

# III-V 화합물 반도체 마이크로머시닝을 위한 InP를 기반으로 한 미세구조의 제조에 관한 연구

노기영, 이종현, 김정호, 황상구, 홍창희, 심준환\*

경북대학교 전자전기공학부, \*한국해양대학교 전자통신공학과

## Fabrication of InP-Based Microstructures for III-V Compound Semiconductor Micromachining

Ki-Young Roh, Jong-Hyun Lee, Jeong-Ho Kim,

Sang-Ku Hwang, Tchang-Hee Hong, Jun-Hwan Sim\*

Kyungpook National University, \*Korea Maritime University

E-mail : jhsim@hanara.kmaritime.ac.kr

### 요 약

본 논문에서는 III-V 화합물 반도체 마이크로머시닝을 위한 InP를 기반으로 한 미세구조의 제조에 관하여 보고한다. InP/InGaAsP/InP 구조를 성장시키기 위하여 수직 LPE 시스템을 사용하였다. 성장된 InGaAsP층의 두께는  $0.4\mu\text{m}$ 이고, InP top-layer의 두께는  $1\mu\text{m}$ 이었다. InGaAsP 미세구조의 제조는 front side 벌크 마이크로머시닝으로 이루어졌다. 실험결과에서  $\langle 110 \rangle$  방향에서 빔의 측면에칭이  $\langle 100 \rangle$  방향에서의 에칭보다 더 빠르기 때문에 빔은  $\langle 110 \rangle$  방향으로 정렬되어야 함을 보였다.

### ABSTRACT

In this paper, we report a fabrication of InP-based microstructures for III-V compound semiconductor micromachining. Vertical liquid phase epitaxy(LPE) system was used in order to grow the InP/InGaAsP/InP layers. The thicknesses of InP top-layer and InGaAsP were  $1\mu\text{m}$  and  $0.4\mu\text{m}$ , respectively. The fabrication of InGaAsP microstructures involves front side bulk micromachining. The experimental result showed the beams must be carefully aligned in the  $\langle 110 \rangle$  direction since the lateral etching of the beam in the  $\langle 110 \rangle$  direction is more faster than that of the beam in the  $\langle 100 \rangle$  direction.

### 1. 서 론

현재까지 실리콘에서 마이크로머시닝의 적용기술은 기존의 집적회로 공정기술과 더불어 전자소자와 미세기계구조를 집적화 하는 수준까지 도달에 있다. 최근의 MEMS(micro electro mechanical systems) 관련학회의 발표내용을 중심으로 연구동향을 분석해 보면, optical MEMS 분야의 연구가 급격하게 늘고 있음을 알 수 있다[1-3]. 그러나, 실리콘을 기반으로 한 optical MEMS 기술은 광전자소자(optoelectronic device)와 기계구조를 단일 칩 안에 집적화 할 수 없다는 단점을 가지

고 있다. 반면에 III-V 화합물, 즉 GaAs 또는 InP는 MOEMS(micro opto electro mechanical systems)분야에서 기술적인 관점(마이크로머시닝에 있어서 큰 융통성과 정확성)과 고유한 특성(direct band-gap, piezoelectricity, heterostructure-based physical effects) 때문에 실리콘에 비해 많은 유용성을 제공한다[4-6]. 그 중에서 InP 화합물 재료는  $1.3\text{-}1.55\mu\text{m}$  파장범위에서 GaAs 보다 현저한 이점을 가지고 있다. 본 논문에서는 LPE(liquid phase epitaxy) 장치[7]를 이용하여 InP/InGaAsP/InP 구조를 성장시키고, 이 구조를

가지고 선택성이 있는 에칭용액에서 미세구조 제조에 관한 연구를 수행하였다.

## II. 다중 이종접합구조의 결정성장

본 연구에서 다중 이종접합구조의 결정을 성장시키기 위하여 사용된 장비는 자체적으로 제작한 수직형 LPE 장치이다. 먼저 깨끗이 cleaning된 In, GaAs, InAs, 그리고 InP를 흑연보트에 삽입하고 성장용액의 불순물 제거 및 성장용액의 열평형을 위하여 610°C에서 3시간 이상 source baking을 하였고 이렇게 baking된 성장용액에 InP 기판과 cover를 넣고 성장을 시작하기 전에 성장용액을 균일하게 녹이면서 가능한 한 기판의 열손상을 줄이기 위해 610°C에서 40분간 soaking하였으며, 결정성장 직전 In용액으로 InP기판을 10초간 meltback하였는데 이는 610°C에서 soaking을 할 경우 cover crystal을 기판 위에 두더라도 기판은 다소의 열손상을 입기 때문에 열손상된 표면을 제거하기 위한 것이다. 10초간의 meltback을 행한 후, InP buffer층을 약 0.5 $\mu$ m 성장하였고, 이어서 미세구조가 되는 InGaAsP층을 40초간 성장하였다. 그리고 InGaAsP 에칭시 마스크 역할을 하는 InP top-layer를 40초간 성장하였다. 그림 1은 웨이퍼의 성장에 사용된 온도 프로그램을 나타낸 것이다. 그리고 이렇게 성장된 다중 이종접합구조가 그림 2에 나타나 있다. 그림 3은 결정 성장된 다중 이종접합구조의 SEM사진이다. 이때, 성장된 InGaAsP층의 두께는 0.4 $\mu$ m이고, InP top-layer의 두께는 1 $\mu$ m이었다.

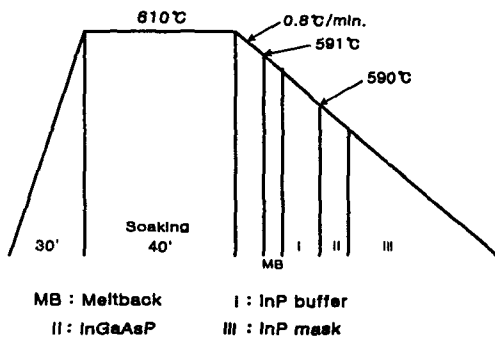


그림 1. 웨이퍼 성장을 사용된 온도 프로그램

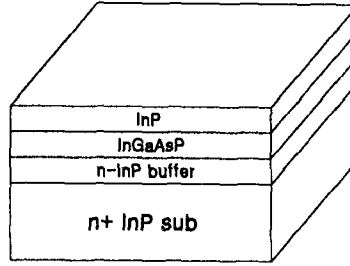


그림 2. 다중 이종접합구조

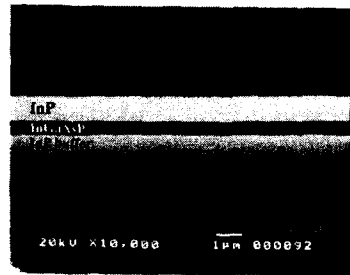


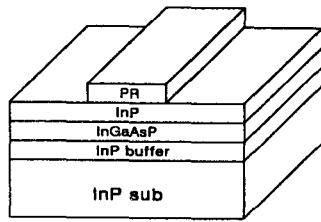
그림 3. 결정성장 단면사진

## III. 미세구조 제조공정

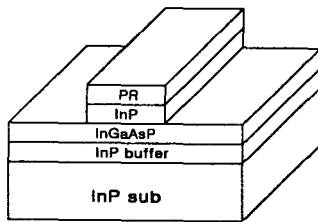
그림 4는 미세구조 제조공정을 나타낸 그림이다. 성장된 InP/InGaAsP/InP 기판을 가지고 먼저 PR을 코팅한 후, 사진식각법으로 미세구조가 될 모양을 정의한다(그림 4(a)). 그리고 InP top-layer를 실온에서 HCl:H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> = 1:4 용액에서 약 1분간 에칭을 하였다(그림 4(b)). 그 다음 PR을 제거한 후, InP top-layer를 마스크 물질로 하여 미세구조가 되는 InGaAsP층을 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>:H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>:H<sub>2</sub>O = 1:1:10 용액에서 2분간 에칭 하였다(그림 4(c)). 마지막으로 InP buffer와 기판을 HCl:H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> = 1:4용액에서 약 30분간 에칭을 하여 미세구조를 형성하였다(그림 4(d)). 이때, InP top-layer는 완전히 에칭된다.

## IV. 결과 및 고찰

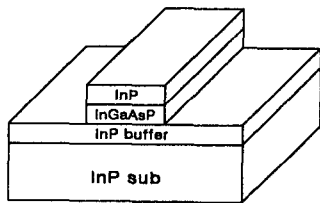
그림 5는 제조된 시편의 SEM사진이다. 시편의 각 방향에 대한 에칭률을 비교하기 위하여 원중심에서 대칭적으로 8개의 방향으로 길이가 80 $\mu$ m이고 폭이 20 $\mu$ m인 빔을 나열하였다. 이때, 빔이 놓여진



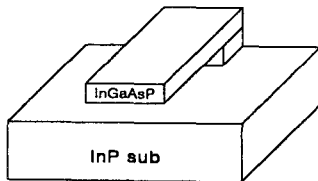
(a) PR pattern



(b) InP top layer etching



(c) InGaAsP etching



(d) InP sub etching

그림 4. 미세구조 제조공정도

방향은 그림과 같이 <100>방향과 <110>방향이다. InP 기판의 수직방향의 에칭깊이는 약  $30\mu\text{m}$ 이며, 이것으로부터  $\text{HCl}:\text{H}_3\text{PO}_4 = 1:4$ 용액에서 에칭률은  $1\mu\text{m}/\text{min}$ .로 나타났다. 일반적으로  $\text{HCl}:\text{H}_3\text{PO}_4$ 와  $\text{H}_2\text{SO}_4:\text{H}_2\text{O}_2:\text{H}_2\text{O}$  용액에서 InP와 InGaAsP의 에칭 선택비는 수백배 이상인 것으로 알려져 있다[2]. <110>방향의 빔은 측면방향으로 에칭이 일어나 미세구조가 형성된 길이는 약  $40\mu\text{m}$ 로 나타났다. 그러나 <100> 방향으로 놓여진 빔은 측면방향으로 거

의 에칭이 일어나지 않았다. 따라서 InGaAsP 미세구조를 형성할 경우 빔의 방향은 <110> 방향으로 배열해야 됨을 알 수 있다. 그림 6은 <110> 방향으로 배열된 길이가  $75\mu\text{m}$ , 폭이  $10\mu\text{m}$ 인 InGaAsP 빔의 미세구조 사진이다. 에칭 시간을 약 1시간정도 충분히 하면 완전한 미세구조가 형성될 수 있을 것으로 생각된다.

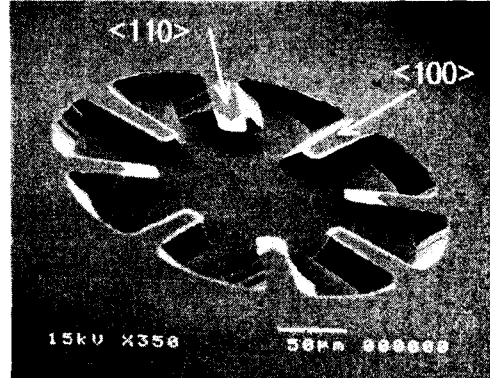


그림 5. 에칭된 시편의 SEM 사진

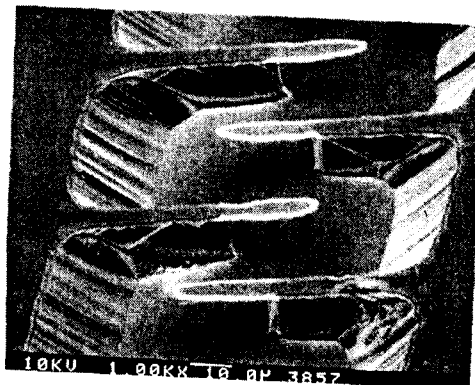


그림 6. <110> 방향으로 배열된 빔의 에칭된 SEM 사진

## V. 결 론

LPE 장치를 이용하여 다중 이종접합인 InP/InGaAsP/InP 구조를 성장시켰다. 이때, 미세구조가 되는 InGaAsP의 두께는  $0.4\mu\text{m}$ , InP top-layer의 두께는  $1\mu\text{m}$ 이었다. 이 구조를 에칭선

택비가 수백배 이상이 되는  $\text{HCl}:\text{H}_3\text{PO}_4$ 와  $\text{H}_2\text{SO}_4:\text{H}_2\text{O}_2:\text{H}_2\text{O}$  용액에서 InP와 InGaAsP층을 각각 에칭하여 최종적으로 InGaAsP 미세구조를 형성하였다. 그 결과 <110>방향의 빔은 측면방향으로 에칭이 일어나 미세구조가 형성된 길이는 약  $40\mu\text{m}$ 로 나타났으며, 반면에 <100> 방향으로 높여진 빔은 측면방향으로 거의 에칭이 일어나지 않았다. 따라서 InGaAsP 미세구조를 형성할 경우 빔의 방향은 <110> 방향으로 배열해야 됨을 알 수 있었다.

### 참고문헌

- [1] P. P. Deimel, "Micromachining processes and structures in micro-optics and optoelectronics", J. Micromech. Microeng. vol. 1, pp. 199-222, 1991.
- [2] A. J. Jacobs-Cook, "MEMS versus MOMS from a system point of view", J. Micromech. Microeng. vol. 6, pp. 148-156, 1996.
- [3] M. C. Wu, "Micromachining for optical and optoelectronic systems", Proceedings of the IEEE, vol. 85, no. 11, pp. 1833-1856, 1997.
- [4] K. Hjort, "Sacrificial etching of III-V compounds for micromechanical devices", J. Micromech. Microeng. vol. 6, pp. 370-375, 1996.
- [5] C. Seassal, J L Leclercq and P Viktorovitch, "Fabrication of InP-based freestanding microstructures by selective surface micromachining", J. Micromech. Microeng. vol. 6, pp. 261-265, 1996.
- [6] K. Hjort, J. Söderkvist and J. Schweitz, "Gallium arsenide as a mechanical material", J. Micromech. Microeng. vol. 4, pp. 1-13, 1994.
- [7] 조호성, 황상구, 배정철, 홍창희, 김재창, 오종환, "수직형 LPE장비에 의한 InGaAsP(1.3  $\mu\text{m}$ )/InP MQW 단결정 성장에 관한 연구", 한국물리학회지 응용물리, 제 6권 2호, pp. 151-156, 1993.