

이온선보조증착에 의한 $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ ($x=0.2, 0.5$)층의 저온정합성장에 관한연구
 (A Study on the Low Temperature Epitaxial Growth of
 $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ ($x=0.2, 0.5$) Layer by Ion Beam Assisted Deposition)

박상욱, 백홍구
 연세대학교 금속공학과
 정련 및 박막재료연구실

1. 서론

Si기판에 성장된 정합 $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ 층의 indirect band gap은 격자부정합변형, Ge 조성에 따라 감소되므로, $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x/\text{Si}$ 형태의 고기능이종접합소자의 제조가 가능하다. 기존까지는 MBE, UHV-CVD법등에 의해 정합 $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ 층을 성장시켜 왔으나, 두 공정의 경우 intrinsic dopant의 outdiffusion, $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ 층의 3차원적 성장, 성장층내의 과도한 전위생성등이 문제점으로 대두되었다. 정합 $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ 층의 indirect band gap변화에 큰 영향을 미치는 이 문제점들은 공통적으로 고온의 증착온도에 기인된것 이므로, 정합층의 성장시 저에너지의 이온을 동시에 조사시켜 정합성장온도를 저하시키는것이 해결책으로 제시되었다.

따라서 본 연구에서는 이온선보조증착(ion beam assisted deposition)에 의해 MBE에 비해 낮은 증착온도에서 정합 $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ 층($x=0.2, 0.5$)을 성장시켰고, 증착조건에 따른 결정성, 성장방식, 정합층의 C-축변형등을 고찰하였다.

2. 실험방법

본 연구에 이용된 이온선보조증착장치는 grid형 hollow cathode이온총(2.2keV), Faraday cup, 전자선증발기(10kW), 열증발기(300A), QMS로 구성되었다. 화학적인 기판의 전처리작업 후에도 기판표면에 존재할수있는 산화물, 무기물을 제거하기 위해 Ar^+ 이온선(200eV, $20\mu\text{m}/\text{cm}^2$)을 상온에서 기판에 조사시킨 후 500°C 에서 15분간 열처리하였다. 초기진공도 및 조업진공도는 각각 $6 \times 10^{-7}\text{ torr}$, $2 \times 10^{-5}\text{ torr}$ 였으며, QMS를 이용하여 진공용기내에 존재하는 H_2O , CO , H_2 , CH_x 의 분압을 측정하여 이들의 분압이 가장적은 조건에서 증착을 행하였다. Si과 Ge은 각각 전자선증발기와 열증발기에 의해 두께측정기에 의해 조절된 증착속도로 증착되었으며, 증착시 일정 에너지, 전류밀도로 제어된 Ar^+ 이온선을 기판에 동시에 조사시켜 $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ 층을 성장시켰다.

증착된 시편에 대해 XRD, DCRD, TEM, AFM, RBS등의 분석을 수행하여 결정성, 성장방식, 정합층의 C-축변형등을 고찰하였다. 이와함께 I-V 및 Hall분석을 행하여

Si_{1-x}Ge_x층의 전기적특성을 평가하였다.

3. 실험결과

Si_{1-x}Ge_x층의 결정성은 증착온도에 비해 Ar⁺이온에너지에 더 큰영향을 받았으며, 이는 박막의 결정화에 대한 주요 인자인 증착원자의 이동도가 증착온도에 비해 이온에너지에 더 현저하게 의존하기 때문이다. Si_{0.8}Ge_{0.2}층과 Si_{0.5}Ge_{0.5}층의 정합성장온도는 각각 200eV, 10 μ A/cm² 하에서 200 $^{\circ}$ C, 300eV, 10 μ A/cm² 하에서 200 $^{\circ}$ C 였으며, 이는 MBE의 650 $^{\circ}$ C (Si_{0.8}Ge_{0.2}), 570 $^{\circ}$ C (Si_{0.5}Ge_{0.5})에 비해 현저히 낮은 온도이다. Si_{0.5}Ge_{0.5}층의 정합성장에 요구되는 Ar⁺이온에너지가 Si_{0.8}Ge_{0.2}층의 정합성장에 요구되는 Ar⁺이온에너지 보다 더 큰것은 Si_{0.5}Ge_{0.5}층의 성장시 격자부정합이 Si_{0.8}Ge_{0.2}층의 격자부정합 보다 크기 때문이다.

또한 Si_{0.8}Ge_{0.2}층, Si_{0.5}Ge_{0.5}층의 성장시 200 $^{\circ}$ C, 10 μ A/cm²에서 Ar⁺이온에너지의 증가에 따라 가장 현저하게 결정성이 개선되었으며, AFM분석결과 이온에너지의 증가에 따른 cluster의 파괴에 의해 성장방식이 3차원적 성장방식에서 2차원적 성장방식으로 변화하였음을 확인하였다.

한편 Si_{0.8}Ge_{0.2}층, Si_{0.5}Ge_{0.5}층의 C-축변형은 증착온도의 증가에 따라 격자부정합 전위 밀도의 증가에 의해 감소되었으며, Ar⁺이온에너지, 이온전류밀도의 증가에 따라 박막성장시 Ar⁺이온충돌에 의한 ion peening효과에 의해 선형적으로 증가하였다.

4. 참고문헌

- 1) T. P. Pearsall, CRC Critical Review in Solid State and Materials Sciences, 15, 551 (1989)
- 2) J. C. Bean, Appl. Phys. Lett., 44, 102 (1984)
- 3) E. Kasper, Thin Solid Films, 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)