

SiNx의 band gap 차이를 이용한 MIS 소자의 메모리 특성

손혁주, 정성욱, 장경수, 김경해, 이준신
성균관대학교

The characteristics of MIS devices using difference between various band gap of the SiNx

Hyukjoo Son, Sungwook Jung, Kyungsoo Jang, Kyunghae Kim, Junsin Yi
Sungkyunkwan Univ.

Abstract : 이 논문에서는 다양한 SiNx의 band gap을 이용하여 MIS 구조의 메모리 소자를 제작하고 이를 분석하였다. SiNx 박막은 증착 가스비에 따라 다양한 band gap을 가지게 된다. 본 실험에서는 SiH₄ 가스와 NH₃ 가스를 사용하여 SiNx 박막을 증착하였다. n-type 단결정 실리콘 기판위에 다양한 가스비에 따라 단일 SiNx 박막을 증착 및 분석하였고, 이를 이용하여 NNN 구조의 MIS 소자를 제작하였다. 제작된 소자는 4.6 V의 hysteresis roof 폭과 1000 초 후에 84.8 %의 retention 값을 갖는 우수한 메모리 특성을 보였다.

Key Words : SiNx, band gap, NNN, MIS

1. 서 론

반도체 및 전자기기 산업의 급속한 발전과 함께 현대 인들은 더욱 간편하고 기능이 다양하며 고품질과 고도의 휴대성이 요구되는 제품을 원하고 있다. 이러한 요구는 휴대폰을 비롯한 여러 종류의 기기에 사용되는 디스플레이라는 매개체로서 인간의 시각을 통한 전기적 정보의 교환을 가능하게 하며 최근 반도체 및 전자 기기의 급속한 시수 향상에 따라 디스플레이 기술 전반에 대한 관심으로 확대되어 가고 있다[1-3]. 특히 OLED 소자와 결합된 박막 트랜지스터(thin film transistor; TFT)의 연구는 AMOLED 구조에서 낮은 전류밀도로 구동된 화소와 높은 발광효율, 구동전압이 낮다는 장점 및 화소의 커다란 용량 성분으로 인한 시상수 문제를 해결할 수 있다는 측면에서 널리 연구되고 있다. 비휘발성 메모리를 통하여 온도에 따라 변하는 구동 전류, 휘도, color balance에 따른 문제를 해결할 수 있어 AMOLED에 유용하게 사용될 것이다.

2. 실험

본 실험은 n-type 단결정 실리콘 웨이퍼위에 ICP-CDV를 이용하여 다양한 band gap을 가지는 SiNx 박막을 성장시켜, 그 특성을 알아보고자 진행 되어졌다. 다양한 band gap을 가지는 SiNx 박막을 성장시키기 위하여 SiH₄ 가스와 NH₃ 가스의 혼합 비율을 조절하여 실험을 진행하였다. RF Power, 기판 온도, 증착 시간은 고정하였으며 가스비를 가변 하여 실험을 진행하였다. 각 실험 set의 조건은 표 3-1에 나타내었다. SiNx 박막을 증착한 후에

ellipsometer 측정 장비를 사용하여 박막의 두께와 굴절률을 측정하고, UV-Vis Spectrophotometer 측정 장비를 사용하여 광학적 band gap 에너지를 구하였다.

NNN 구조의 소자는 하나의 물질로 메모리 소자를 제작할 수 있기에 많은 장점을 가져오게 된다. 실험 과정에서 가스, 공정온도, RF Power, chamber 등을 바꾸지 않기 때문에 공정 진행시간을 줄일 수 있으며 또한 하나의 물질을 이용하기 때문에 각 박막 층 사이의 결함이 다른 소자에 비하여 적어질 것으로 예상되어진다. 이와 같은 장점을 기대하며 NNN 구조의 MIS 제작을 하였다. 터널 박막 층과 블로킹 박막 층의 SiNx는 약 5.8 eV의 광학적 band gap 에너지를 가지는 박막을 사용하였고, 약 2.8 eV의 광학적 band gap 에너지를 가지는 SiNx 박막은 전하 저장 층에 사용하였다. 터널 박막의 두께에 변화에 따라 전하 저장 정도가 바뀌고 또한 메모리 소자의 programming/erasing retention 특성에 많은 영향을 주기 때문에, 본 실험은 블로킹 박막과 전하 저장 층의 두께를 고정하고 터널 박막의 두께를 가변 하여 실험하였다. 이와 같이 제작되어진 소자는 Capacitance-Voltage(C-V) 측정을 하여 메모리 특성을 분석하기 위하여 블로킹 박막 위에 evaporator 장비를 이용하여 aluminum(Al) dot을 증착하였다. C-V retrace mode로 측정하여 기본 메모리 특성을 분석 하고, bias 인가 후의 flat band voltage(V_{FB}) shift 정도를 측정하여 programming/erasing 특성을 분석 하였으며, 또한 retention 특성을 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 1은 SiH₄와 NH₃의 가스비에 따른 증착률과 굴절률을 보여주는 그래프이다. NH₃의 가스 함량이 감소함에 따라 SiNx 박막의 증착률은 증가하는 반면에 굴절률은 감

소하는 경향을 나타낸다. 이러한 특성을 가지는 SiN_x 박막의 광학적 band gap 에너지를 구하기 위하여 UV-Vis Spectrophotometer 측정 장비를 사용하였다. 낮은 굴절률을 갖는 SiN_x 박막은 상대적으로 큰 band gap을 갖게 되는데, 이번 실험에서 제작된 SiN_x 박막은 약 2.8 eV에서 5.8 eV의 광학적 band gap 에너지를 갖는다[4].

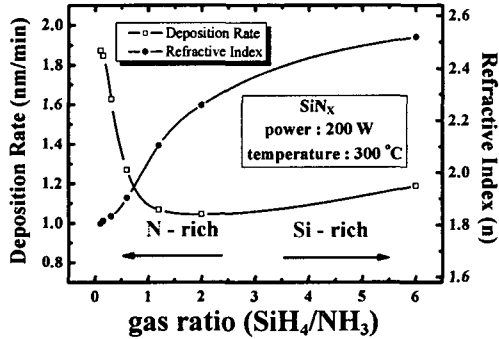


그림 1. 가스비에 따른 SiN_x 박막의 특성

NNN 고조의 소자 제작은 SiN_x 터널 박막의 두께를 3, 4, 5nm로 증착을 하고, 그 위에 SiN_x 전하 저장 층과 SiN_x 블로킹 박막을 증착하여 제작하였다. 그림 2는 각 MIS 소자의 C-V hysteresis 특성을 측정한 것으로, 이것을 통하여 메모리 특성을 살펴 볼 수 있다. 소자 1과 소자 2는 각각 1.7 V와 4.6 V의 hysteresis roof 폭을 갖는다. 이러한 특성을 메모리 소자의 기본적인 특성을 보여주는 것이다. 소자 3의 경우는 hysteresis roof 폭을 갖지 못하는데, 이는 터널 박막의 두께가 너무 두꺼워서 전자나 홀이 Si 기판으로부터 전자 저장 층까지 터널링 작용을 일으키지 못하기 때문인 것으로 사료되어진다. 소자 3은 메모리 소자로 사용이 불가능 하다고 판단되어 소자1과 소자2의 C-V retention 특성을 알아보았다. 1000초 후에 retention 특성을 살펴보면 소자 1은 55.25 %의 값을 가지며, 소자 2는 84.8 %의 값을 가진다. 이는 메모리 소자로서 매우 우수한 특성을 보여주는 것이다. 소자 2의 특성이 가장 우수하기에 그 결과를 그림 3에 나타내었다.

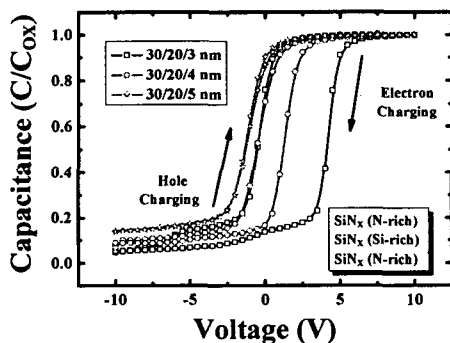


그림 2. NNN 구조의 MIS 소자의 C-V 특성

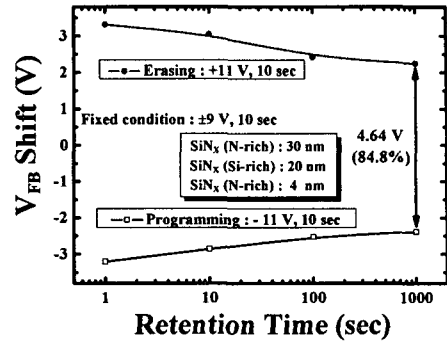


그림 3. NNN 구조의 MIS 소자의 retention 특성

4. 결론

현재 많은 디스플레이 소자 내부에는 패널부와 구동부가 포함되어 있고, 이러한 디스플레이의 화려한 시각적 효과를 위해 내부에는 여러 가지 기능을 하는 반도체 소자들이 자리 잡고 있다. 그 중 전계효과 트랜지스터는 커다란 비중을 차지하고 있다. 최근 많은 디스플레이 관련 기업들은 원가 절감을 위한 노력을 하고 있다. 이와 같은 추세에 맞추어 단순 공정에서의 메모리 소자를 제작을 연구하였다. 선행적으로 증착 가스비 조절을 통한 SiN_x 박막의 광학적 band gap 에너지를 측정하여 이 박막이 2.8 eV에서 5.8 eV의 다양한 band gap을 갖는 조건을 확립하였고, 이를 통해 NNN 구조의 소자를 제작 분석하였다. 하나의 박막을 band gap만을 조절하여 공정 과정을 매우 단순화 시켰고, 단순화된 공정에서 제작된 메모리 소자임에도 불구하고 4.6 V의 hysteresis roof 폭과 1000초 후에 84.8 %의 retention 값을 갖는 우수한 메모리 특성을 보였다.

참고 문헌

- [1] G. Heilmeier, "Liquid crystal displays: An experiment in interdisciplinary research that worked", IEEE Electron Devices 23 7 (1976) 780-785
- [2] B. Lechner, F. Marlowe, E. Nester, J. Tufts, "Liquid crystal matrix displays", Proceedings of the IEEE 59 11 (1971) 1566-1579
- [3] J. Erskine, P. Snopko, "A thin-film-transistor-controlled liquid-crystal numeric display", IEEE Electron Devices 26 5 (1979) 802-806
- [4] H. Hsiao, A. Yang, H. Hwang, "Luminescence and structural properties of silicon-rich nitride by X-ray absorption spectroscopy", Journal of Physics and Chemistry of Solids 69 (2008) 278-283