A29

이온선보조증착에 의한 HEMT소자용 $Si_{1-x}Ge_x$층의 정합성장

박상욱, 심재엽, 한희돈, 백홍구 연세대학교 금속공학과

Si기판에 성장된 정합 $Si_{1-x}Ge_x$층의 indirect band gap은 격자부정합변형, Ge조성에 따라 감소되므로, $Si_{1-x}Ge_x$층/Si형태의 고기능이종접합소자의 제조가 가능하다. 기존까지는 MBE, UHV-CVD법 등에 의해 정합$Si_{1-x}Ge_x$층을 성장시켜 왔으나, 두 공정의 경우 intrinsic dopant의 outdiffusion, $Si_{1-x}Ge_x$층의 3차원적 성장, 성장층내의 과다한 전위생성 등이 문제점으로 대두되었다. 정합$Si_{1-x}Ge_x$층의 indirect band gap변화에 큰 영향을 미치는 이 문제점들은 공통적으로 고온의 증착온도에 기인된것이므로, 정합층의 성장시 저에너지의 이온을 동시에 조사시켜 정합성장온도를 저하시키는 것이 해결책으로 제시되었다. 따라서 본 연구에서는 이온선보조증착 (ion beam assisted deposition)에 의해 MBE에 비해 낮은 증착온도에서 정합$Si_{1-x}Ge_x$층(x=0.5)을 성장시켰고, 증착조건에 따른 결정성, 성장방식, 정합층의 C-축변형 등을 고찰하였다. 본 연구에 이용된 이온선보조증착장치는 grid형 hollow cathode이온총(2.2keV), Faraday cup, 전자선증발기 (10kW), 열증발기 (300A), QMS로 구성되었다. 화학적인 기판의 전처리 작업 후에도 기판표면에 존재할 수 있는 산화물, 무기물을 제거하기위해 Ar^+이온선 (200eV, 200$\mu A/cm^2$)을 상온에서 기판에 조사시킨 후 500℃에서 15분간 열처리하였다. 초기진공도 및 조업진공도는 각각 6×10^{-7}Torr, 2×10^{-5}Torr였으며, QMS를 이용하여 진공용기내에 존재하는 H_2O, CO, H_2, CH_x의 분압을 측정하여 이들의 분압이 가장 적은 조건에서 증착을 행하였다. Si와 Ge은 각각 전자선증발기와 열증발기에 의해 두께측정기에의해 조절된 증착속도로 증착되었으며, 증착시 일정에너지, 전류밀도로 제어된 Ar^+이온선을 기판에 동시에 조사시켜 $Si_{1-x}Ge_x$층을 성장시켰다. 증착된 시편에 대해 XRD, DCRD, TEM, RBS등의 분석을 수행하여 결정성, 성장방식, 정합층의 C-축변형등을 고찰하였다. 이와함께 I-V 및 Hall분석을 행하여 $Si_{1-x}Ge_x$층의 전기적 특성을 평가하였다. $Si_{1-x}Ge_x$층의 결정성은 증착온도에 비해 Ar^+이온에너지에 더 큰 영향을 받았으며, 이는 박막의 결정화에 대한 주요 인자인 증착원자의 이동도가 증착온도에 비해 이온에너지에 더 현저하에 의존하기 때문이다. $Si_{0.5}Ge_{0.5}$층의 정합성장온도는 300eV, 10$\mu A/cm^2$하에서 200℃였으며, 이는 MBE의 570℃에 비해 현저히 낮은 온도이다. $Si_{0.5}Ge_{0.5}$층의 성장시 200℃, 10$\mu A/cm^2$에서 Ar^+이온에너지의 증가에 따라 가장 현저하게 결정성이 개선되었으며, AFM분석결과 이온에너지의 증가에 따른 cluster의 파괴에 의해 성장방식이 3차원적 성장방식에서 2차원적 성장방식으로 변화하였음을 확인하였다. 한편 $Si_{0.5}Ge_{0.5}$층의 C-축 변형은 증착온도의 증가에 따라 격자부정합 전위밀도의 증가에 의해 감소되었으며, Ar^+이온에너지, 이온전류밀도의 증가에 따라 박막성장시 Ar^+이온충돌에 의한 ion peening효과에 의해 선형적으로 증가하였다.

참고문헌

1. T. P. Pearsall, CRC Critical Review in Solid State and Materials Science, 15, 551 (1989)
2. J. C. Bean, Appl. Phys.Lett., 44, 102 (1984)
3. E. Kasper, Thin Solid Fims, 44, 357 (1977)
4. P. O. Hanson, J. Appl. Phys., 68,2158 (1990)
5. J. E. Greene, J. Vac. Sci. Technol., 21(2), 285 (1982)