

[II-4]

Solid source MBE 로 성장된 $\text{Si}_{0.8}\text{Ge}_{0.2}/\text{Si}(001)$ 구조에 *in situ* doping 된 Boron 이 Strain relaxation 에 미치는 영향 연구

이 승 창, 윤 선 진, 박 신 중
한국전자통신연구소

현재까지 알려진 바로는 불순물의 Doping 이 SiGe/Si 과 같은 격자부정합구조의 Strain relaxation 에 미치는 영향이 미미한 것으로 알려져 왔다. 그 이유는 일반적으로 Doping 농도 범위가 최고 $10^{20}/\text{cm}^3$ 을 넘지 않기 때문이다. 그러나 Dopant 로 사용하는 불순물 역시 격자 결함의 일종으로 경우에 따라 Strained layer 구조에서 Misfit dislocation 의 Seed 역할을 할 가능성이 있다. 실제로 Si MBE 에서 p 형 Dopant 로 사용되는 Boron 은 Si lattice 내에서 격자구조를 응축시키는 효과를 가지고 있으므로 Dopant 로서 Strain relaxation 에 영향을 미칠 수 있다. 이와 같은 이유에서 본 논문에서는 $\text{Si}_{0.8}\text{Ge}_{0.2}/\text{Si}(001)$ 구조에 Doping 된 Elemental boron 이 Strain relaxation 에 미치는 영향을 분석하였다.

시료는 $\text{Si}_{0.8}\text{Ge}_{0.2}/200\text{nm-Si}$ buffer층으로 구성되어 있으며 $\text{Si}_{0.8}\text{Ge}_{0.2}$ 박막의 성장온도와 성장 속도는 각각 680°C 와 0.1 nm/sec 였다. Boron 농도 N_B 의 조절 범위는 $1 \times 10^{19} \sim 3 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ 로 하였다. Undoped $\text{Si}_{0.8}\text{Ge}_{0.2}$ 박막도 성장하여 Doping 된 시료와 비교하였다. SIMS 와 Spreading resistance 측정법을 이용하여 N_B 의 농도와 전기적 활성도를 측정하였고, $\text{Si}_{0.8}\text{Ge}_{0.2}$ 박막의 두께를 $50 \sim 200\text{ nm}$ 범위내에서 변화시키면서 Double crystal XRD 을 이용하여 Strain relaxation 여부를 관측하였다.

성장온도 680°C 에서 Undoped $\text{Si}_{0.8}\text{Ge}_{0.2}$ 박막의 임계두께는 대략 180 nm 내외인 것으로 측정되었었다[1]. Undoped $\text{Si}_{0.8}\text{Ge}_{0.2}$ 박막의 Background 불순물 농도는 $\sim 10^{14}/\text{cm}^3$ 정도이며 n 형 특성을 갖는다. 그런데 Boron doping 의 결과, 본 논문의 실험 범위의 최소치인 $N_B = 1 \times 10^{19}/\text{cm}^3$ 에서 이미 부분적인 Strain relaxation 이 관측되었다. 이 N_B 값은 SiGe/Si HBT 등에서 Base 층 Doping 에 흔히 사용되고 있는 농도에 해당한다. N_B 를 $3 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ 까지 증가시켰을 경우 임계두께는 Undoped 박막에 비하여 절반이하로 감소하는 경향을 보였다.

결론적으로 Dopant 의 농도는 Ge mole fraction, 박막성장온도와 함께 Si(001) 위에 성장된 SiGe 박막의 임계두께를 결정하는 변수 역할을 하고 있으며 본 논문에서는 이들 경향을 연구 보고한다.

- [1] S. C. Lee, S. J. Yun, B. W. Kim, and S. W. Kang, in Bull. Am. Phys. Soc., The Program of APS March Meeting (Pittsburgh, PA), 931 (1994)