

다결정 3C-SiC 박막의 라만 특성

정준호, 정귀상
울산대학교

Raman Characteristics of Polycrystalline 3C-SiC Thin Films

Junho Jeong, Gwi-Sang Chung
Univ. of Ulsan

Abstract : Raman spectra of poly (polycrystalline) 3C-SiC thin films, which were deposited on the oxidized Si substrate by APCVD, have been measured. They were used to study the mechanical characteristics of poly 3C-SiC grown in various temperatures. TO and LO modes of 2.0 μm poly 3C-SiC grown at 1180 C occurred at 794.4 and 965.7 cm^{-1} . Their FWHMs (full width half maximum) were used to investigate the stress and the disorder of 3C-SiC. The broad FWHM can explain that the crystallinity of 3C-SiC grown at 1180 C becomes polycrystalline instead of the disordered crystal. The ratio of intensity $I_{(\text{LO})}/I_{(\text{TO})}$ 1.0 means that the crystal defect of 3C-SiC/SiO₂/Si is small. The biaxial stress of poly 3C-SiC was obtained as 428 MPa. In the interface of 3C-SiC/SiO₂, the phonon mode of C-O bonding appeared at 1122.6 cm^{-1} . The phonon modes related to D and G bands of C-C bonding were measured at 1355.8 and 1596.8 cm^{-1} respectively.

Key Words : SiC, Raman, M/NEMS

1. 서 론

Wide Bandgap를 가지고 있는 SiC는 Breakdown field, 고효율 열전도성 그리고 화학적 안정성의 특성을 가지고 있기 때문에 고온 고압 MEMS 응용에 뛰어난 재료로 이용되고 있다. 하지만 MEMS, Optoelectronic Device 및 FETs (Field-Effect Transistors)의 제작에 있어서 고온에서 성장한 SiC가 실온으로 냉각될 때에 격자상수 및 열팽창계수의 차이 때문에 SiC/Si 계면에서 강한 Stress를 받아서 SiC 박막을 성장시키기가 어렵다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 SiO₂로 완충층을 사용할 경우, 단결정 3C-SiC를 성장하는 온도보다 낮은 온도에서 쉽게 다결정 3C-SiC를 성장시킬 수 있을 뿐만 아니라 SiO₂를 쉽게 식각 할 수 있는 장점이 있다.

따라서, 본 연구에서는 Raman 산란으로부터 3C-SiC의 LO와 TO 모드를 분석하여 3C-SiC의 결정성장 형태와 SiO₂ 위에 성장한 3C-SiC의 스트레스와 3C-SiC의 결정 Disorder가 있는지를 분석 및 평가하였다.

2. 실험

본 연구에서는 APCVD를 사용하여 약 800 nm의 SiO₂가 있는 Si(100) 기판 위에 다결정 3C-SiC 박막을 성장을 시켰다. 여기서 주입되는 가스들은 반응관의 중심에 있는 SiC가 코팅된 기판위에 산화막이 있는 Si 기판과 평행하게 흘러보냈다. 본 연구에서는 1100 °C에서 얻은 최적의 3C-SiC 성장 조건인 기체 흐름의 비 HMDS (Si₂(C H₃)₆) 8 sccm와 H₂ 100 sccm를 이용하여 다결정 3C-SiC를 성장시켰다. 이때 성장된 3C-SiC의 격자 평면은 (111)이라는 것은 XRD 측정으로 얻었다 [1].

3. 결과 및 고찰

그림 1는 Raman Spectra 영역을 200 에서 2000 cm^{-1} 까지 확장하여 측정한 결과이다. 온도별로 Raman를 측정했을 때 1000 °C에 성장한 3C-SiC의 TO와 LO 포는 모드는 나타나지 않았고, 1180 °C와 1200 °C인 경우에는 LO와 TO 모드가 나타났지만 Intensity가 약해서 정확한 LO와 TO 모드를 구별하기가 어렵다. 그 이유는 Si 기판의 광학 포는 모드가 3C-SiC의 LO와 TO 모드보다 상대적으로 매우 크므로 Intensity가 약하게 나타났다. 그러나, SiC의 두께가 상대적으로 Si의 두께보다 매우 얇은 0.4 μm 이기 때문에 LO와 TO 모드가 797.6 cm^{-1} 와 965.7 cm^{-1} 에서 넓게 퍼져있다. 이것은 Raman Peak이 아주 약하게 나타나고 정량적인 Raman Peak와 Stress를 얻기 위해서는 최소한 2.0 μm 의 두께가 요구된다는 것을 알 수가 있다[2,3]. 그러나, 여기서 TO와 LO 모드가 넓게 퍼져있다고 3C-SiC가 결정성이 비정질이라고는 말할 수는 없을 것이다. 왜냐하면 온도에 따라 XRD 산란각의 Intensity와 FWHM (반치폭)이 매우 좁게 이동하는 것으로 보아서 3C-SiC의 얇은 두께 때문에 적은 Phonon Concentration에 의한 Intensity 감소로 이러한 현상이 나타난다고 볼 수 있다.

그림1에서 SiC 포는 모드가 아닌 1358.9 cm^{-1} 과 1596.8 cm^{-1} 의 Raman Peak가 측정되었다. 1000 °C에서는 Activated Charcoal과 같은 Carbon 혼합이 있는 것 같이 보인다 [4]. 그러나 1100 °C와 1200 °C에서는 Graphite Raman Peak들인 1355 cm^{-1} 과 1575 cm^{-1} 과는 다른 영역에서 나타났다. 하지만 여기서 G Band의 Raman Peak 영역이 1580 cm^{-1} 에서 1600 cm^{-1} 것과 D Band의 Intensity가 G Band의 Intensity가 큰 것은 Nanoparticle Graphite와 혼합되어 있다고 사료된다. 그리

고 이 값들은 SWNT (Single-Wall Carbon Nanotube)/SiO₂/Si의 Raman Peak에서 Backscattering Geometry로 측정된 1592 cm⁻¹과 거의 일치한다 [5].

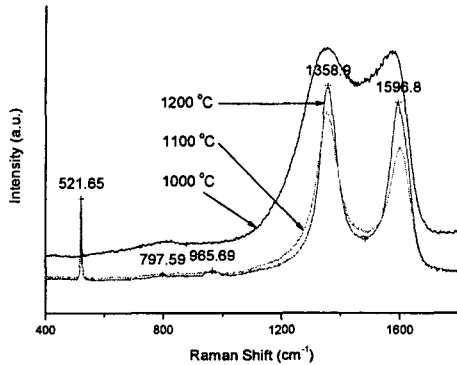


그림 1. 성장온도에 따른 poly 3C-SiC 박막의 Raman Spectra 변화.

Poly 3C-SiC의 박막 두께를 2.0 μm를 성장시킨 후 Raman Spectra를 분석했으며, 이때 측정 Configuration은 $\bar{X}(ZZ)X$ 이다. 여기서 3C-SiC(111)의 평면은 X 방향과 수직이다. 그림 2은 참조 [2]과 [3]에서 언급한 것처럼 그림 1에서 보는 것과는 달리 3C-SiC의 TO와 LO 모드가 뚜렷하게 나타났다. 이것은 3C-SiC의 Raman Spectra를 측정하기 위해서는 최소한 2.0 μm 정도는 되어야 한다는 것을 보여주고 있다.

그림 2에서의 LO 모드 Peak 값은 967.3 cm⁻¹로 단결정 3C-SiC의 LO 모드 Peak 값 (972 cm⁻¹) 보다 5 cm⁻¹ 정도 작게 나타났다. 그것은 스트레스가 증가함을 설명한다. TO 모드 Peak는 794.4 cm⁻¹로 이것은 단결정의 TO 모드 Peak (796 cm⁻¹)으로부터 1.4 cm⁻¹ 이동한 것을 알 수 있고, 이 값으로부터 Biaxial Stress는 $\sigma = 428$ MPa을 얻을 수가 있었다 [6]. 그리고 그림 2에서 FWHM이 20 cm⁻¹ 정도이므로 다결정 3C-SiC의 특성을 잘 설명하여 주고 있다.

그리고 다른 Raman Peak이 나타났는데 SiC/SiO₂의 계면에서 결합할 수 있는 경우의 수가 하나가 더 있는데 그것은 C-O 결합이며 이것의 포논 모드는 1122.6 cm⁻¹이다. 따라서 그림 2로부터 SiC/SiO₂/Si Raman Shift의 계수가 명확히 설명할 수 있게 되었고, SiC/SiO₂/Si는 Si-Si, Si-C, C-O, C-C 결합들이 존재한다는 것을 알 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 성장온도에 따라 3C-SiC를 SiO₂/Si 위에 성장시켜 Raman Spectra를 측정했을 때, C-C 결합에 대한 D와 G Band의 Raman Peak가 1180 °C에서 2.0 μm 두께로 성장된 3C-SiC에서 1355.8 cm⁻¹과 1596.8 cm⁻¹가 나타났다. 그리고 C-O 결합이 발생했는데 이것에

대해서 SiC/SiO₂/Si에서 얻은 Raman Peak와 SiC/SiO₂와 SiO₂/Si의 계면에 대한 물리적 설명이 필요하다.

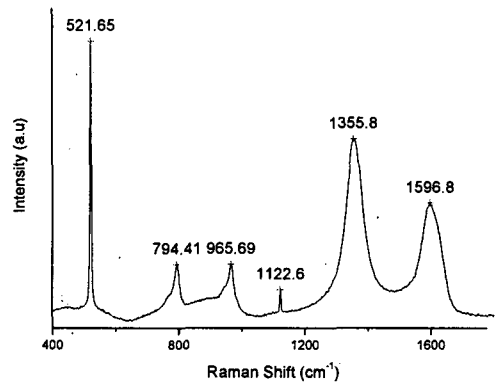


그림 2. 1180 °C에서 2.0 μm 두께를 갖는 poly 3C-SiC의 Raman Spectra.

감사의 글

본 연구는 산업자원부의 지역혁신인력양성사업인 Post-BK21지원으로 연구결과를 수행했습니다.

참고 문헌

- [1] Kang-San Kim, Junho Jeong, and Gwi-Yang Chung, "Characteristics of polycrystalline 3C-SiC thin films grown by single precursor hexamethyldisilane for micro/nano-electromechanical systems", To be submitted.
- [2] Gilberto Vitor Zaia, Technischen University, Ph.D. Thesis, p. 33, 2002.
- [3] Z. C. Feng, J. Mascarenhas, W. J. Choyke, and J. A. Powell, "Raman scattering studies of chemical vapor deposited cubic SiC films of (100) Si", J. Appl. Phys. Vol. 64, p. 3176, 1988.
- [4] F. Tuinstra and J. L. Koenig, "Raman spectrum of graphite", J. Chem. Phys. Vol. 53, p. 1126, 1970.
- [5] A. C. Ferrari and J. Robertson, "Interpretation of Raman Spectra of disordered and amorphous carbon", Phys. Rev. B, Vol 61, p. 14095, 2000.
- [6] W.L. Zhu, J.L. Zhu, S. Nishino, and G. Pezzotti, "Spatially resolved Raman spectroscopy evaluation of residual stresses in 3C-SiC layer deposited on Si substrates with different crystallographic orientations", Appl. Surf. Sci., vol. 252, p. 2346, 2006.