

## 산화막 형성과 열처리를 이용한 $\text{Si}_{0.77}\text{Ge}_{0.23}$ 박막의 격자 이완 Strain Relaxation of $\text{Si}_{0.77}\text{Ge}_{0.23}$ on $\text{Si}(100)$ by Oxide Capping and Thermal Annealing

김현우, 홍석원, 배덕규, 송석찬, 최석, 정승훈, 윤의준†  
서울대학교 재료공학부  
(eyoon@snu.ac.kr)

격자 이완된 SiGe 반도체는 고속소자의 기판물질로서 각광받고 있는 strained Si를 성장할 수 있는 가상기판으로 이용될 수 있다는 점에 있어서 활발한 연구가 되고 있다. 이를 위해서는 공정 후 높은 격자 이완 정도, 평탄한 표면, 낮은 전위밀도가 요구된다. 이와 같은 막을 얻는 일반적인 방법으로 점차 Ge의 농도를 증가시키며 성장하는 graded buffer layer 방법[1]과 산화막을 compliant layer로 사용하는 방법[2]이 있다. 전자의 방법은 높은 격자 이완 정도를 얻을 수 있지만 5 nm 이하 수준의 평탄한 막을 얻기 위해서는 수  $\mu\text{m}$ 의 막을 필요로 하며 일반적으로 CMP등의 후속공정을 통해 평탄한 표면을 유지해야만 하는 단점이 있다. 또한 후자의 경우에는 산화막의 점도를 높이기 위해 1000 °C 이상의 고온에서 장시간의 열처리를 요하기 때문에 막의 특성을 조절하는데에 큰 어려움이 있다. 본 연구에서는 이와 같은 단점을 극복하면서 높은 격자이완과 동시에 평탄한 표면을 유지하는 방법으로서 열처리를 이용하고자 한다. 우선 fully strained SiGe 박막을 두껍게 성장함으로써 막 내의 응력축적을 최대화한 후, 열처리를 통하여 이를 이완하는 방법을 사용하고자 한다. S. Hong 등의 기존 보고[3]에 의하면 1000 °C 에서 10초간의 급속 열처리를 통하여 표면의 확산을 제어한 바가 있다. 즉 열처리 도중 표면 확산에 의한 mound 형성이 일어나기 전에 전위 형성 반응을 활성화시킴으로써 표면 확산을 제어하여 crosshatch가 나타나는 평탄한 표면을 얻은 결과를 발표하였다. 본 연구에서는 표면 확산을 더욱 억제하고자 산화막을 덮개층으로 사용한 상태에서 열처리를 하여 더욱 평탄한 표면을 얻고자 한다. 모든 SiGe 박막은 4-inch Si(001) 위에 UHV-CVD를 이용하여 성장하였으며, Ge의 농도는 23 %로 고정하였다. 박막의 두께는 39 nm, 110 nm, 240 nm로 변화하였으며 열처리는 진공로를 이용하여 1000 °C에서 20분간 수행하였다. 산화막이 표면 확산에 미치는 영향을 연구하기 위해 모든 두께에 대하여 100 nm의 산화막을 PECVD를 이용하여 성장한 경우와 산화막이 없는 경우에 대하여 열처리를 하였다. HRXRD를 이용하여 SiGe의 두께와 조성을 분석하고, 열처리 후 SiGe의 격자이완 정도를 HRXRD를 이용한 역격자 지도를 통해 알아본 결과 두께 240 nm인 SiGe 막을 1000 °C에서 열처리 하였을 때, 산화막을 덮개층으로 사용한 경우와 사용하지 않은 경우 각각 68 %와 78%의 격자이완이 일어났다. 즉 두꺼운 SiGe 막에서는 산화막 덮개층 유무에 따라 격자이완의 정도는 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 반면 두 시편의 표면 거칠기를 AFM으로 분석한 결과 RMS roughness 값은 산화막 덮개층에 의해 7.79 nm에서 0.83 nm으로 크게 낮아졌다. 이는 산화막 덮개층의 증착으로 인해 표면의 Si, Ge 원자들의 이동이 억제되면서 표면 거칠기를 낮추었기 때문이다. SiGe 의 두께가 얇은 시편에 대하여 같은 실험을 하였을 경우 산화막 덮개층 유무에 따라 격자이완 정도가 달라지는 결과 얻었는데, 이것은 SiGe 내에 인가된 응력정도에 따라 산화막 덮개층이 격자이완을 제한할 수도 있다는 것을 나타낸다.

### References

- [1] J. W. P. Hsu, E. A. Fitzgerald, Y. H. Xie, P. J. Silverman, and M. J. Cardillo, Appl. Phys. Lett. 61, 1293 (1992)
- [2] Y. H. Luo, J. L. Liu, G. Jin, J. Wan, K. L. Wang C. D. Moore, M. S. Goorsky, C. Chih, and K. N. Tu, Appl. Phys. Lett. 79, 1219 (2001)
- [3] S. Hong, Y. L. Foo, K. A. Bratland, T. Spila, K. Ohmori, M. R. Sardela, Jr., J. E. Greene and E. Yoon, Appl. Phys. Lett. 83, 4321 (2003)