

# Trimethylgallium과 Arsine을 이용하여 Ultra High Vacuum Chemical Vapor Deposition 방법으로 성장된 GaAs의 탄소 함유 과정에 관한 연구

노정래, 박성주, 심재기, 이일항

한국전자통신연구소 기초기술연구부

## 서론

최근 새로운 단결정 박막 성장 방법으로 관심을 모으고 있는 Chemical Beam Epitaxy(CBE) 법의 취약점인 고농도 탄소 불순물 함유의 문제점을 개선하기 위해서 TMG와 사전 열분해 공정을 거치지 않은 분자 상태의 arsine을 이용하여 표면 화학 반응만으로 고순도의 GaAs를 성장시켰다. 성장된 GaAs 단결정 박막의 성장 속도와 탄소 불순물 농도를 성장 온도와 3족과 5족 개스의 상대적 비율 변화에 따라서 고찰하였으며, 성장 변수에 따른 탄소 불순물의 함유 과정과 광학적 특성에 대해서도 알아 보았다.

## 실험방법

본 연구에서 성장된 GaAs 시편은 Turbo Molecular Pump에 의하여  $10^{-10}$ Torr까지 배기되는 Ultra High Vacuum Chemical Vapor Deposition (UHVCVD) 장치에서 성장되었으며, 성장 장치에 대한 자세한 설명은 참고 문헌 [1]에 기술되어 있다. 실험에 사용한 기판은 (110) 방향으로  $2^\circ$  경사진 (100) 표면의 semi-insulating GaAs 이며, arsine 분위기 630°C에서 약 15분 동안 thermal cleaning 한 후 성장에 이용하였다. 성장시 원료 개스로는 trimethylgallium과 사전 열분해 과정을 거치지 않은 arsine을 사용하였다. 성장시 기판의 온도는 thermo-couple과 optical pyrometer를 사용하여 측정하였으며, 이 때의 신호를 자동 온도 조절 장치에 입력하여 온도를 제어하였다. GaAs 성장시 기판의 온도는 570-690°C이며, 성장실의 압력은  $2 \times 10^{-5} - 2 \times 10^{-4}$ Torr 이다.

## 결과 및 고찰

GaAs 기판의 온도가 600°C 이상에서는 Ga droplet이 없는 mirror-like 한 표면의 성장이 이루어졌으며, V/III 비율이 증가함에 따라서 표면 형상이 개선되는 경향을 보였다. 그림 1에서 볼 수 있듯이 GaAs의 성장 속도는 시간당 약  $1.5 \mu\text{m}$  정도였으며, arsine의 표면 분해에 의하여 성장 속도가 결정되는 저온 구간과 표면에 흡착된 TMGa의 탈착 과정에 의하여 제한되는 구간으로 나누어짐을 관찰하였다. 그림 2는 성장 온도에 따른 탄소 불순물의 농도를 Van der Pauw 방법으로 측정하여 도시한 것이다. 660°C 이하의 구간에서 성장 온도가 증가함에 따라서 탄소의 농도가 급격히 감소하여 660°C에서는  $4 \times 10^{16} \text{cm}^{-3}$ 의 저탄소 농도의 GaAs를 성장할 수 있었다. 이러한 결과는 arsine을 사전 열분해하여 사용하는 Chemical Beam Epitaxy(CBE)와 비교할 때 탄소 불순물의 혼입이 약 100 배 가량 더 적은 것으로 [2,3], 그 주요한 원인은 표면에서 arsine이 분해될 때 생성되는 수소 원자에 의하여 표면에 흡착된 탄소 함유 물질들이 효과적으로 제거되기 때문이다. [4] 성장된 GaAs 시편의 저온 Photoluminescence 측정 결과 광학적 특성 또한 우수한 것으로 나타났다. (그림3)

## 결론

성장 온도와 V/III 비율을 변화 시키며 UHVCVD 방법에 의해 성장된 GaAs의 전기 및 광학적 특성을 조사하였다. 성장된 GaAs 에피택시층의 탄소 불순물 농도는

약  $2 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$  정도이며, 이 값은 arsine을 사전 열분해하는 CBE 방법과 비교할때 약 100 배 정도 낮다. 탄소 불순물의 농도가 낮아지는 원인은 arsine에 부착된 수소 원자가 성장 표면에서 탄소 불순물을 제거하는 과정에 참여하기 때문인 것으로 판단된다.

**참고문헌**

1. 박성주, 심재기, 박경호, 유병수, 이일항, 응용물리, 4(3), 380(1990)
2. C.R. Abernathy, S.J. Pearton, F. Ren, W.S. Hobson, T.R. Fullowan, A. Katz, A.S. Jordan, and J. Kovalchick, J. Cryst. Growth, 105, 375(1990)
3. M. Konagai, T. Yamada, T. Akatsuka, S. Nozaki, R. Miyake, K. Saito, T. Fukamachi, E. Tokumi, and K. Takahashi, J. Cryst. Growth, 105, 359(1990)
4. J.E. Cunningham, G. Trimp, T.H. Chiu, J.A. Ditzenberger, W.T. Tsang, A.M. Sergent and D.V. Lang, J. Cryst. Growth, 95, 185(1989)

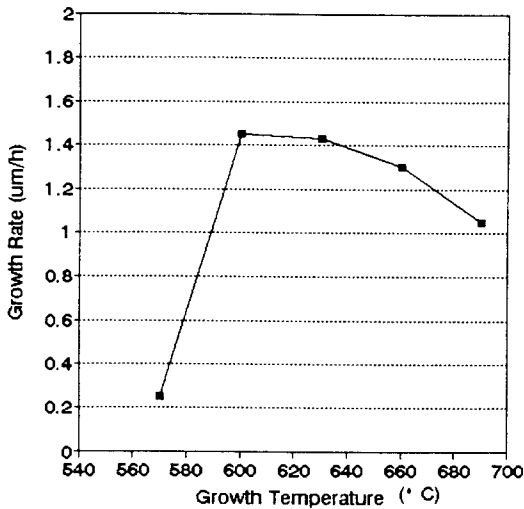


그림1. 온도 변화에 따른 성장 속도  
( $P=1.2 \times 10^{-4} \text{ Torr}$ ,  $V/III=10$ )

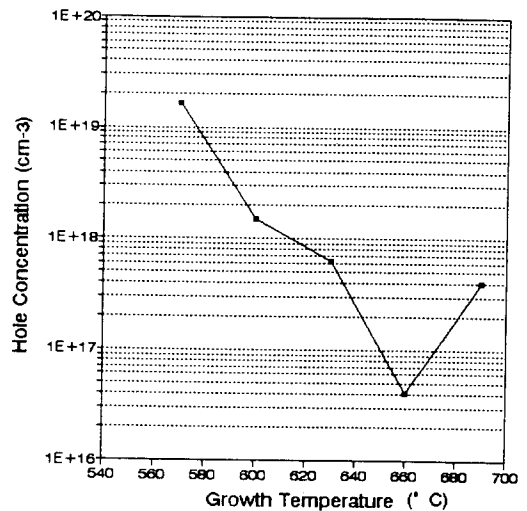


그림2. 온도 변화에 따른 탄소 불순물 농도  
( $P=1.2 \times 10^{-4} \text{ Torr}$ ,  $V/III=10$ )

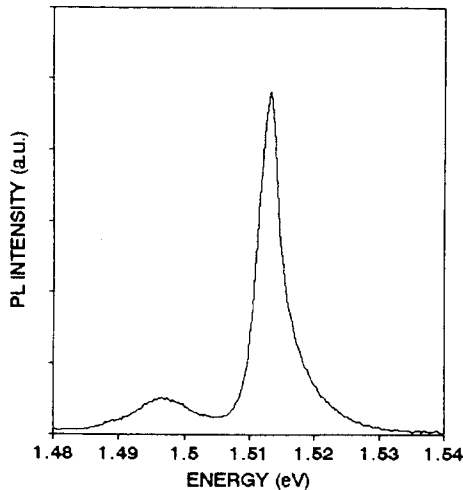


그림3. 19K Photoluminescence 분석 자료  
(630°C,  $P=2 \times 10^{-5}$ ,  $V/III=10$ )