

화학기상증착법으로 성장시킨 단결정 6H-SiC 동종박막의 성장 특성

장성주, 실문학

동신대학교 물리학과, 나주, 520-714

(1999년 9월 2일 접수)

Growth characteristics of single-crystalline 6H-SiC homoepitaxial layers grown by a thermal CVD

Seong-Joo Jang and Woon-Hag Seol

Department of Physics, Dongshin University, Naju 520-714, Korea

(Received September 2, 1999)

요 약 Silicon carbide(SiC)는 뛰어난 전기적, 열적, 물리적 특성 때문에 내환경 전자소자용 반도체 재료로 널리 연구되고 있다. 본 연구에서는 화학기상증착법으로 단결정 6H-SiC 동종박막을 성장시키고 이의 성장 특성을 조사하였다. 특히, 폴리브덴(Mo)-plate를 이용하여 SiC를 코팅하지 않은 graphite susceptor를 사용한 6H-SiC 동종박막 성장조건을 성공적으로 얻었다. 대기압 상태의 RF-유도가열식 챔버에서 CVD 성장을 수행하였고, $\langle 11\bar{2}0 \rangle$ 방향으로 3.5° off-axis된 기판을 사용하였다. 성장 박막의 결정성을 평가하기 위하여 Nomarski 관찰, 투과율 측정, 라만 분광, XRD, 광발광(PL) 분광, 투과전자현미경(TEM) 측정 등의 방법을 이용하였다. 이상과 같은 실험을 통하여, 본 연구에서는 성장온도 1500°C , C/Si flow ratio 2.0(C_3H_8 0.2 sccm, SiH_4 0.3 sccm)인 성장조건에서 결정성이 가장 좋은 6H-SiC 동종박막을 얻을 수 있었다.

Abstract As a semiconductor material for electronic devices operated under extreme environmental conditions, silicon carbides (SiCs) have been intensively studied because of their excellent electrical, thermal and other physical properties. The growth characteristics of single-crystalline 6H-SiC homoepitaxial layers grown by a thermal chemical vapor deposition (CVD) were investigated. Especially, the successful growth condition of 6H-SiC homoepitaxial layers using a SiC-uncoated graphite susceptor that utilized Mo-plates was obtained. The CVD growth was performed in an RF-induction heated atmospheric pressure chamber and carried out using off-oriented (3.5° tilt) substrates from the (0001) basal plane in the $\langle 110 \rangle$ direction with the Si-face side of the wafer. In order to investigate the crystallinity of grown epilayers, Nomarski optical microscopy, transmittance spectra, Raman spectroscopy, XRD, photoluminescence (PL) and transmission electron microscopy (TEM) were utilized. The best quality of 6H-SiC homoepitaxial layers was observed in conditions of growth temperature 1500°C and C/Si flow ratio 2.0 of C_3H_8 0.2 sccm & SiH_4 0.3 sccm.

1. 서 론

오늘날 전자공학의 기간이 된 Si 반도체는 자원이 풍부하고 산화막이 안정하여 고품질의 산화막을 얻을 수 있는 점 등이 강점이다. 그럼에도 불구하고 Si를 이용한 소자, 특히 power 소자 분야에 있어서는 Si이 갖고 있는 물성의 제한으로 인하여 그 성능이 이론적 한계에 이르르고 있다. 고효율 소자가 요구되는 교류-직류 전력변환, 전철, 전기자동차 등의 분야나 우주탐사, 지저탐사, 자동차 engine 주변 등의 고온환경, 우주 또는 원자로 주변 등의 방사선

환경 및 초고전류·전압 등의 첨단기술 분야에서는 보다 더 고효율, 저손실, 고주파 특성을 달성하기 위한 새로운 재료개발에 대한 기대가 높아지고 있으며, 종래보다 더욱 가혹한 환경(초환경)에 적합한 첨단적인 차세대 반도체 소자의 실현이 강하게 요구되고 있다.

SiC(Silicon Carbide)는 우수한 물성을 갖고 있는 wide-gap 반도체로서, 각종 가능성 있는 재료들의 목적에의 적합도 및 성능지표 등을 비교해 볼 때, 이상의 요구에 부응할 수 있는 가장 실현성이 높은 재료로 주목되고 있다. SiC는 high temperature, high power, high radiation field

등에 요구되는 active 소자나 blue LED(light emitting diode) 소자의 응용에 적합한 매력적인 반도체 재료로서 많은 관심을 끌어왔고 또한 끊임없는 연구가 계속되어 왔다[1-9]. SiC는 Si, C 원자의 단위층이 최밀충진구조로 이루어지게 되는데, 이 때 원자 적층순서(stack order)의 주기적인 틀림으로 인하여 다양한 polytype을 갖게 된다. 다수의 polytype 가운데 비교적 발생확률이 큰 것으로는 저온 안정한 3C-SiC와 고온 안정한 6H-SiC가 있으며, 6H-SiC 경우는 적층구조가 ABCACB와 같은 주기로 Si-C의 원자층이 여섯층씩 주기적으로 적층되고 한 주기 unit-cell의 크기는 15 \AA 정도이다. SiC는 polytype에 따라 energy bandgap이 $2.2\sim 3.3 \text{ eV}$ 정도로 넓고, breakdown field가 $5 \times 10^6 \text{ V/cm}$, 열전도도가 5 W/cmK 정도, 그리고 saturated drift velocity가 $2.5 \times 10^7 \text{ cm/s}$ 정도로서, 이러한 물성이 GaAs나 Si에 비해 대단히 우수하며 특히 열적·화학적 안정성이 매우 뛰어나서 고온·고속·고용량·내환경용 전소자의 제작에 유리하다. SiC를 이용한 전자소자의 경우, 동작온도가 이론적으로 가능한 650°C 에는 미치지 못하나, Cree, GE, Westinghouse 등의 산업체에서 350°C 정도의 고온에서 작동하는 FET 및 analogue IC 등의 시험제작을 보고하는 등[10, 11] 커다란 진전을 이루고 있다.

그러나 SiC 소자의 실용화에 있어서 가장 큰 문제는 아직도 안정된 고품위 기판이 공급되지 않고 있다는 점이다. 현재 SiC 기판은 다결정 SiC 소재를 가열·승화시켜서 단결정 seed에 증착시키는 vapor sublimation 방법으로 성장되고 있는데, 이 방법은 기체를 이용하는 특성 때문에 대형화가 어려울 뿐만 아니라 성장시 결정결함 발생의 제어기가 어려워서, 현재 시판되고 있는 1" 또는 2" 기판 내부에 $10^3\sim 10^5/\text{cm}^2$ 정도의 전위(dislocation) 및 이와 관련된 표면 hillock이 존재하는 등 높은 결함밀도를 보여주고 있다[12, 13]. 특히, 아직 정확한 생성기구가 밝혀지지 않고 있으나 결정내에 직경 수·수십 μm , 길이 0.1~수 mm에 이르는 소위 micropipe가 약 $10\sim 100/\text{cm}^2$ 정도나 존재하여, 이로 인한 소자 제작 수율이 크게 낮아지고 있다. 이러한 기판의 문제점을 보완하고 전기적 구조를 형성하기 위한 동종박막 성장기술이 기존의 성장온도보다 300°C 이상 낮은 $1200^\circ\text{C}\sim 1500^\circ\text{C}$ 의 저온에서도 가능하게 되었다[14, 15].

이상에서 살펴본 바와 같이, SiC 소자의 실용화를 위하여는 고품위 기판의 공급이 시급한 과제로 대두되고 있을 뿐만 아니라 양질의 박막성장이 소자제작의 가장 중요한 요소로 확인되고 있다. 이에 따라 본 연구에서는 화학기상 증착법으로 단결정 6H-SiC 동종박막을 성장시키고 이의 결정성을 평가·분석함으로써 양질의 박막성장을 위한 최적 조건을 확립하였다.

2. 실험

본 실험에서 사용한 SiC 박막 성장장치는 thermal CVD (chemical vapor deposition) 장치이다. 석영반응관은 수냉이 가능하도록 이중관으로 제작하였고, susceptor는 고순도 고강도 POCO-graphite를 사용하여 제작하였다. Susceptor의 가열은 주파수 400 kHz, 최대출력 25 kW인 고주파 발진기를 사용한 유도가열 방식을 이용하도록 구성하였으며, 기판시료는 susceptor의 상부 중앙에 위치하도록 설계하였다. 기판시료의 온도는 optical digital pyrometer를 사용하여 측정하며, 이를 위하여 susceptor 측면에 직경 5 mm 크기의 온도측정용 구멍을 기판시료 위치까지 뚫도록 설계하였다. 고주파 유도가열 방식에 의한 susceptor의 온도 안정성은 매우 양호하였으며(5°C 이내), 1200°C 에서 1650°C 까지 조절이 가능하였다.

Fig. 1(a)는 자체 제작한 horizontal type의 수냉식 이중 석영반응관이고, (b)는 고순도 graphite를 사용하여 제작한 susceptor와 석영관으로 제작한 susceptor holder를 보여주고 있다. 본 연구에서 사용한 원료 gas는 SiH_4 (1% H_2 희석)과 C_3H_8 (1% H_2 희석)이고 carrier gas는 Ag-Pd purifier로 정제된 고순도 H_2 이다. 사용하는 gas의 누설을 방지하기 위하여 모든 연결부분은 VCR 및 swage-

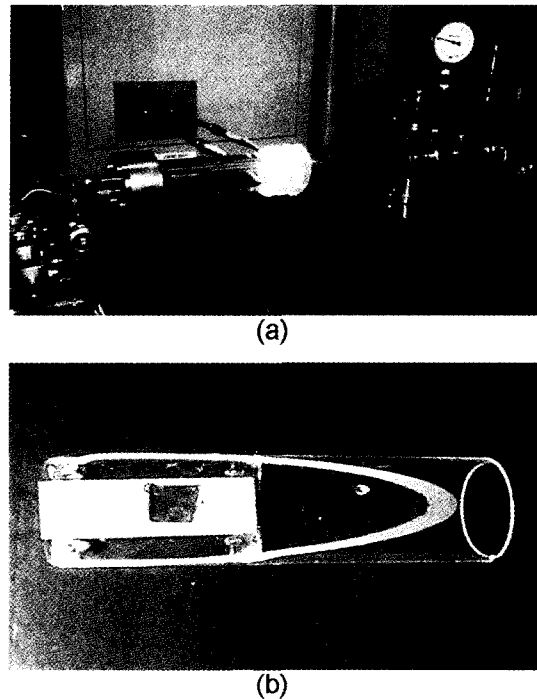


Fig. 1. Photographs of (a) water-cooled type reaction tube for CVD growth and (b) graphite susceptor & susceptor holder.

lock fitting을 하였고, gas 유도관은 stainless관을 사용하여 purity의 최적화를 도모하였다. 그리고 반응기체가 석영 반응관에 유입되기 전에 gas mixing box를 거쳐 균일한 농도분포의 혼합 gas가 공급되도록 하였으며, 원료 gas 및 carrier gas의 유량은 가스유량조절기(MFC)를 사용하여 $\pm 5\%$ 이내로 조절이 가능함을 확인하였다.

한편, 본 연구에서는 일반적으로 SiC 박막 성장에 사용되고 있는 SiC-coated graphite susceptor 대신에, melting point가 높고 carbon과의 반응이 적은 몰리브덴 plate를 이용함으로써, graphite susceptor를 SiC로 coating시키지 않고서도 고품위의 동종박막을 성장시킬 수 있는 조건을 확립하였다. 또한, 균일한 두께의 박막을 얻기 위하여 susceptor를 gas의 흐름방향으로 10° 정도 기울여 사용하였다. 성장시료의 결정성 분석은 Nomarski 관찰, 투과율 측정, 라만 분광, X선 분광, 광발광(PL) 분광, 투과전자현미경(TEM) 측정 등의 방법을 이용하였다.

3. 결과 및 논의

본 연구에서는 자체 제작한 thermal CVD 성장장치를 이용하여 양질의 6H-SiC 동종박막을 성장시키는 조건을 조사하고, 성장시킨 시료의 성장 특성을 분석함으로써 본 성장장치에서의 최적조건을 확립하였다.

Fig. 2(a)는 일반적인 CVD 성장과정 및 온도 program을 보여주고 있으며, (b)는 사용하는 기판시료의 전처리 공정을 보여준다. 한편, 성장전에 susceptor, susceptor holder 및 반응관 등의 불순물을 제거하기 위하여 H₂ 분위기 (1slm)로 1500°C에서 약 20~30분 정도 baking을 실시한다. 본 실험에서는 $\langle 11\bar{2}0 \rangle$ 방향으로 3.5° off시킨 n-type 6H-SiC (0001)Si면을 기판으로 사용하였다. 성장특성의 C/Si flow ratio의 의존성을 확인하기 위하여 SiH₄은 0.15~0.45 sccm, C₃H₈은 0.1~0.3 sccm으로 유량을 변화시켰고, 성장온도의 영역을 1300~1500°C로 하였다.

3.1. Nomarski에 의한 표면 morphology 평가

반도체 소자로의 응용에 있어서 성장층의 표면 morphology는 대단히 중요한 요소의 하나이다. 성장시킨 시료의 표면 morphology를 OLYMPUS PMG-3 광학현미경을 사용하여 Nomarski 관찰로 평가하였다.

일정한 C/Si flow ratio에 대하여, 성장온도에 따른 표면 morphology는 대체적으로 양호한 것으로 평가되었다. Fig. 3은 성장온도에 따른 박막의 Nomarski 사진을 보여주고 있는데, 상대적으로 저온성장한 경우인 Fig. 3(a)에서 관측되고 있는 scratch는 기판의 표면처리시 생긴 연마결

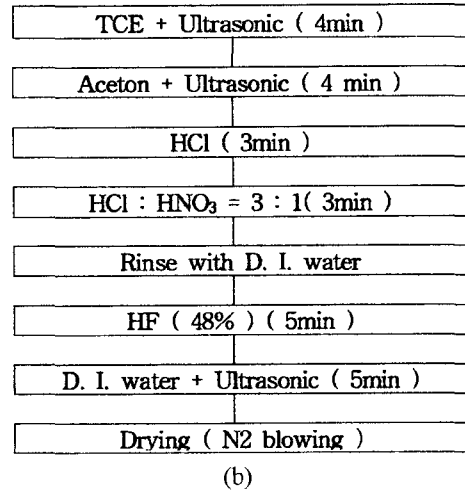
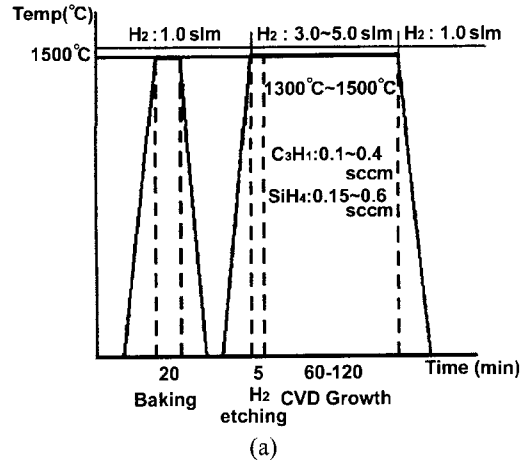


Fig. 2. Diagram of a general (a) CVD growth process and (b) substrate preparation process for 6H-SiC epitaxial growth.

함선으로, 이러한 결함선들이 epi층에 그대로 나타남을 볼 수 있다. 또한 상당히 많은 pinhole이 Fig. 3(a) 및 3(b)의 경우에 관측되었는데, 이것 역시 기판상에 존재하는 micropipe이 그대로 epi 성장에 영향을 미치는 것으로 확인되었다. 한편, 부분적으로는 직경이 약 3~5 μm 정도의 큰 micropipe이 존재하여 이로 인한 이상 epi 성장이 관측되기도 하였는데, 이것은 기판의 결정성이 좋지 않음을 의미한다. Fig. 3(c)의 경우는 결함이 거의 관측되지 않은 epi 성장층의 일부분을 보여주고 있으며, 이로부터 기판의 결정성이 epi층 성장에 직접적인 영향을 미치고 있음을 알 수 있었다. 결론적으로, 본 성장장치에서는 성장온도 1500°C인 경우가 표면 morphology 상으로는 기판의 영향을 거의 받지 않고 매우 매끄러운 표면을 얻을 수 있는 최적의 조건임을 확인하였다.

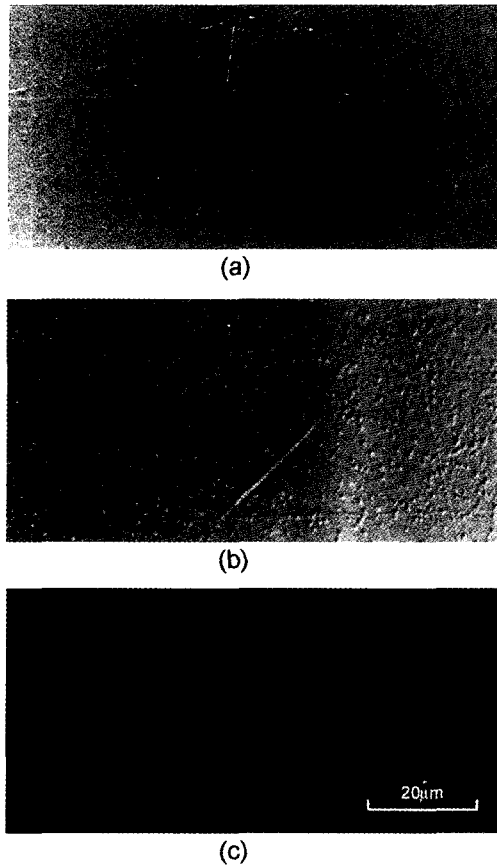


Fig. 3. Nomarski microphotographs of the typical surface morphologies obtained from 6H-SiC homoepitaxial layers grown at (a) 1300°C, (b) 1400°C and (c) 1500°C for C/Si flow ratio 2.0.

일정한 성장온도에 대하여, C/Si flow ratio에 따른 표면 morphology 역시 대체적으로 양호한 것으로 판단되었다. Fig. 4는 성장온도가 1500°C인 경우의 C/Si flow ratio에 따른 성장층의 Nomarski 사진이다. Fig. 4(a)의 C/Si flow ratio가 1.0인 경우에는 표면에 작은 Si-droplets이 관측되었고, Fig. 4(c)의 C/Si flow ratio가 4.0인 경우에는 wavy 또는 stripe-like morphology가 관측되었다. 이에 반하여 C/Si flow ratio가 2.0인 Fig. 4(b)의 경우에는 매우 매끄럽고 평탄한 표면을 관찰할 수 있었다. 이러한 Nomarski 관찰만으로부터 얻은 본 성장장치의 6H-SiC 동종박막 최적 성장조건은 성장온도가 1500°C이고 C/Si flow ratio가 2.0인 경우임을 알 수 있었다.

3.2. Transmittance 측정에 의한 polytype의 판별

Polytype에 따라 bandgap이 다른 SiC의 특성을 이용하면

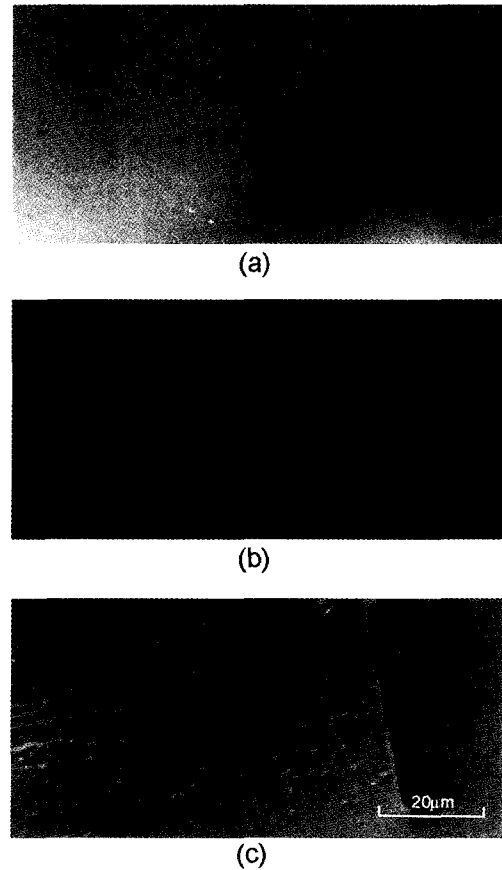


Fig. 4. Nomarski microphotographs of the typical surface morphologies obtained from 6H-SiC homoepitaxial layers grown at 1500°C for C/Si flow ratio (a) 1.0, (b) 2.0 and (c) 4.0.

투과 spectrum의 흡수단으로부터 polytype의 판정이 가능하다. 6H-SiC의 경우 흡수단은 400 nm 부근에 존재하는데, 본 연구에서는 UV-VIS-NIR Spectrophotometer(Hitachi U3501)를 이용하여 성장층의 투과 spectrum을 측정하였다.

Fig. 5는 C/Si flow ratio가 2.0인 경우의 성장온도에 따른 성장층의 투과 spectrum을 기판과 비교하여 보여주고 있는데, 모든 경우에 전형적인 흡수단이 400 nm 영역에 있다. 따라서 본 실험에서 성장시킨 성장층의 polytype은 6H-SiC임을 확인할 수 있었다.

3.3. Raman Spectroscopy

성장시킨 SiC 박막의 polytype 및 결정성 평가를 위하여 Raman spectrum을 측정하였다. 전형적인 6H-SiC에서 얻어지는 Raman spectra의 TO mode는 766 cm⁻¹, 789 cm⁻¹, 796 cm⁻¹에서 main peak가 나타나며, LO mode

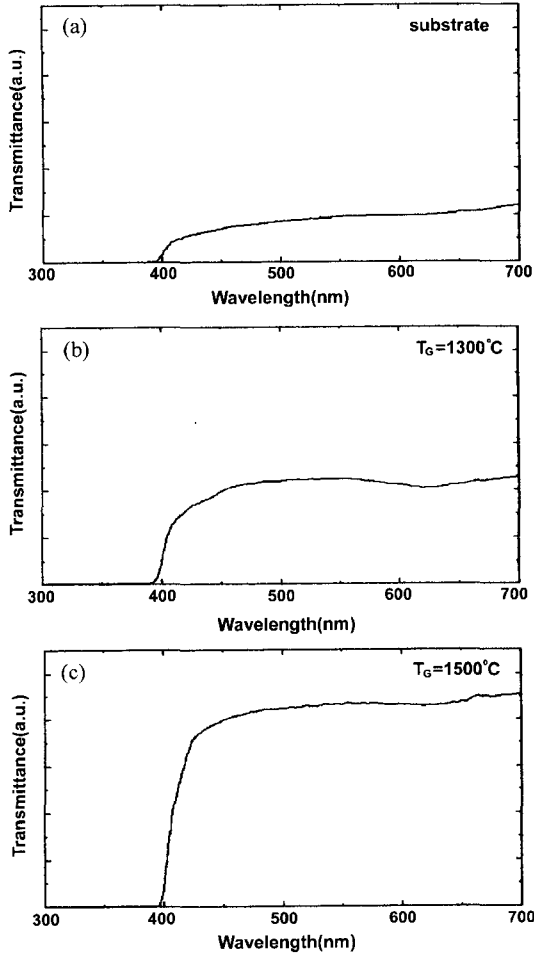


Fig. 5. Transmittance spectra obtained from 6H-SiCs. (a) substrate, (b) epilayer grown at 1300°C and (c) epilayer grown at 1500°C for C/Si flow ratio 2.0.

는 966 cm^{-1} 에서 main peak가 나타난다[16].

Fig. 6은 C/Si flow ratio가 2.0이고 성장온도가 1300°C 및 1500°C인 경우의 Raman spectra를 기판과 비교하여 보여주고 있는데, 전형적인 6H-SiC의 main peak가 관측됨으로 보아 성장층이 6H-SiC임을 확인할 수 있었다.

일반적으로 Raman spectra에 의한 6H-SiC의 결정성 평가는 789 cm^{-1} 과 796 cm^{-1} 의 peak intensity 비로 평가하는데[16], Fig. 6(a)는 기판 자체의 Raman spectra로서 789 cm^{-1} (E2)와 796 cm^{-1} (E1) peak의 intensity 비 (I_{796}/I_{789})가 계산 결과 약 0.09임을 확인할 수 있었다. 이것은 전형적인 6H-SiC {0001}면에서 관측되는 0.07~0.11의 값에 해당되는 값이다. 한편 1300°C에서 성장시킨 시료의 경우는 3C-SiC에서 전형적으로 나타나는 796 cm^{-1} (E1)의 peak가 다른 시료에 비해 강하게 나타나고 E2와

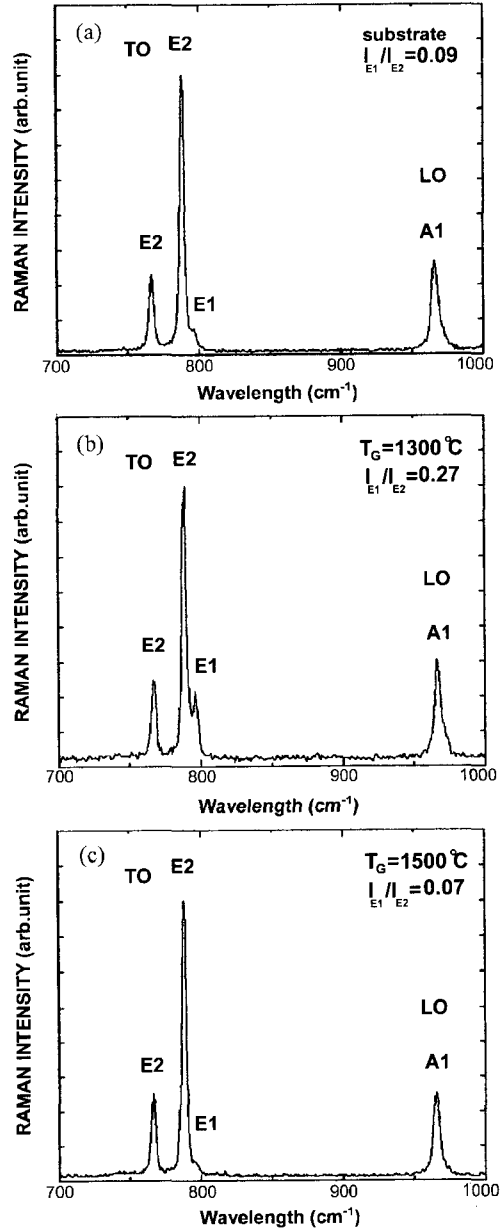


Fig. 6. Raman spectra obtained from 6H-SiCs. (a) substrate, (b) epilayer grown at 1300°C and (c) epilayer grown at 1500°C for C/Si flow ratio 2.0.

E1 peak의 intensity 비가 약 0.27이었다. 이로 보아 1300°C에서 성장시킨 성장층은 3C와 6H-SiC의 혼재 가능성이 큰 경우임을 알 수 있었다. 반면에 1500°C에서 성장시킨 경우는 Fig. 6(c)에서 볼 수 있는 바와 같이 E2와 E1 peak의 intensity 비가 0.07로서 1300°C 성장층의 값이나 기판 자체의 값에 비하여 낮은 값인데, 이것으

로부터 결정성이 개선되었음을 확인할 수 있다.

3.4. X-ray에 의한 결정성 평가

결정구조 및 결정성 평가에는 일반적으로 XRD(X-ray

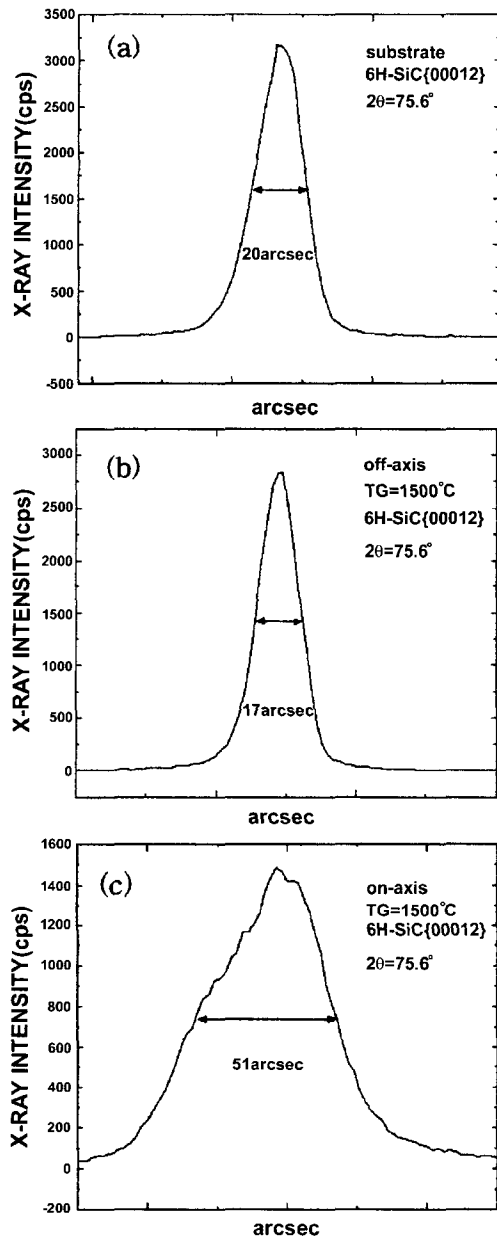


Fig. 7. X-ray rocking curve spectra obtained from 6H-SiCs. (a) substrate, (b) epilayer grown at 1500°C (3.5° off-axis) and (c) epilayer grown at 1500°C (on-axis) for C/Si flow ratio 2.0.

diffraction)와 rocking curve 측정이 이용되는데, 본 연구에서도 XRD pattern으로 결정형을, rocking curve 측정에 의한 반치폭(FWHM)의 값으로 결정성을 평가하였다.

측정된 XRD pattern으로부터 성장시킨 모든 시료에서 나타난 main peak들이 전형적인 6H-SiC의 main peak (35.8°, 75.6°)와 일치하였고[21] 작은 peak들 역시 6H-SiC에서 나타나는 peak임을 확인할 수 있었다. Fig. 7은 X-ray rocking curve 측정 결과로, 본 실험에서의 최적 성장조건으로 판단된 성장온도 1500°C, C/Si flow ratio 2.0인 경우와 기판에 대한 결과를 비교하였다. Fig. 7(a)는 기판의 (00012)면 peak에 대한 측정 결과로서 반치폭이 20arcsec이었으며, Fig. 7(b)는 최적 조건의 경우로 반치폭이 17arcsec로 감소함을 관측할 수 있었다. 참고로 on-orientation 기판에 성장시킨 시료의 반치폭은 Fig. 7(c)에서 보는 바와 같이 51arcsec로 나타났다. 이로부터 (b)의 경우가 가장 결정성이 우수하다고 판단할 수 있으며, (c)의 경우는 기판보다도 좋지 않은 박막이 성장됨을 알 수 있는데, 이것은 보고된 바와 같이 on-orientation 기판에 양질의 동종박막을 성장하기 위해서는 1800°C 이상의 고온이 필요하다는 것을 확인할 수 있는 측정 결과이다[17].

3.5. PL(Photoluminescence) 특성

SiC는 간접천이형 밴드구조를 가지고 있는 물질로서, acceptor-related light emission이 주로 관측되는 광특성을 보인다. 성장시킨 6H-SiC 동종박막의 발광특성으로부터 박막의 결정성을 비교하였다. 측정용 기기로는 325 nm 파장의 He-Cd laser, Liconix 4620ps 및 Spex1403 spectrometer를 사용하였고, 실온 및 11K에서 각각 측정하였다.

Fig. 8은 6H-SiC의 전형적인 PL 결과와[18] 본 실험에서 성장시킨 박막의 PL 결과를 보여주고 있는데, 2.5 eV 근처에서 broad하게 나타나는 peak들은 6H-SiC에서 전형적으로 나타나는 donor-acceptor pair recombination에 의해 발생한 것들이다. 여기서 관측되는 작은 peak들(B, C series)은 N-donor에서 야기되는 hexagonal-like site와 cubic-like site에서 각각 발생하는 것으로 알려져 있다[19]. 그림에서 보는 바와 같이, 기 보고된 6H-SiC의 PL spectrum과 본 실험에서 성장온도 1500°C, C/Si flow ratio 2.0인 조건으로 성장시킨 박막의 측정 결과는 거의 일치하고 있다. 이러한 발광특성 결과로부터 양호한 결정성을 가진 6H-SiC 동종박막이 성장되었음을 확인할 수 있었다.

3.6. TEM(transmission electron microscopy) 관찰

성장시킨 6H-SiC 동종박막의 단면구조 및 표면구조를

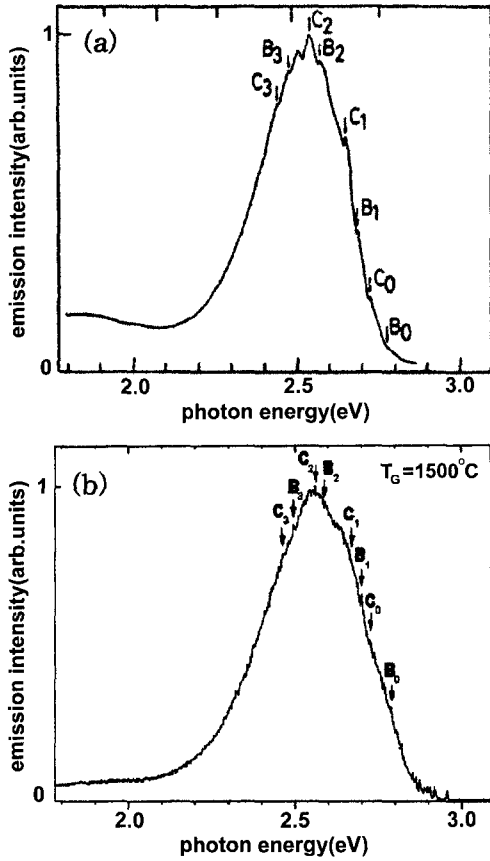


Fig. 8. PL spectra obtained from 6H-SiC homoepitaxial layers. (a) typical spectra reported [18] and (b) grown at 1500°C for C/Si flow ratio 2.0.

조사하기 위하여 투과전자현미경(TEM)으로 관찰하였다.

Fig. 9(a)는 고분해능의 cross-sectional TEM image로서, 6개의 원자층(15 Å)이 한 unit cell을 이루고 있음

을 보여준다[20]. 본 연구에서는 high-resolution TEM 관찰은 하지 못하였으나 전남대학교의 TEM 장비를 사용하여 상대적인 비교관찰을 시도하였다. 본 연구에서 관찰한 cross-sectional TEM image에서는 사진에 나타난 1개의 line이 한 unit cell을 나타내는 것으로, (b)에서 성장박막의 image를 보여주고 있다. 한편 (c)는 성장시킨 박막의 diffraction pattern으로, 기 보고된 전형적인 6H-SiC의 pattern과 일치함을 확인하였다[20]. 이러한 결과들로부터 성장시킨 박막은 6H-SiC 동종박막임을, 그리고 적층이 매우 우수한 양질의 박막이라는 결론을 얻을 수 있었다.

5. 결 론

본 연구에서는 단결정 SiC 박막 성장장치를 자체 제작하여 thermal CVD 방법으로 6H-SiC 동종박막을 성장시키고 이의 성장 특성을 조사하였다.

6H-SiC 박막성장은 수평형 석영반응관에서 대기압상태로 수행하였으며 특히, 본 연구에서는 일반적으로 SiC 박막 성장에 사용되고 있는 SiC-coated graphite susceptor 대신에 melting point가 높고 carbon과의 반응이 적은 몰리브덴(Mo) plate를 이용한 uncoated graphite susceptor를 사용하였다. 균일한 박막 두께를 얻기 위하여 susceptor를 gas의 흐름방향으로 10° 정도 기울여 사용하였으며, <1120> 방향으로 3.5° off시킨 6H-SiC (0001)Si편을 기판으로 사용하고, SiH₄-C₃H₈-H₂ system을 이용한 step-controlled epitaxy법으로 동종박막을 성장시켰다. 성장시킨 박막의 결정성을 분석하기 위하여 Nomarski 관찰, 투과율 측정, 라만 분광, X선 분광, 광발광(PL) 분광, 투과전자현미경(TEM) 측정 등의 방법을 이용하였다.

성장시킨 undoped 6H-SiC 동종박막의 Nomarski에 의한 surface morphology는 성장온도 1500°C, C/Si flow

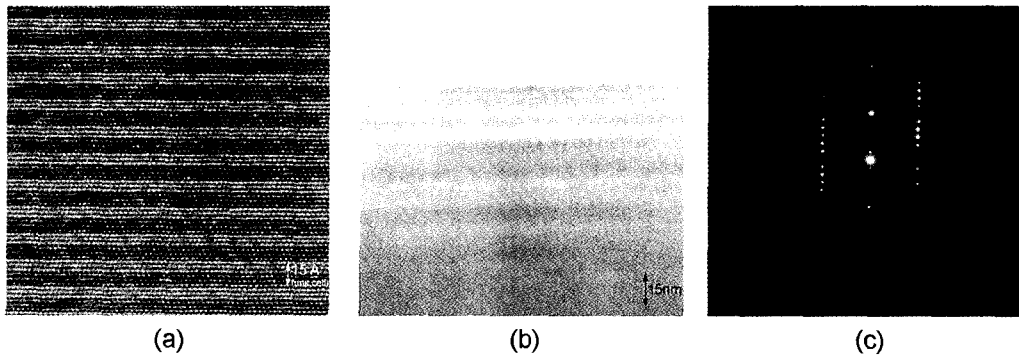


Fig. 9. Cross-sectional TEM images and a selected area diffraction (SAD) pattern of 6H-SiC homoepitaxial layers grown at 1500°C for C/Si flow ratio 2.0. (a) high resolution cross-sectional TEM image reported [20], (b) cross-sectional TEM image and (c) SAD pattern of a grown layer.

ratio 2.0인 (SiH_4 : 0.3 sccm, C_3H_8 : 0.2 sccm) 경우에 가장 양호함을 확인할 수 있었고, 이는 기 보고된 SiC-coated susceptor를 사용한 결과와 거의 동일함을 확인하였다. 단결정 6H-SiC 동종박막 성장은 1300°C 까지 가능하였으며, 기판의 결정성이 epi층 성장에 직접적인 영향을 미치고 있음을 알 수 있었다. 성장온도가 1300°C 보다도 낮은 경우에는 본 system에서는 cubic과 hexagonal의 혼재를 확인할 수 있었다. Transmittance 측정결과로부터, 6H-SiC의 전형적인 흡수단인 400 nm 영역에서의 흡수단이 나타남을 통하여 6H-SiC 동종박막이 성장되었음을 확인하였다. 한편, PL spectra 및 Raman scattering spectra 결과들로부터 성장층이 단결정 6H-SiC 동종박막임을 확인할 수 있었다. PL 측정결과 6H-SiC의 전형적인 D-A pair recombination에 의한 peak가 약 2.5 eV 영역에서 관측되었고, Raman 측정결과 역시 6H-SiC의 전형적인 위치에서 peak가 나타났으며, XRD 결과 역시 35° 와 75° 영역에서 6H-SiC의 전형적인 (0006)면과 (00012)면의 peak를 확인하였다. 또한 성장층에 대한 단면 TEM image와 표면 diffraction pattern 관측으로부터 성장시킨 박막은 단결정 6H-SiC 동종박막으로 확인되었다. 이상의 결과로부터, 본 연구에서의 6H-SiC 동종박막 최적 성장조건은 성장온도 1500°C , C/Si flow ratio 2.0인 경우로 확인되었다.

감사의 글

본 연구는 서울대학교 반도체공동연구소의 교육부 반도체 분야 학술연구조성비(과제번호 : ISRC 97-E-1059)에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고 문헌

- [1] L.G. Matus, J.A. Powell and C.S. Salupo, Appl. Phys. Lett. 59 (1991) 1770.
- [2] M. Bhatnagar, P.K. McLarty and B.J. Baliga, IEEE Electron Device Lett. 13 (1992) 501.
- [3] J.W. Palmour, J.A. Edmond, H.S. Kong and C.H. Carter Jr., Amorphous and Crystalline Silicon Carbide IV, C.Y. Yang, M.M. Rahman and G.L. Harris, Eds. Berlin: Springer-Verlag (1992) 289.
- [4] A. Suzuki, Y. Fujii, H. Saito, Y. Tajima, K. Furukawa and S. Nakajima, J. Crystal Growth 115 (1991) 623.
- [5] T. Yamaguchi, Y. Ueda, Y. Matsushita, K. Koga, and T. Niina, Optoelectronics-Devices and Technologies 7 (1992) 57.
- [6] R.J. Trew, J.B. Yan and P.M. Mock, Proc. IEEE 79 (1991) 598.
- [7] J.H. Edgar, J. Mater. Res. 7 (1992) 235.
- [8] S. Jang, T. Kimoto and H. Matsunami, Appl. Phys. Lett. 65 (1994) 581.
- [9] T. Kimoto, A. Itoh, A. Akita, S. Jang and H. Matsunami, Proc. 21th Int. Symp. on Compound Semiconductors (1994) 437.
- [10] J.W. Palmour, MRS 1994 spring meeting, paper D2.5.
- [11] Technology News, Solid State Technology, July (1994) 36.
- [12] Panel Discussion, Symp. D. Diamond, SiC and Nitride Wide-bandgap Semiconductors, MRS 1994 spring meeting.
- [13] M. Tuominen, R. Yakimova, R.C. Glass, T. Toumi and E. Janzen, MRS 1994 spring meeting, paper D9.15.
- [14] N. Kuroda, K. Shibahara, W.S. Yoo, S. Nishino and H. Matsunami, Ext. Abst. of the 19th Conf. on Solid State Devices and Materials, Tokyo (1987) 227.
- [15] H.S. Kong, J.T. Glass and R.F. Davis, J. Appl. Phys. 64 (1988) 2672.
- [16] S. Nakashima, H. Katahama, Y. Nakakura and A. Mitsuishi, Phys. Rev. B33 (1986) 5721.
- [17] Y. Matsushita, T. Nakata, T. Uetani, T. Yamaguchi and T. Niina, Jpn. J. Appl. Phys. 29 (1990) L343.
- [18] A. Suzuki, H. Matsunami and T. Tanaka, J. Electrochem. Soc. 124 (1977) 241.
- [19] M. Ikeda, H. Matsunami and T. Tanaka, Phys. Rev. B22 (1980) 2842.
- [20] F.R. Chien, S.R. Nutt, W.S. Yoo, T. Kimoto and H. Matsunami, J. Mater. Res. 9 (1994) 940.
- [21] P.M. Shenoy and B.J. Baliga, IEEE Electron Device Lett. 16 (1995) 454.