

## MBE 에 의한 InGaAs/GaAs P-HEMT 성장과 특성

이해권, 이재진, 노동완, 박형무, 김경수

한국전자통신연구소 반도체 연구단.

이종접합구조에 의한 2DEG 층 형성과 격자 부정합에 의한 격자간 스트레인의 전기적 특성을 이용한 InGaAs/GaAs P-HEMT 구조를 MBE 장치를 이용하여 성장 하였으며 Hall effect 와 Photoluminescence 측정으로 그 특성을 조사 하였다. 실험에 사용된 MBE 장치는 시료를 장진하는 장입실과 열처리하는 처리실 그리고 성장하는 성장실로 이루어져 있으며 배경 진공도를  $3 \times 10^{-11}$  Torr 이하 로 유지할 수 있다. 기판은 방향이 (100)인 반 절연성 GaAs 이었으며 세척하지 않고 처리실에서 250 °C 로 수분을 제거한후 성장실로 이송시켜 약 580 °C 로 가열하여 표면의 자연산화막을 제거 하였으며 이를 반사고에너지전자회절(RHEED: Reflection High Energy Electron Diffraction)상을 이용하여 형상이 2X4가 됨을 확인 하였다. 성장기판온도는 GaAs 성장시 590 °C 였으며 InGaAs 층의 성장시는 성장표면에서의 In 분자의 재증발을 방지하기 위하여 520 °C 로 낮추었다. 성장물질의 양은 3족인 Ga과 In의 flux가 각각  $2.98 \times 10^{-7}$  Torr 와  $2.2 \times 10^{-7}$  Torr 였으며 5족인 As은  $6 \times 10^{-6}$  Torr 에서  $1 \times 10^{-5}$  Torr로 3족에 대한 5족의 비가 15 에서 20 사이를 유지 하였다. 또한 성장률은 GaAs 의 경우  $1 \mu\text{m/h}$  이었으며 InGaAs 의 경우 GaAs 성장에 In 분자의 첨가에 의하여  $1.2 \mu\text{m/h}$  였다. InGaAs 성장시 In 조성은 RHEED 진동을 이용하여 0.16 임을 알았으며 진동중 이종계면에서 표면의 평탄성이 급격히 나빠짐을 알았다. P-HEMT 의 구조는 반절연의 GaAs (100)기판위에 완충층으로 불순물이 첨가되지 않은 GaAs를 5000 Å 성장하고 전도층인 격자부정합을 이루어 스트레인을 받는 InGaAs 층을 130 Å 성장하고 30 Å 의 분리층을 성장한 후 80초간 Si 불순물만을 흡착시키는  $\delta$ -변조도핑을 실시 한후 400 Å 의 AlGaAs 층을 성장하였으며 두 정층으로 Si 불순물 농도  $3 \times 10^{18}/\text{cm}^3$  의 GaAs 를 50 Å 성장 하였다. 성장된 시료의 구조는 이차이온질량분석(SIMS)의 깊이 분석을 통하여 확인 하였다. 여기에서 성장기판의 온도가 580 °C 인 시료는 InGaAs 성장시 In 분자의 재증발로 In 의 분포가 전도층인 InGaAs 층에서 매우 낮게 나타났으며 전자공급층인 AlGaAs 층과 표면쪽에서도 낮게 나타났다. 그러나 기판의 온도가 520 °C 인 시료에서는 전도층에서만 In 의 분포가 나타나고 있으며 투과전자현미경(TEM) 사진을 통하여 뚜렷이 확인 할 수 있었다. 시료의 전기적특성인 Hall 효과 측정에서 기판의 온도

가 580 °C 인 시료는 상온에서  $3.6 \times 10^{12}/\text{cm}^2$ 의 전자농도와  $1970 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ 의 이동도를 나타내고 있으며 520 °C 인 시료에서는  $3500 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ 의 이동도를 나타내었다. 또한 이차원전자개스층이 존재하는 이종계면에서 약 50초간 성장을 멈추어주었다가 계속 성장시킨 시료에서는  $3 \times 10^{12}/\text{cm}^2$ 의 전자 농도와  $4500 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ 의 이동도를 얻었으며 77K에서는  $10600 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ 의 이동도를 얻어 계면의 급격성이 전자의 이동도에 미치는 영향을 알 수 있었다. 광학적 특성인 Photoluminescence 분석에서도 기판의 온도가 580 °C 로 높은 시료에서는 전도층에 의한 peak 을 얻을 수 없었으며 기판온도가 520 °C 이고 계면에 성장멈춤을 시도한 시료에서 8700 Å 부근의 InGaAs 전도층의 강한 peak 을 얻어 이차원전자개스(2DEG)의 존재를 확인하였다. 따라서 MBE 에 의한 GaAs 기판위에 InGaAs층 성장시 In 분자의 재증발을 방지하기 위해서 기판의 온도조절이 되어져야하며 형성된 2DEG 층에서의 전하이동도를 증대시키기 위해서는 이종계면에서 성장멈춤을 시도 하여야 함을 알 수 있었고 이러한 시료가 소자제작에 매우 유용하리라 본다.