

AlN 완충층을 이용한 다결정 3C-SiC 박막의 결정성장

김강산, 정귀상
울산대학교

Crystal growth of polycrystalline 3C-SiC thin films on AlN buffer layer

Kang-San Kim, Gwi-Sang Chung
Univ. of Ulsan

Abstract : This paper describes the characteristics of poly (polycrystalline) 3C-SiC grown on SiO₂ and AlN substrates, respectively. The crystalline quality of poly 3C-SiC was improved from resulting in decrease of FWHM (full width half maximum) of XRD by increasing the growth temperature. The minimum growth temperature of poly 3C-SiC was 1100°C. The surface chemical composition and the electron mobility of poly 3C-SiC grown on each substrate were investigated by XPS and Hall Effect, respectively. The chemical compositions of surface of poly 3C-SiC films grown on SiO₂ and AlN were not different. However, their electron mobilities were 7.65 cm²/V.s and 14.8 cm²/V.s, respectively. Therefore, since the electron mobility of poly 3C-SiC films grown on AlN buffer layer was two times higher than that of 3C-SiC/SiO₂, a AlN film is a suitable material, as buffer layer, for the growth of poly 3C-SiC thin films with excellent properties for M/NEMS applications.

Key Words : Polycrystalline 3C-SiC, M/NEMS, CVD, AlN

1. 서 론

최근 급속히 발전하고 있는 Si-M/NEMS (Micro/nano electro mechanical system)는 Si의 1.1 eV의 낮은 밴드갭으로 인해 100°C 전후 그리고 SOS (Si-on-Sapphire)와 SOI (Si-on- Insulator) 구조의 경우는 300°C까지 사용이 가능하지만, 집적화된 M/NEMS의 높은 발열문제를 극복하기에는 그 한계가 있다[1]. 이러한 Si-M/NEMS의 문제점을 극복할 수 있는 대안으로 우수한 물리적, 전기적, 기계적, 화학적, 광학적 특성뿐만 아니라 Si 미세표면가공기술을 이용할 수 있는 SiC-M/NEMS에 대한 관심이 증대되고 있다. SiC는 Si에 비해 밴드갭이 2~3배 이상 높고 열전도도가 3배 가량 뛰어나 높은 한계 온도를 가지며 화학적 안정성과 내부식성, 내산화성이 매우 양호하기 때문에 극한 환경에서도 사용이 가능하다. 특히, 3C-SiC는 벌크형태로 성장되는 4H, 6H와는 달리, 이종결정성장의 구조적 특징으로 인해 M/NEMS 적용에 용이하다.

일반적으로, SiO₂가 전기적 절연과 쉬운 식각 특성으로 인해 SiC의 성장을 위한 기판으로 많이 사용되었지만, 최근 여러 반도체 물질 중에서도 AlN이 고품질의 SiC 성장을 위한 기판으로의 관심이 증대되고 있다. AlN은 육방형의 구조이지만, SiC와의 격자부정합의 차이가 약 1 %밖에 나지 않기 때문에 SiC와 Si의 격자부정합에 의해 발생하는 스트레스를 크게 줄일 수 있다. 또한, AlN은 높은 열전도도, 넓은 밴드갭 (6.2 eV)에 의한 절연특성, 그리고 SAW (Surface acoustic wave) 필터로 제작될 정도로 주파수의 특성이 좋기 때문에 높은 Young's modulus, 물리적, 기계적 그리고 화학적 안정성을 가지는 SiC와 다층으로 결합하게 되면 나노공진기, 캔틸레버 그리고 바이오 및 RF-M/NEMS 관련 특성이 향상될 것으로 기대된다.

따라서, 본 연구에서는 SiO₂와 AlN 버퍼층에 SiC 박막

을 각각 이종결정성장하여 물리적, 전기적 특성을 분석 및 평가했다.

2. 실험

본 연구에서는 동일한 성장조건을 위해 SiO₂와 AlN이 성장된 Si기판을 각각 동시에 로딩해서 다결정 3C-SiC를 이종결정성장했다. 메인 캐리어가스로 10 slm의 Ar이 사용되었고, HMDS의 반응성을 높이기 위해 고순도 H₂가 주입되었다.

반응관의 초기화를 위해 Ar purging을 3회 수행 후, 30분 동안 1000 ~ 1200 °C에서 100 °C단위로 온도별 성장을 수행했다. 성장된 다결정 3C-SiC의 성장온도와 기판에 따른 결정성과 결합구조는 XRD (X-ray diffraction)로 분석했고 박막표면의 원소성분 분석은 XPS (X-ray photoelectron spectroscopy), 그리고 전기적 특성은 Hall 측정을 통해 분석했다.

3. 결과 및 검토

그림 1(a)와 (b)는 SiO₂와 AlN 버퍼층위에 각각 성장된 다결정 3C-SiC의 XRD 스펙트럼이다. 1(a)는 약 36°에서 SiC (111)면의 피크가 관측되었고, 60° 근처에서 SiC (220), 72° 근처에서 SiC (311) 면이 각각 관측되었다. SiC (111) 이외의 SiC 결정피크로 인해 다결정 3C-SiC가 성장되었음을 확인했고, SiC (111)방향으로 highly-orient되었다. 그림 1(b)에서도 SiC 고유의 피크가 관측되었으며 특히 1100 °C와 1200 °C에서 SiC (111)이외의 결정방향들의 intensity가 그림 1(a)의 경우보다 크기 때문에 상대적으로 다결정 성향이 강함을 알 수 있다. 반면, 1000 °C에서는 SiC 피크가 관측되지 않아 AlN 버퍼층에 SiC 성장을 위한 최소온도는 1100 °C임을 확인하였다.

또한, 반치폭은 1100 °C와 1200 °C에서 그림 1(a)에서는

1.21와 0.74 그리고 그림 1(b)에서는 1.01, 0.92로 각각 측정되었으며 반치폭의 감소를 통해 성장온도가 증가할수록 결정성이 향상됨을 확인했다.

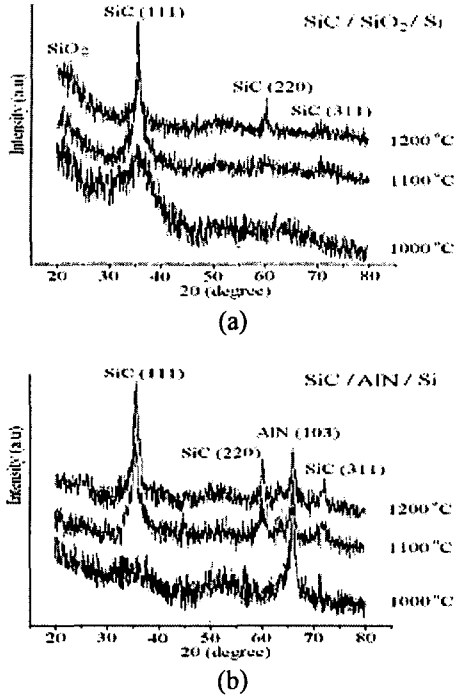


그림 1. 성장온도에 (a) SiO₂와 (b) AlN 버퍼층에 각각 성장된 다결정 3C-SiC 박막의 XRD 스펙트라.

본 연구에서는 SiO₂와 AlN 버퍼층에 각각 성장된 다결정 3C-SiC의 화학조성을 분석하기 위해 XPS분석을 수행했다. SiC의 성장 조건은 HMDS는 1 sccm, 온도는 1200 °C이고 성장시간은 30분이었다. 각각의 버퍼층에 성장된 다결정 3C-SiC의 표면스캔을 통해 Si, C, O의 광전자 방출 피크를 측정했다. O (1s)의 광전자 방출 피크는 짧은 Ar 이온 에칭을 통해 급격히 감소했다. 그림 2는 1200 °C에서 성장된 SiC의 Si(2p) C(1s)의 광전자 방출 스펙트라를 보여준다.

100.5 eV와 283.5 eV에 위치한 Si(2p)와 C(1s) 피크는 3C-SiC에 대해 이전에 보고된 내용과 일치한다[2]. 피크의 위치와 모양이 기판에 따른 차이가 없었기 때문에 AlN 버퍼층에서도 3C-SiC 박막이 정상적으로 성장되었음을 의미한다.

전기적 특성을 분석하기 위해 Hall effect measurement system (HEM-2000)으로 각각의 버퍼층에 성장된 다결정 3C-SiC박막의 전자 이동도 측정하였다. 스퍼터링으로 자연 산화막이 제거된 SiC 표면에 4개의 1 mm원형 Al 전극을 증착한 다음, 400 °C에서 20분간 진공열처리 후 측정했다.

AlN과 SiO₂ 버퍼층위에 각각 성장된 다결정 3C-SiC 박막의 전극 증착조건과 열처리조건을 동일하게 유지하기 위해 시편을 동시에 로딩했다. 상온에서 측정된 결과, SiO₂에 성장된 SiC의 전자이동도는 7 cm²/V.s 이며 AlN 에 성장된 SiC의 전자이동도는 14.8 cm²/V.s였다. 이것은 AlN

과 3C-SiC간의 격자부정합이 SiO₂와 3C-SiC의 격자부정합보다 월등히 작기 때문에 3C-SiC 박막의 결정성과 결합 구조가 향상되고, 그로 인해 전기적 특성이 양호해진 것으로 사료된다.

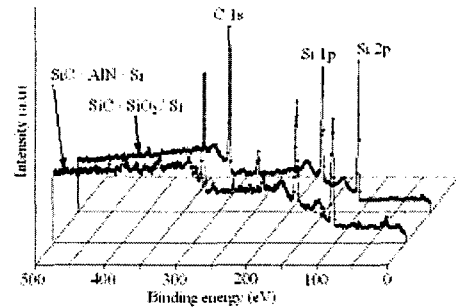


그림 2. SiO₂와 AlN 버퍼층위에 각각 성장된 다결정 3C-SiC 박막의 XPS 스펙트라.

4. 결론

본 논문은 다결정 3-SiC를 SiO₂와 AlN 버퍼층위에 각각 APCVD로 성장하여 물리적, 전기적 특성을 분석했다. XRD로 각 버퍼층에 성장된 3C-SiC의 결정성을 온도별로 분석했다. 성장을 위한 최소온도는 1100°C였고, 성장온도가 증가할수록 결정성이 향상되었으며, XPS 분석을 통해 버퍼층에 따른 SiC 박막의 화학 조성 차이가 없음을 확인했다. 전기적 분석인 Hall 측정을 통해 SiC의 전자이동도를 각각의 버퍼층에 따라 분석했다. 동일한 조건에서 성장과 분석이 수행되었지만, AlN에 성장된 SiC의 전자이동도는 14.8 cm²/V.s으로써 SiO₂에 성장된 SiC의 전자이동도인 7 cm²/V.s보다 2배정도 높은 이동도를 보였다.

이러한 결과는 SiC와 AlN간의 격자부정합의 감소로 인해 전기적 특성이 향상된 것으로 사료된다. 따라서, AlN 박막은 SiO₂를 대신해 양질의 다결정 3C-SiC 성장을 위한 버퍼층으로사용이 가능하며 AlN의 높은 열전도도와 밴드 갭으로 인해 각종 SiC-M/NEMS분야에 응용 가능할 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부의 지역혁신인력양성사업으로 수행되었습니다.

참고 문헌

- [1] G. S. Chung, J. Korean Sensors Soc. Vol. 15, p. 386, 2006.
- [2] A. Gupta, D. Paramanik, S. Varma, and C. Jacob, Bull. Mater. Sci. Vol. 27, p. 445, 2004.