

GaAs 자연 산화막의 전기적 특성에 미치는 열처리 효과

이주식*, 박용주, 손명호, 김은규, 민석기

한국과학기술연구원 반도체재료연구실, 서울 130-650

염태호

*청주대학교 물리학과, 청주 360-174

1. 서 론

GaAs가 이용되어 질 수 있는 반도체 소자로서는 반도체 레이저 다이오드, 급속-절연층 전계효과 트랜지스터(MISFET), 이중접합 트랜지스터 등이 있으며, 이들 소자들을 제조함에 있어서, 양질의 절연층(insulation layer) 생성은 매우 중요하다.[1]-[2] 절연층으로서의 산화막은 GaAs 자연 산화막(native oxide : Ga_2O_3 , As_2O_3 , $GaAsO_4$ 등)도 사용 가능하다. 특히, Ga_2O_3 은 화학적으로 안정하며, 절연막으로 좋은 특성을 보인다.[3] 최근 양극 산화막이 선택성장을 위한 산화막으로써의 가능성이 보고된바 있다.[4] 본 연구는 양극 산화법으로 형성한 자연 산화막 제조 후 열처리 과정을 통한 기판과의 계면 상태 밀도 변화를 조사하여 전기적인 특성의 향상을 꾀하고자 하였다.

2. 실험

전기적 특성평가를 위한 MOS 구조의 자연 산화막 제조를 위해 사용한 시료는 운반자 농도가 $1.5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 인 n형 (100) GaAs 기판이다. 양극 산화법에서는 먼저 시료 표면에 있는 유기물을 제거하기 위해서 TCE(trichloroethylene), 아세톤 메탄올 그리고 DI water의 순서로 세정하였다. 양극 산화시 사용한 전해질은 GWA 용액으로서 에틸렌 글리콜($HOCH_2CH_2OH$) : 물(H_2O) : 인산(H_3PO_4)을 40 : 20 : 1로 섞은 용액이다. 양극 산화법과 스피터링 방법으로 시료를 제조한 후 수소 분기와 수소 플라즈마 분위기에서 20분 동안 각각 열처리 하였으며, MOS 구조의 C-V 와 I-V 측정을 통해 전기적 특성을 조사하였다. 계면 상태 밀도는 Terman method로 계산하였으며[5], I-V 측정을 통하여 누설 전류를 조사하였다.

3. 결과 및 논의

양극 산화법으로 제조한 시료를 수소 분위기와 플라즈마로 각각 열처리한 후 C-V 값을 측정하였다. 그림 1은 양극 산화법으로 제조한 산화막에 대한 C-V 결과이다. 그림1에서와 같이 300 ℃의 수소 분위기에서 열처리한 시료의 C-V 특성 곡선이 열처리하지 않은 시료에서보다 이상적인 MOS 구조의 C-V 특성 곡선에 가까워 졌음을 볼 수 있었다. 특히 300~400 ℃에서 열처리한 시료의 경우 + 인가 전압 영역에서 C-V 특성 곡선이 이상적인 MOS 구조의 C-V 특성 곡선에 가까워지며, 계면 상태 밀도가 감소하는 것을 보았는데, 이는 수소 분위기에서 열처리시 계면에 존재하던 As의 감소가 가장 유력한 것으로 사료되어 진다. 같은 시료에 대해 200 ℃에서 수소 플라즈마 처리한 경우 C-V 곡선의 갈라진 가로폭(혹은 hysteresis :그림의 ΔX 로 나타냄)의 간격이 좁아짐을 볼 수 있었다. 일반적으로 ΔX 의 원인은 산화막 내의 유동 전하나 계면의 결함등으로 알려져 있는데, 이 경우에는 플라즈마 처리시 기판과 산화막 사이의 계면에 존재하던 As과 관련된 결함이 줄어들었기 때문이라고 사료된다. 한편, 그림2의 (a)(b)는 각각 열처리 전·후에 양극 산화법과 스피터 증착법으로 제조한 두 가지 시료에 대해서 기판과 산화막 사이의 계면상태밀도(density of interface state)를 Terman method로 계산한 것을 보여주고 있다. 열처리 전후의 쇼트키 접촉에 대한 전기적 특성변화로부터 계면에 존재하는 As이 계면상태밀도에 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 즉 자연 산화막은 200 - 400 ℃에서 수소 가스와 플라즈마 열처리 과정을 통해 계면 상태 밀도는 $8 \times 10^{11} \text{ eV}^{-1} \text{ cm}^{-2}$ 에서 $2 \times 10^{11} \text{ eV}^{-1} \text{ cm}^{-2}$ 로 감소하는 경향을 보였다. 즉 양극 산

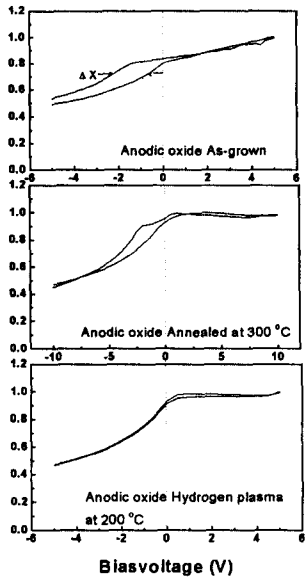


그림 1. 양극산화법으로 형성시킨 GaAs 자연산화막의 C-V 특성곡선

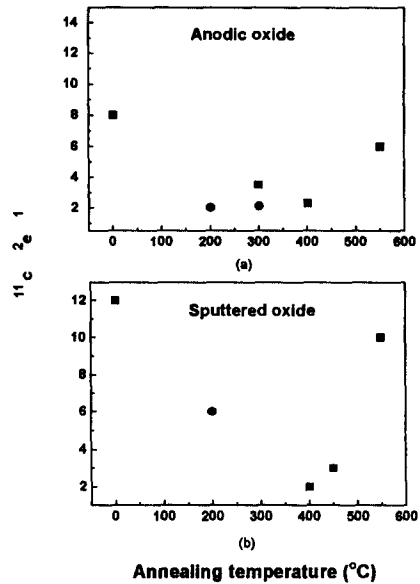


그림 2. 열처리 온도에 따른 계면 상태밀도. 여기서 (■) 는 H₂ gas 분위기에서 (●) 는 Hydrogen plasma 분위기에서 열처리 한 경우이다.

화법으로 제조한 시료의 경우 스피터 증착법에 의한 갈륨 산화막에 비해 낮은 온도에서 수소 플라즈마 처리를 통해 계면 상태밀도가 낮아지는데, 이는 플라즈마 처리시 계면에 존재하던 결함이 효과적으로 줄어들었기 때문이라고 사료된다. 한편 -3V에서 측정된 I-V 곡선으로부터 누설 전류 밀도는 $2 \times 10^{-4} \text{Acm}^{-2}$ 에서 $3 \times 10^{-8} \text{Acm}^{-2}$ 으로 감소하는 경향을 보였다.

4. 결 론

본 연구에서는 양극 산화법으로 n형(100) GaAs 기판위에 자연 산화막을 제조하여 수소 분위기에서 열처리한 후 자연 산화막의 전기적인 특성을 연구하였다. C-V와 I-V의 측정을 통해 시료의 전기적인 특성을 조사하여 MOS 구조로서의 응용 가능성을 검토하였다. 실험결과 계면 상태밀도와 누설 전류밀도는 수소 분위기 열처리와 수소 플라즈마 분위기의 열처리를 통해 감소되는 것으로 나타났다. 즉, n형(100) GaAs 기판위의 자연 산화막을 낮은 온도에서 수소 분위기 열처리 혹은 수소 플라즈마 열처리를 함으로써 MOS 소자로서의 실현 가능성이 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

- [1] E. I. Chen, N. Holonyak, Jr., and S.A. Maranowski, Appl. Phys. Lett. **66**(20), 2688 (1995).
- [2] D.L. Huffaker, D.G. Deppe, and Kumar, Appl. Phys. Lett. **65**(1), 97 (1994).
- [3] H. Hasegawa and H. I. Hartnagel, J. Electrochem. Soc. **123**, 713 (1976)
- [4] Y.J. Jang, Y.J. Park, C.K. Hahn, K.M. Kim, C.S. Oh, E.K. Kim, S-K. Min, Ungyoung Mulli **10**(6) 613 (1997)
- [5] L. M. Terman Solid-State Electron **5**, 285 (1962)

감사의 글

본 연구는 KIST-2000 과제 및 전북대 SPRC의 지원을 받아 이루어 졌습니다.