Von의 변화가 적은 이유를 설명하고 있다.

3. 결 론

산화물 반도체 TFT의 passivation layer가 형성될 때 플라즈마 데미지나 화학적으로 유도된 데미지에 대한 산화물 반도체의 보호막으로서 SAM을 조사하였다. TFT가 PECVD SiO_x나 용액을 기반으로 한 재료로 passivation될 때 산화물 반도체의 back interface는 플라즈마 데미지나 화학적으로 유도된 데미지를 피할 수 없다. 하지만 SAM은 plasma 처리동안에 발생하는 ion bombardment에 의한 damaged bond나 defect 형성으로 인해서 발생하는 이동도나 SS등의 TFT 특성 열화를 최소화시켰다 SAM은 용액 기반으로 하는 passivation 공정에 의해 야기되는 화학적으로 유도된 데미지 또한 막아주었다. 게다가 SAM 형성을 위하여 추가로 필요한 포토리소그래픽 공정도 요구되지 않는다. 따라서 SAM은 소자 특성의 신뢰성을 위하여 passivation전에 버퍼 레이어로서 사용될 수 있는 유망한 재료이다.

[참 고 문 헌]

[1] J. S. Park, J. K. Jeong, H. J. Chung, Y. G. Mo, and H. D. Kim: Appl. Phys. Lett. 92(2008)072104
 [2] J. K. Jeong, H. W. Yang, J. H. Jeong, Y. G. Mo, and H. D. Kim: Appl. Phys. Lett. 93(2008)123508
 [3] P. T. Liu, Y. T. Chou, and L. F. Teng: Appl. Phys. Lett. 95(2009)233504
 [4] K. S. Son, T. S. Kim, J. S. Jung, M. K. Ryu, K. B. Park, B. W. Yoo, K. C. Park, J. Y. Kwon, S. Y. Lee, and J. M. Kim: Electrochemical and Solid-State Letters 12(2009)H26
 [5] Y. H. Kim, H. S. Kim, J. I. Han, and S. K. Park: Appl. Phys. Lett. 97(2010)092105