

III-V 반도체 이종구조에서 불순물 확산에 의한 계면결합의 생성과 전개

Evolution of Interfacial Defects during Impurity Diffusion in III-V Semiconductor Heterostructures

한국전자통신연구소 박효훈

한국과학기술원 이정용

반도체 이종구조에서 열적활성화된 공정에서 일어나는 계면조직의 손상은 소자공정에서 가장 결정적인 문제로 되어 있을 뿐 아니라, 계면현상에 대한 재료과학적인 이해를 위해서도 중요한 주제로 연구되고 있다. 본 연구에서 III-V 반도체 이종구조계에서 불순물 확산과정에서 나타나는 계면에서의 상호확산, interfacial strain과 부정합 전위의 발생, 불순물 석출 등에 의한 미세조직의 손상과정과 그 메커니즘을 소개한다.

계면결합의 생성과정은, 특히 Zn확산된 GaInAsP/InP 이종구조에 대해, 고분해능 TEM, SIMS, AES을 사용하여 체계적으로 조사되었다. GaInAsP/InP, InGaAsP/GaAs계에서 Zn확산은 Ga-In의 상호확산만을 선택적으로 촉진시킴이 관찰되었으며, 이 결과로부터 Zn 와 In (또는 Ga) 침입형원자간의 kick-out mechanism에 의한 확산모델이 제안되었다. 격자정합된 $\text{Ga}_{0.28}\text{In}_{0.72}\text{As}_{0.61}\text{P}_{0.39}/\text{InP}$ 계에서 Ga-In의 선택적 상호확산은 계면에 격자변형을 유발시키며, 이 계면응력은 부정합 전위의 생성으로 이완됨이 관찰되었다. 부정합 전위는 계면으로부터 핵생성되었으며, 그 형상은 계면양단의 인장영역과 압축영역에서 서로 다른형태로 전개되었다. 계면응력의 이러한 이완현상은 쌍 전위 (paired-dislocations)의 생성과 분리에 의한 모델로 설명되었다. Zn의 확산은 또한 Zn_3P_2 석출물을 생성시킴이 관찰되었다. 이 석출물은 계면응력에 의해 생성된 적층결합의 끝에서 우선적으로 핵성성되어, 확산이 진행됨에 따라 수 μm 규모에 걸쳐 모상과 격자정합된 상태로 성장되었다. Zn의 outdiffusion 열처리에서 이 석출물은 분해되어 석출자리에 기공이 형성되었다. 이러한 Zn_3P_2 의 석출과 분해반응은 상변태에 미치는 격자정합과 점결합의 결정적인 역할을 보여주는 것이다.

이상의 III-V 반도체계에서 조사된 불순물에 의한 층간 혼합, 부정합전위에 의한 계면응력의 이완, 그리고 석출물의 생성에 대한 현상들은 다른 재료계에서 이미 유사한 현상으로 광범위하게 관찰되어 온 것이다. 다른 재료계에서 정립된 해석들과 비교하며 본 연구의 이종구조계의 계면현상에서 개입되는 재료과학적인 개념들을 논의하고자 한다.

관련논문 :

1. Hyo-Hoon Park, Kyung Ho Lee, Jung Kee Lee, Yong Tak Lee, El-Hang Lee, Jeong Yong Lee, Soon-Ku Hong, and O'Dae Kwon, "Microstructural degradation during Zn diffusion in a GaInAsP/InP heterostructure: Layer mixing, misfit dislocation generation, and Zn₃P₂ precipitation," Submitted to J. of Applied Physics (on the process of revision).
2. H.-H. Park, Jung Kee Lee, El-Hang Lee, Jeong Yong Lee, and Soon-Ku Hong, "Strain relaxation via interface nucleation of misfit dislocations in intermixing layers," to be presented at MRS 1992 Spring Meeting.
3. H.-H. Park, Eun Soo Nam, Yong Tak Lee, and El-Hang Lee, and Jeong Yong Lee, "Formation of misfit dislocations during Zn-diffusion-induced intermixing of a GaInAsP/InP heterostructure" Applied Physics Letters, 59(16), p.2025 (1991).
4. H.-H. Park, Eun Soo Nam, Yong Tak Lee, and El-Hang Lee, Jeong Yong Lee, and O'Dae Kwon, "Formation of stacking faults and misfit dislocations during Zn diffusion-enhanced intermixing of a GaInAsP/InP heterostructure" MRS Symposium Proceedings, Vol. 202, p.591 (1991).
5. H.-H. Park, B. K. Kang, E. S. Nam, Y. T. Lee, J. H. Kim, and O'D. Kwon, "Zn diffusion enhancement of interdiffusion in a GaInAsP-InP heterostructure," Appl. Phys. Lett. 55(17), p.1768 (1989).
6. H.-H. Park, Kyung Ho Lee, Eun Soo Nam, Yong Tak Lee, Jung Ho Kim, Bong Ku Kang, and O'Dae Kwon, "Impurity diffusion enhancement of interdiffusion in GaInAsP heterostructures lattice matched to GaAs and InP", J. of Korean Physical Society, 22(4), p.435 (1989).