

표면처리된 InP(100)기판위에 MOCVD법으로 성장된 TiO₂ 박막의 물성

손맹호*, 김은규, 민석기, 한영기*, 염상섭*

한국과학기술연구원 반도체재료연구센터, 서울 130-650

*한국과학기술연구원 정보전자연구부, 서울 130-650

*경기대학교 물리학과, 수원 440-760

고유전율의 절연박막은 memory cell capacitor의 체적을 줄일 수 있어서 고집적도의 반도체 소자응용에 관심을 가지고 있는데, 특히 TiO₂는 rutile구조에서 높은 유전상수(ϵ_{\parallel} 170, ϵ_{\perp} 89)를 가지며, 굴절률이 크고 가시광영역에서 좋은 광투과도를 나타내며, 화학적안정도가 높아 전기광학적 소자의 응용이 기대되고 있다. 따라서, 박막성장에 대한 연구와 함께 구조 및 물성에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다[1,2]. 최근, 저압 MOCVD법으로 저온에서 실리콘기판위에 TiO₂를 증착한 MIS구조에서 전기광학적특성이 우수한 연구결과가 보고되었다[2]. 한편, GaAs와 InP와 같은 III-V족 화합물반도체에 대한 고유전체박막의 연구는 불활성 기억소자등에의 응용이 기대된다. 그러나, III-V족 화합물반도체는 비교적 저온에서도 산화 및 열적해리가 쉽게 일어나기 때문에 CVD법에 의한 TiO₂ 성장이 어려운 실정이다. 따라서, 기판표면의 산화방지를 위한 표면처리 및 저온 박막성장에 대한 연구가 요구된다.

본 연구에서는 n형 InP(100) 반도체기판을 (NH₄)₂S_x 용액내에서 anodizing법으로 황처리를 한 후 MOCVD법으로 TiO₂ 유전박막을 증착하여 물성을 조사하고 MIS구조의 절연게이트로서의 응용가능성을 조사하였다. Anodizing법에 의한 표면황처리는 20 mA/cm²의 전류밀도로 15분간 수행하였으며, 황처리된 시료의 AES depth-profile결과 표면에서부터 약 25 Å 깊이까지 황이온이 침투되었음을 확인할 수 있었다. 이와 같이 표면을 황처리한 InP기판위에 MOCVD법으로 TiO₂ 박막을 성장하였는데, 성장원료로는 titanium isopropoxide [Ti(OC₃H₇)₄]와 산소개스를 이용하였다. 성장온도는 300 °C에서 450 °C까지 변화시켜 약 70 Å/min의 성장율로 30분간 성장시켰다. 성장된 박막에 대해 ellipsometer에 의한 굴절률 및 두께의 측정과 SEM 및 x-ray 회절패턴으로 구조를 분석하였다. 한편, Al 전극을 증착한 Al/TiO₂/n-InP MIS구조소자에 대한 상온에서의 I-V 및 C-V측정을 통한 전기적특성을 조사하였다.

황처리된 InP(100)기판위에 성장된 TiO₂박막의 굴절률은 2.0-2.3으로 나타나 이미보고된 값(n=2.0-2.4)과 유사하였으며[3], AES depth-profile로 부터 성장시 기판과의 계면반응은 나타나지 않았다. 한편, 성장된 TiO₂ 박막에 대한 x-ray회절실험에서 400 °C이상의 성장온도에서는 rutile구조의 (110)와 (220)가 주된 신호로 관측되어 [110]방향성을 갖는 TiO₂ 결정상이 형성되었음을 알 수 있었다(그림 1). 또한, 이 시료에 대한 SEM측정에서도 고밀도의 columnar구조가 관측되어 결정상의 형성을 확인할 수 있었다. 이 결과는 기판의 표면처리없이 저온에서 성장된 박막에 대한 850 °C에서의 급속열처리후에 나타나는 anatase구조의 형성[3]과는 다른 모습을 보였다. 따라서, 기판표면의 황처리는 TiO₂ 박막 성장초기 산소개스에 의한 기판표면의 산화막형성을 억제시킴으로써 나타나는 효과로 생각된다. 또한, MIS구조시료에 대한 C-V측정에서 rutile 구조를 나타

내는 TiO_2 박막의 유전상수는 약 90으로 높게 나타났으며, InP와의 계면에서의 계면상태밀도는 에너지금지대내의 중앙위치에서 약 $10^{11} \text{ eV}^{-1}\text{cm}^{-2}$ 정도로 나타났다. 이 시료에 대한 I-V특성은 -5 V의 역바이어스 전압하에서 10^{-5} A/cm^2 의 누설전류밀도를 보이며 비교적 양호한 MIS특성을 보였다.

본 연구결과, 반도체기판 표면을 황처리함으로써 MOCVD장치로 rutile [110]의 방향성을 가지고 유전상수가 약 90인 고유전체 TiO_2 박막을 저온에서 InP(100)기판위에 성장시킬 수 있었으며, MIS 구조나 MISFET구조소자 제작에서 TiO_2 유전체박막이 활용될 수 있음을 보였다. 또한, 산화층형성이 비교적 쉽게 나타나는 III-V족 반도체의 표면을 황처리함으로써 박막의 성장초기에 반도체표면의 산화층형성을 억제시킴으로써 유전체박막의 결정성을 향상시킬 수 있음을 보였다.

<참고문헌>

- [1] D.H. Lee, Y.S. Cho, W.I. Yi, T.S. Kim, J.K. Lee, and H.J. Jung, *Appl. Phys. Lett.* **66**, 815 (1995).
- [2] T.W. Kim, M. Jung, H.J. Kim, T.H. Park, Y.S. Yoon, W.N. Kang, S.S. Yom, and H.K. Na, *Appl. Phys. Lett.* **64**, 1407 (1994).
- [3] E.K. Kim, M.H. Son, S-K. Min, Y.K. Han, C.H. Wang, and S.S. Yom, submitted to *J. Appl. Phys.*

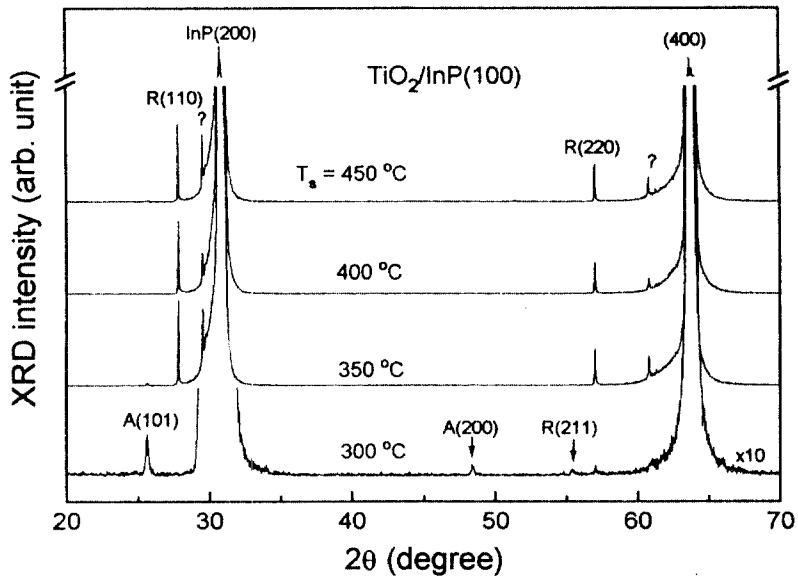


Fig. 1 The x-ray diffraction patterns of TiO_2 thin films grown at temperature range from 300 to 450 °C on InP(100) substrates with sulfur treatment.