

**격자변형 이종구조에서 부정합 전위의 계면 핵생성에 미치는
응력부호와 박막두께의 영향**
(Effect of Stress Sign and Film Thickness on Interface Nucleation
of Misfit Dislocations in Strained Layers)

한국전자통신연구소 박효훈

한국과학기술원 이정용

연락처 : 박효훈

(305-600) 대전시 유성우체국 사서함 106

한국전자통신연구소 기초기술연구부 선임연구원

TEL: (042) 860-5774, FAX : (042) 860-5033

지난 수십년 동안 에피텍셀 박막에서 전위의 생성에 의한 응력이완에 대한 여러가지 기구들이 제시되어 왔다. 표면에서 전위의 핵생성, 기판으로부터 실전위의 확장, 계면전위의 증식 등이 그 대표적인 기구들이다. 최근들어, 다층구조에서 응력이 내부의 계면에 국한될 경우, 전위가 정합된 계면에서 자발적으로 핵생성되는 것이 새로이 관찰되었다. 본 연구에서는 이러한 계면핵생성으로 나타난 전위의 형상에서 압축응력과 인장응력 그리고 박막두께에 따라 뚜렷한 차이를 보여주는 실험결과를 소개하고, 그 경향을 기존의 표면핵생성 전위 이론을 수정한 모델로써 해석하고자 한다.

계면핵생성의 관찰은 격자정합된 InGaAsP/InP, InGaAs/InP 이종구조에 Zn를 확산시킬 경우, In-Ga의 상호확산이 촉진되어 InGaAs(P)/InGaP의 부정합 계면으로 전환되는 계에서 이루어 졌다. 단면 투과전자현미경의 관찰에서, 인장응력을 받는 InGaP 층이 90° 부분전위의 발생으로 먼저 이완되었으며, InGaAsP의 압축응력층은 상호확산이 더 진행된, 즉, 응력을 받는 층의 두께가 더 커진 뒤에 60° 완전전위의 발생으로 이완되었다. 이 결과는 인장응력층의 임계두께가 압축응력층의 것 보다 얇다는 것을 의미한다. 한편, 다층구조의 두께가 얇아지면, 압축응력층에서 지배적으로 발생하는 전위는 60° 완전전위에서 30° 부분전위로 전환되는 경향이 관찰되었다.

계면핵생성에서는 반드시 Burgers 벡터가 반대인 두개의 전위가 쌍을 이루며 생성된다. 반쪽 고리 전위 생성모델을 쌍전위 핵생성에 적용하여 임계두께를 계산한

결과, 실험적으로 관찰된 응력부호와 박막두께의 영향이 잘 설명되었다. 주어진 응역과 박막두께에서 지배적으로 나타날 수 있는 전위 유형은 전위이동으로 이완된 응역 에너지, E_p 를 전위의 선에너지, E_s 로 나눈 비, E_p/E_s 로 정의한 응역이완 효율을 비교하여 간단히 예측될 수 있다. 부분전위에 포함된 적층결함에너지를 고려하지 않을 경우, 응력이완 효율은 박막두께에 무관하게 90°부분전위, 30°부분전위, 60°완전전위의 순위로 떨어진다. 따라서 90°부분전위와 60°완전전위가 경쟁이 되는 인장응역에서는 90°부분전위가 지배적으로 형성될 수 있다. 30°부분전위와 60°완전전위가 경쟁이 되는 압축응력에서는 30°부분전위가 지배적으로 형성되어야 하나, 적층결함 에너지의 기여도가 클 경우 60°완전전위에 비해 에너지적으로 불리하게 될 수 있다. 적층결함에너지를 고려하지 않을 경우, 30°부분전위와 60°완전전위의 응력이완 효율의 차이가 근소하기 때문에 적층결함에너지가 무시될 수 있는 얇은 층에서는 30°부분전위가 지배적으로 나타나게 된다. 압축응력 층의 두께가 커지면, 적층결함에너지의 기여도가 커지게 되어 지배적으로 나타나는 전위는 60°완전전위로 전환된다. 이러한 응력이완 효율의 정성적인 비교 그리고 임계두께에 대한 정량적인 모델 설정에서 중요한 영향을 미치는 재료변수들에 대해 논의하도록 한다.