

에피택시 ZnO 성장용 다양한 면 사파이어 기판의 열처리에 따른 표면 형상의 변화

Surface Morphology Changes by Thermal Annealing of Various Planes of Sapphire Substrates for Epitaxial ZnO Growth

이재욱^a, 이정용^{a*}, 한석규^b, 홍순구^b

^a한국과학기술원 신소재공학과 · ^b충남대학교 재료공학과

1. 서론

ZnO는 wurtzite 결정구조를 가지며, 밴드갭 에너지가 상온에서 3.37 eV이고 엑시톤 결합에너지가 60 meV로 단파장의 발광소자 및 레이저 다이오드 등의 응용가능성으로 주목받고 있는 화합물 반도체이다. 최근 ZnO 단결정 기판의 공급이 보고되고는 있으나 가격이나 품질 측면에서 경제성이 아직 적어 현재까지 고품질 ZnO 단결정 박막은 대부분 C-면 사파이어 기판 위에 분자선 에피택시법(Molecular Beam Epitaxy, MBE)[1]이나 유기 금속 화학 증착법(Metal Organic Chemical Vapor Deposition, MOCVD)[2]으로 성장되고 있다. 특히 MBE 성장법은 불순물 제어를 위한 초진공 조건, 원자층의 layer-by-layer 성장이 가능하므로 양질의 ZnO 박막 성장법으로 각광받고 있다.

박막 성장 전의 기판 전처리 과정은 에피택시 박막 성장시의 성장 메커니즘이나 박막 특성에 커다란 영향을 끼치므로[3,4] 기판의 표면 처리 최적화는 에피택시 박막 성장 전에 우선적으로 고려해야 할 부분이다.

특히 최근에는 성장방향으로 존재하는 극성의 존재를 피하기 위하여 C-면 사파이어 기판 이외에 R- 또는 M-면 사파이어 기판을 이용한 박막성장이 보고되고 있다. 따라서 본 실험에서는 C-, R-, A-, M-면과 같은 다양한 면의 사파이어 기판을 시간을 달리하여 열처리에 따라 나타나는 표면형상의 변화를 원자력간 현미경(Atomic Force Microscope, AFM)을 주요 분석기기로 사용하여 조사하였다.

2. 본론

본 실험에 사용된 사파이어 기판들은 C(0001), R(1-102), A(11-20), M(1-100) 면들로 아세트, 에탄올, 증류수에서 각각 5분 동안 초음파 세척을 하고 질소가스로 건조하였다. 이렇게 준비된 기판을 가열로에 넣고 1000°C 에서 1~5 시간 열처리를 하였다. 열처리 시 가열로 분위기는 air 분위기였으며 99.99% 순도의 상용 air를 사용하여 200 sccm의 유량으로 흘려주었다. AFM 측정은 Seiko사의 SPI4000 AFM을 이용하여 contact-mode로 5 $\mu\text{m} \times 5 \mu\text{m}$, 1 $\mu\text{m} \times 1 \mu\text{m}$ 영역에 대한 표면 형상 및 Root Mean Square (RMS) 값을 구하였다. R-면의 경우 추가로 line-scan을 하여 표면에 나타난 step의 단차를 확인하였다.

3. 결과

1, 3시간 열처리 후에 사파이어 A(11-20), M(1-100) 면들에 대해서는 원자적으로 평탄한 step을 확인할 수 없었다. 반면에 C(0001) 면의 경우 열처리를 하지 않은 기판에서 보이던 step들이 열처리를 함에 따라 오히려 무너지는 경향을 보였다. C-, A-, M-면들과는 달리 R-면의 경우 3시간 열처리를 하였을 때 뚜렷한 step들이 나타났다. 최적의 열처리 조건을 찾고자 추가로 2, 4, 5시간 열처리 실험을 하여 1~5 시간 열처리 한 R-면 기판을 전부 비교한 결과 3시간 열처리한 기판에서 관찰되는 step과 terrace의 경우 terrace 위에 작은 크기의 island와 void가 적은 모습을 보여주었고 step의 단차가 약 0.33 nm로 고품질, 고평탄 R-면에서 관찰되는 스텝의 단차와[6] 일치하였다. 그러나 열처리 시간이 3시간 보다 짧거나 긴 경우에는 terrace 위에 작은 크기의 island나 void가 상대적으로 많이 관찰되거나 평균적인 step의 단차가 0.33 nm보다 작거나 크게 나타났다.

참고문헌

1. Yefan Chen, D.M. Bagnall, Ziqiang Zhu, Takashi Sekiuchi, Kitae Park, Kenji Hiraga, Takafumi Yao, S. Koyama, M.Y. Shen, T. Goto, J. Cryst. Growth, 181 (1997) 165.
2. S. Bethke, H. Pan, B.W. Wesseis, Appl. Phys. Lett., 52 (1988) 136.
3. J.-H. Kim, S. C. Choi, J. Y. Choi, K. S. Kim, G. M. Yan, C.-H. Hong, K. Y. Lim and H. J. Lee, Jpn. J. Appl. Phys., 38 (1999) 2721.
4. C. Heinlein, J. Grepstad, H. Riechert and R. Averbeck, Mater. Sci. Eng. B, 43 (1997) 253.
5. Keisuke Kametani, Hiroshi Imamoto, Shizuo Fujita, Physica E, 32 (2006) 33.
6. T. Maeda, M. Yoshimoto, T. Ohnishi, G. H. Lee, H. Koinuma, J. Cryst. Growth, 177 (1997) 95.