B 19

InP 기판 위에 성장시킨 InAs epilayer 의 구조 특성

(Structural Characterization of InAs Epilayers Grown on InP Substrates)

한국전자통신연구소 김좌연, 이중환, 남기수

연락처: 김좌연
(305-350) 대전시 유성우체국 사서함 106 호
한국전자통신연구소 재료기술연구실 선임연구원
TEL: (042)860-3821, FAX: (042)860-6200

1. 서론

InAs 는 매우 낮은 band gap (E_g = 0.36 eV)을 갖고 high electron mobility (32,000 $cm^2/V\cdot sec$)를 가지므로, infrared detectors, optoelectronic devices, 그리고 magnetoresistive sensors 제조에 매우 흥미있는 material 이다. InAs 와 InP 는 같은 결정구조를 갖고 3.2 % 의 작은 mismatch 를 갖고 있으나 이 3.2 %의 mismatch 는 InAs film 에서 높은 defect density 를 갖게하는 원인이 된다.

좋은 quality 의 heteroepitaxial layer 를 얻기 위해서는, two step growth process 와 tilting 된 substrate 의 기술을 사용하고 있다. Two step growth 기술로는 처음에 낮은온도에서 좋은 표면 morphology 를 얻을 수 있고, 계속해서 높은온도의 공정으로 낮은온도에서 성장시킨 처음 layer 을 annealing 하여 낮은온도에서 growing 한 layer 의 특성을 개선시킨다. 좋은 quality 의 film 을 얻고 film growth 의 mechanism 을 알기 위해서, film growth 의 initial stage 에 관한 연구가 필요하다. 처음 낮은온도에서 성장시킨 InAs film 의 질은 곧바로 최종 epilayer 의 quality 에 영향을 미친다.

이 연구에서는 낮은온도에서 성장시킨 InAs/InP heterostructure 를 여러 InAs film 의 두께, annealing 온도와 시간에서 조사하였다.

2. 실험방법

InAs film 은 MOCVD 방법으로 ethyldimethylindum (EDMIn)과 arsine 사용으로(001) InP 기판 위에 길러졌다. 이때 InP 기판은 [110] 방향으로 2° (001) 기울어진 기판을 사용하였다. 구조분석은 JEOL 2000 FX-II 를 사용하였으며 electron diffraction, bright/dark field 와 high resolution electron microscopy 기술을 사용하였다.

3. 실험 결과

(001) plane 에서 [110] direction 으로 2° miscut 된 InP substrate 위에 InAs film 을 405 °C 에서 성장시킬 경우 초기성장은 three dimensional island nucleation 에 의해 진행 되었다. 같은 공정조건으로 170 Å InAs film 을 성장시킬 경우, 세가지 다른 type 의 misfit dislocation 이 발견 되었다. 세종류의 type 은 <110> 방향으로 놓인 orthogonal array, [100] 방향으로 놓인 array, 그리고 [110] 방향에서 수 degree 벗어난 방향으로 놓인 array 이다. 이들 misfit dislocation 들은 60° (mixed) 또는 90° type 이었고, 이들 misfit dislocation 의 Burgers vector 는 표면에서 45° 기울어진 a/2<101>이었다. 또한 이 sample 에서 substrate 가 [110] 방향으로 2° miscut 되어서 $[1\bar{1}0]$ direction 의 misfit dislocation 밀도는 [110] 방향의 misfit dislocation 밀도보다 컸다.

이와 같은 공정조건에서 1,400 Å 의 InAs film 을 성장시켰을 때 대부분의 misfit dislocation 은 60° (mixed) type 이었다. 600 Å (405 °C growth), 1,400 Å (405 °C growth) 그리고 2,000 Å (480 °C growth) 성장시킨 InAs film 을 660 °C 에서 annealing 하였을 때 대부분의 misfit dislocation 은 정확하게 <110> 방향으로 놓인 Lomer type 이었다. 또한 annealing 후 평균 misfit dislocation spacing 은 substrate 의 tilting (2°)에 관계없이 [110] 와 $[1\bar{1}0]$ 방향이 같았다. 이는 tilting 된 substrate 는 매우 얇은 film 에서만 misfit dislocation 을 생성시키는데 영향을 미치며, 600 Å 이상의 InAs film 을 660 °C 이상에서 annealing 하였을 때는 영향을 미치지 않는 것으로 예상된다.

또한 낮은온도에서 성장시킨 이들 600 Å, 1400 Å 그리고 2,000 Å InAs film thickness 의 sample 을 660 °C 에서 5 분 동안 annealing 하였을 때 각각 0.006 (19.5 %), 0.004 (13 %) 그리고 0.002 (6.5 %) 정도의 잔류 elastic strain 이 남아 있었다. 1,400 Å film thickness 를 annealing 하지 않았을 경우에 0.01(31.3 %) 정도의 잔류 elastic strain 이 남아 있었다.

480 °C 에서 성장시킨 2,000 Å thickness InAs film 을 660 °C 또는 690 °C 에서 annealing 할 때 island 경계에서 생성된 threading dislocation 은 1.7 X $10^{10}/cm^2$ 정도이었다.