

Solid source Si MBE 를 이용하여 Si(100) 기판위에 저온에서 성장된 SiGe 박막의 결정 구조 변화에 관한 연구

(Study of the crystal structure of SiGe epilayers grown at low temperature on Si (100) substrate by solid source silicon molecular beam epitaxy)

한국전자통신연구소 : 이승철, 윤선진, 박신종

한국과학기술원 : 이정용, 김홍승

CVD 방식에 비하여 성장온도가 비교적 낮은 Si MBE 에서 박막성장온도를 더욱 낮춤으로써 이른바 n-type doping 문제의 해결을 시도하거나 Delta-doping 의 Profile 급준성을 유지하기 위한 연구가 수행되어 왔으며, 아직 논란의 여지는 있으나 SiGe/Si 이중접합계면에서의 Ge 상호확산현상을 억제할 수 있다는 측면에서 400 °C 이하에서 Si 및 SiGe 박막을 성장하고 그 특성을 분석하는 연구가 관심을 끌고 있다. 그러나 저온에서 이들 박막을 성장할 경우 성장 도중, 박막의 결정성이 단결정 상태에서 비정질 혹은 다결정 상태로 상전이 하기 때문에 주어진 성장 조건에서 성장 가능한 단결정 박막의 두께 (한계두께) 가 제한을 받는다. 본 논문에서는 이와 같은 제한적 요소가 수반하는 결정성 상전이 과정에서 나타나는 Si 및 SiGe 의 결정 구조 변화를 비교 관찰하고 이들 상전이 현상에 미치는 Ge 의 역할을 주로 분석한다.

본 논문에서 사용된 시료는 RIBER SIVA45 Solid source MBE 로 성장되었으며, 사용된 기판은 비저항 50 ohm-cm 의 Boron-doped Si(100) 기판으로, 이 기판위에 공통적으로 520 °C 에서 0.14 nm/sec 의 성장속도로 두께 200 nm 의 Si buffer layer 를 성장한 뒤 성장온도와 Ge mole 농도를 바꾸어 가며 Si 혹은 SiGe 박막을 성장하였다. 성장온도는 150 ~ 450 °C, Ge mole 농도는 0 ~ 0.7 의 범위내에서 조절하였다. 이들 시료에서 일어나는 결정성의 변화는 주로 단면 TEM 과 X-ray diffraction 으로 관찰하였다.

250 °C 에서 성장된 $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ 박막에서는, 순수 Si ($x=0$)인 경우 한계두께 부근에서 급격한 단결정-비정질 상전이가 일어나는데 비하여 Ge mole 농도 x 가 증가할 수록 한계두께값이 증가하고 박막 성장이 한계두께를 초과할 경우 다결정화하려는 경향을 보인다. 또한 Stacking fault 수가 증가하고 X-ray diffraction 결과에서는 Diamond cubic (h.c.) 구조이외에 Diamond hexagonal (d.h.) 구조에 해당하는 Peak 도 관측된다. 성장온도를 변화시킬 경우 Ge mole 농도에 관계없이 한계두께가 증가하며 단결정-비정질 상전이에서 단결정-다결정 상전이로 상전이 경향이 바뀌게 된다. 결정성 상전이 이후에 생성되는 다결정 SiGe 박막의 Texture 는, 성장온도 의존도 측면에서는 일반적인 다결정 Si 증착 박막과 유사한 경향을 보이나 Ge mole 농도 의존도는 재결정화된 다결정 Si 박막에서 볼 수 있는 결정 구조에 가까운 경향을 가지며 방향성이 다소 약화되는 경향이 관측되었다.

본 논문에서는 SiGe 박막의 결정성 상전이 과정에서의 Ge 의 역할과 함께 앞서 관측된 성장온도 변화에 따른 결정성의 변화도 상호 비교 분석한다.