

선택적 분자선 에피택시 방법에 의한 1D-2DEG 혼성 나노선 FET의 구현

김윤주, 김은홍, 서유정, 김동호, 한철구*, Mutsuo Ogura**, 김태근
 고려대학교, *전자부품연구원, **AIST

Realization of 1D-2DEG Composite Nanowire FET by Selective Area Molecular Beam Epitaxy

Yun-Joo Kim, Eun Hong Kim, Yoo Jung Seo, Dong-Ho Kim, Cheol-Koo Hahn*, Mutsuo Ogura** and Tae-Geun Kim
 Korea University, *KETI, **AIST

Abstract : High quality 3D-heterostructures were constructed by selective area (SA) molecular beam epitaxy (MBE) using a specially patterned GaAs (001) substrate. MBE growth parameters such as substrate temperature, V/III ratio, growth ratio, group V sources (As_2 , As_4) were varied to calibrate the selective area growth conditions. Scanning micro-photoluminescence (μ -PL) measurements and following analysis revealed that the gradually (adiabatically) coupled 2DEG-1D-1DEG field effect transistor (FET) system was realized. This 3D-heterostructure is very promising for the realization of the meso-sopic electronic devices and circuits since it makes it possible to form direct ohmic contact to the (quasi) 1DEG.

Key Words : 3D-heterostructures, Nanowire, Field Effect Transistor

1. 서론

Meso-sopic 장치는 CMOS에 기반을 둔 회로들과 시스템들을 대체할 수 있는 차세대 전자기기의 핵심으로 고려되고 있으며, 평탄하며 결함이 없는 표면을 갖는 meso-sopic 시스템의 구현[1,2] 및 좋은 저항성 접촉을 위한 몇몇의 기술적인 문제들의 해결을 통하여 장래성 있는 차세대 소자들과 회로들의 구현을 위한 전초가 될 것이다.[3]

본 논문에서는 선택적 구역 분자선 에피택시 기술을 이용하여 GaAs 기반의 3차원 이중 접합구조를 갖는 meso-sopic 시스템을 구현하였다. V족 원소간의 혼합, III-V족 구성비, 성장 온도, 기판의 방향성 및 회전 속도 등과 같은 성장 조건의 조절을 통하여 매우 특별한 형태의 3차원 구조를 구현하였으며, 이러한 3차원 구조의 광특성들에 대하여 μ -PL 측정을 통하여 특성화하였다.

2. 실험

에피택셜 성장은 dimmer와 tetramer arsenic 소스가 장착된 고체-소스 MBE 챔버 내에서 특별히 설계된 선-공간 패턴으로 (100)면의 GaAs 기판 상에 이루어졌다. 선-공간 패턴의 크기는 각각 2 μ m 이며, 선의 너비는 조건이 정밀하게 조절된 재성장기에 의해 조정하였다. 선택적 구간의 성장 조건의 조절을 통하여, 각각 다른 두가지 형태의 성장 모드를 얻을 수 있었다. 그림 1(b)는 패턴의 너비가 유지되는 성장 모드를 나타내었고, 그림 1(c)는 패턴의 너비가 제어되는 성장 모드를 나타내었다.

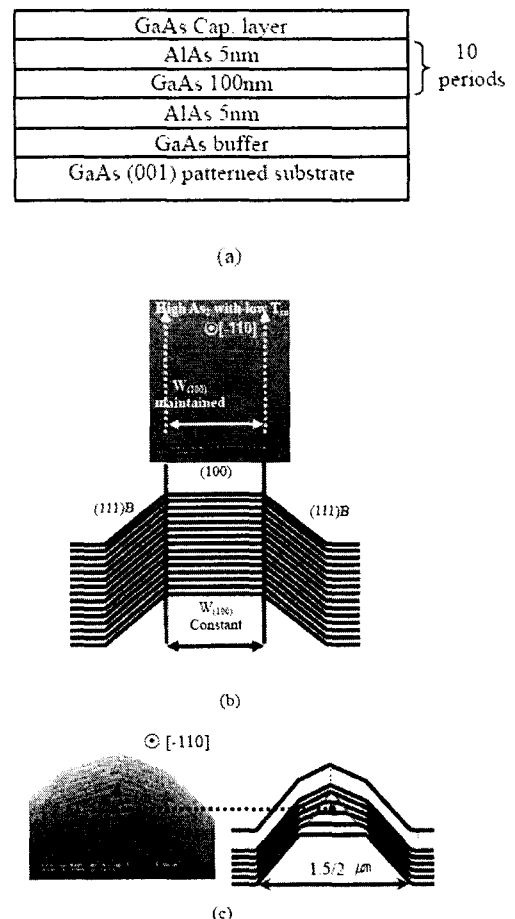


그림 1. (a) 에피택셜 층 구조, (b) 패턴의 너비가 유지되는 성장 모드, (c) 패턴의 너비가 제어되는 성장 모드

550 °C 이하의 상대적으로 낮은 성장 온도와 As_4 cracker dimmer 소스를 사용하여 50 배 이상의 높은 III/V 구성비를 갖는 조건 하에서 성장된 III 족 흡착원자의 표

면 이동은 극히 제한되고 초기 패턴의 너비가 유지되었다. 그 반면에 620 °C 이상의 상대적으로 높은 성장 온도와 arsenic tetramer 소스를 사용하여 15 배 이하의 낮은 III/V족 구성비를 갖는 흡착원자의 표면 이동은 크도로 증가하여 새로운 단면을 생성시키며, 패턴의 너비는 감소하였다.

미리 패턴닝된 기판에 다른 형태의 두 가지 성장 모드의 결합을 통하여 고품질의 3차원 나노 구조를 얻을 수 있었으며, 그림 2의 (a)부터 (c)까지 구조의 개략도, SEM 이미지 및 3차원 이종접합구조를 위한 층의 구조를 나타내었다. 3차원 이종접합구조를 형성하기 위하여 기존의 일반적인 GaAs 기반의 이차원 전자가스 (2-DEG) 구조가 사용되었으며, 에피택시동안 패턴 너비를 유지하는 모드와 너비를 제어하는 모드는 각각 버퍼층과 이종접합구조의 성장을 위해 사용되었다.

광특성들은 공간 분해능과 주사 단계가 각각 700 nm와 100 nm를 갖는 μ -PL을 이용하여 측정하였다.

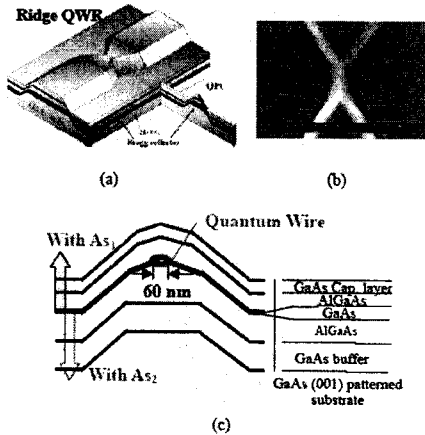


그림 2. (a) 3차원 이종접합구조 개략도, (b) SEM 이미지, (c) 층의 구조

3. 결과 및 검토

그림 3 (a)와 (b)는 각각 V-groove 형태와 ridge 형태의 3차원 이종접합구조의 μ -PL 스펙트럼을 보여준다. 두 가지의 형태들 모두 AlGaAs와 양자구조들의 μ -PL 신호는 각각 675 nm와 780 nm 대역 부근에서 나타났으며 또한, side-wall 주변에서 step bunching에 의한 예상치 않은 양자구조들의 신호들이 690~720 nm 대역에서 관찰되었다. Dotted-arrow로 표기된 이러한 파장들은 2-DEG의 방출 파장으로서, 측정점으로서의 단색적인 청색 변이는 3차원 구조의 중앙부로 이동 하였다. 현재, 이러한 청색 변이는 횡방향으로 발생하는 2-DEG 추가적인 양자 구속 효과에 의해 중앙에서 생성된 준 1차원 구조 형성과 같은 2-DEG의 양자 구속 효과에 기인한 것으로 고려중이다. 추가적인 양자 구속 효과에 기인하여 발생하는 에너지 레벨의

변이는 V-groove와 ridge 형태에서 각각 10 meV와 20 meV로 산출된다.

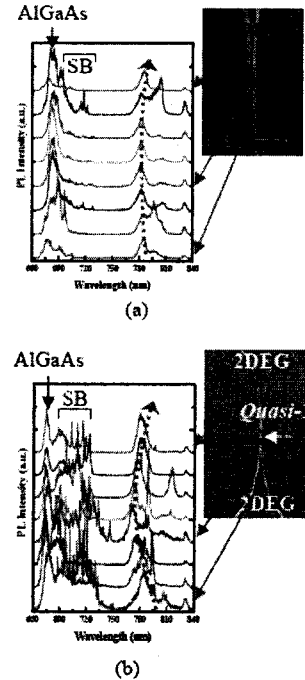


그림 3. 3차원 이종접합구조의 μ -PL 스펙트럼 (a) V-groove 형태, (b) ridge 형태

4. 결론

특별히 패턴닝된 (100) 방향의 GaAs 기판을 사용하여 SA-MBE에 의한 고품질의 3차원 이종접합구조가 제작하였다. 주사 μ -PL 측정과 점증적으로 결합된 2-DEG-ID-1-DEG 시스템을 구현에 대한 것을 나타내었다. 이러한 3차원 이종접합구조는 (준) 1-DEG 구조에 직접적인 저항성 접촉이 가능하기 때문에 meso-scopic 전자 소자나 회로의 구현에 매우 유망한 구조라 할 수 있다. 실험 및 광/전기적 특성들에 대한 세부적인 내용들은 추후 논문들을 통하여 기재될 것이다.

감사의 글

이 논문은 2005년도 정부재원(교육인적자원부 학술연구조성사업비)으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (KRF-2005-041-D00478)

참고 문헌

- [1] C. Jiang, T. Muranaka and H. Hasegawa, Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 40, p. 3003, 2001.
- [2] K. Y. Jang, T. Sugaya, C.-K. Hahn, M. Ogura, K. Komori, Appl. Phys. Lett. Vol. 83, p. 701, 2003.
- [3] C.K. Hahn, T. Sugaya, K. Y. Jang, X.-L. Wang and M. Ogura, Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 42, p. 2399, 2003.