

Analysis of lattice-mismatched introduced defects in P-HEMT structures by DXRD

김상기, 이해권, 홍상기, 이재진, 구진근, 남기수

한국전자통신연구소 반도체연구단

최근 HEMT 소자의 성능을 향상시키기 위한 대부분의 연구는 전도층을 격자 부정합으로 성장 시킨 pseudomorphic InGaAs/InAlAs/InP HEMT 에 관심이 집중되고 있다. 이러한 HEMT 소자의 전기적 특성은 소자를 이루고 있는 물질뿐만 아니라 성장되는 구조에 의해서도 많이 좌우된다. 특히 구조 내의 완충층은 기판으로부터의 결함 방지, 격자부정합의 완화 등 소자 성능 향상을 위해 많이 연구되고 있다. 특히 우수한 특성을 갖는 소자의 제조는 InGaAs 층과 InAlAs 층의 In 조성이 매우 중요하다. 본 연구에서는 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}/\text{In}_y\text{Al}_{1-y}\text{As}$ 에피층의 In 조성 x 및 y 를 DXRD 를 통해 분석하였고, 완충층 내의 결함을 TEM 을 통해 관찰하였다. 그리고 Hall 측정을 통하여 전자의 이동도 및 농도를 측정하였다.

DXRD 분석에 사용된 시료는 전도층의 In 조성이 완충층의 조성인 52%와 격자상수가 달라 misfit strain 을 받고 있는 구조로서 In 조성이 약 58%, 63%등으로 성장된 InGaAs/InAlAs/InP P-HEMT 구조이다. 완충층은 먼저 약 1000 Å의 InAlAs 위에 50 Å/50 Å씩 4 주기로 InAlAs/InGaAs 의 초격자 층을 성장하였고, 그 위에 5000 Å의 InAlAs 층으로 이루어지는 완충층을 InP 기판 위에 성장하였고, 전도층으로 300 Å의 $\text{In}_{0.53}\text{Ga}_{0.47}\text{As}$ 와 100 Å의 $\text{In}_{0.42}\text{Ga}_{0.58}\text{As}$ 층을 성장하였다.

전기적 특성 조사를 위한 Hall effect 관찰에서 전도층의 In 조성이 58%인 시료는 전자의 농도 $5 \times 10^{12}/\text{cm}^2$ 에서 약 $9,100\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{sec}$ 의 이동도를 나타내었으나 전도층의 In 조성이 63%인 시료는 전자의 이동도가 약 $3,500\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ 로 높지 않았다. 이는 전도층의 In 조성이 높을수록 strain 효과에 의하여 더 높은 이동도를 나타내어야 함에도 낮은 이동도를 나타낸 것은 전도층과 완충층의 격자상수의 심한 차이로 접합 계면에 결함이 형성되었음을 TEM 으로 관찰하였다. TEM 단면 관찰을 통해서 In 조성이 58%인 시료는 결함 없이 각 층의 성장이 이루어졌으나, 조성이 63%인 다층구조 시료 내에는 많은 결함이 형성되었다. 이는 비파괴적인 방법의 DXRD 분석에서도 동일한 결과를 얻었다. 따라서 이중접합 구조에서 In의 조성과 격자부정합, 그리고 에피층의 결정성 등을 분석하는데 DXRD 로킹커브를 통해 쉽게 알 수 있었다.