

저압MOCVD법에 의하여 성장한 AlGaAs/GaAs 양자우물구조의 TEM/AES분석

(TEM/AES Analysis of AlGaAs/GaAs Quantum Well Structures Grown by LP-MOCVD)

金光一*, 鄭旭珍*, 裴泳鎬*, 金才南**, 鄭東皓***, 丁潤夏***

(Kwang Il Kim, Wook Jin Chung, Young Ho Bae, Jae Nam Kim,
Dong Ho Jeong, and Yoon Ha Jeong)

要 約

저압 MOCVD 방법으로 양자우물구조를 제작하여 계면 및 성장층내의 결함을 관찰하기 위하여 단면시편을 만들어 투과전자현미경 관찰을 하였고, AES 분해능을 향상시키기 위하여 전자에너지를 낮게 하여 낮은 에너지 피크로 분석하였다. 분석결과 투과 현미경 상에서 15 Å 까지의 성장층 및 계면 부정합, 원자규모의 두께측정 및 결정성의 확인 등이 가능하였다. AES분석을 통하여 초격자의 조성 주기성을 관찰하였다.

Abstract

Transmission electron microscopy (TEM) and auger electron microscopy (AES) studies of GaAs/Al_xGa_{1-x}As(x=0.58) quantum wells grown by low pressure metalorganic chemical vapor deposition (LP-MOCVD) are carried out.

Isolated quantum well structure having the well width as small as 15 Å and multiquantum well structure, which consisted of 51 alternating layers with each thickness of 100 Å, were successfully grown.

TEM analyses have shown that their interfaces were almost completely coherent without any structural disorder, alloy clustering and crystal defect.

AES depth resolutions have shown the compositional periodicity of superlattice structure.

*正會員, 産業科學技術研究所 電子電氣 研究分野
(Research Institute of Industrial Science & Technology; RIST, Dept. of Electronics & Electrical Eng.)

**正會員, 産業科學技術研究所 分析室
(RIST, Analytical Lab.)

***正會員, 浦項工科大学 電子電氣工學科
(Dept. of Electrical & Elec. Eng., POSTECH)
接受日字: 1990年 1月 15日

I. 서 론

최근 주목을 받고있는 초박막 적층 결정성장 기술은 GaAs계를 중심으로 양자우물 laser, 광 스위치와 MODFET(modulation doped field effect transistor) 등의 응용을 위하여 III-V-II, VI 족에 걸쳐서 광범위하게 연구되고 있으며 전기적, 물리적 및 광학적 특성연구와 새로운 소자에의 응용등이 폭넓게 시도되고 있다.^[1]

1968년경 L. Esaki와 R. Tsu가 결정고체의 전도 및 절연특성은 구성원소의 주기적 전위에 의해 주로 결정되고 원자의 전위와 주기가 에너지 band 및 전자 운송 특성을 결정 짓는다는 이론에 의해, 초격자구조를 제안함으로써¹²⁾ 초격자구조의 반도체 소자에의 응용에 필요한 물리적, 전기적 이론 및 특성연구가 활발히 진행되고 있다.

특히 MOCVD (metal organic chemical vapor deposition) 법의 출현은 초격자 및 양자우물구조의 제작 및 특성향상을 가속화 시켰다. 초격자와 양자우물구조는 bulk상태에서는 볼 수 없는 전자의 1차원 혹은 2차원적인 성질을 갖는 여러 물리현상으로 인하여 새로운 부품의 창출에 이용되고 있으나 MOCVD 법에 의한 제작시 두께의 정밀한 제어, 급준성, 각층간의 순수성 등이 문제가 되어 이들을 향상시키는 연구가 계속되고 있다.³⁻⁵⁾

초박막 적층시 박막의 두께를 100 Å 이하로 조절된 양자우물 구조는 전자의 에너지 준위를 조절할 수 있으므로 정밀하고 예측가능한 에너지준위를 갖는 반도체 재료를 만들 수 있는 방법이다.⁶⁻⁸⁾

MOCVD법을 이용한 초격자 및 양자우물구조의 구조적 변수는 원료물질, 반응관의 압력 및 온도 등에 의해 변화한다.⁹⁾ 본 연구에서는 TMG (Ga(CH₃)₃), TMA (Al(CH₃)₃)를 사용했을 때 성장효율이 좋은 76 Torr에서 양자우물구조의 성장을 하였으며⁹⁾, 소자에 응용시 계면급준성, 막의 질 등이 전기적, 광학적 특성에 미치는 영향이 크므로 계면 급준성, 격자정합 및 결정결합의 직접 관찰을 위하여 단면(cross section) 시편의 준비에 의한 투과 전자현미경 관찰,¹⁰⁾ 낮은 에너지대의 피크치를 이용한 AES (auger electron spectroscopy) 분석을 통하여 초격자의 조성주기성을 관찰하였다.

II. 장치 및 성장방법

본 실험에 사용한 성장장치는 저압MOCVD 장치로 반응관은 종형 (vertical type) 구조이며 rotary 펌프를 이용하여 반응관내의 압력이 0.1 atm이 되도록 하였을 때 반응관내에서의 가스흐름 속도가 증가하여 와류현상을 일으키지 않고 층상류 (Laminar flow)가 되도록 유선형구조를 하고있다.¹¹⁾ 또한 반응관 내부의 susceptor가 80 rpm으로 회전함으로써 막균일성 및 표면 morphology를 향상시킬 수 있도록 하였다.¹²⁾ 이밖에 반응관으로 시료를 장입시 외부공기와와의 접촉으로 인한 성장막의 오염 및 시료를 꺼낼때 안전도를 고려하여 cassette chamber 및 transport chamber

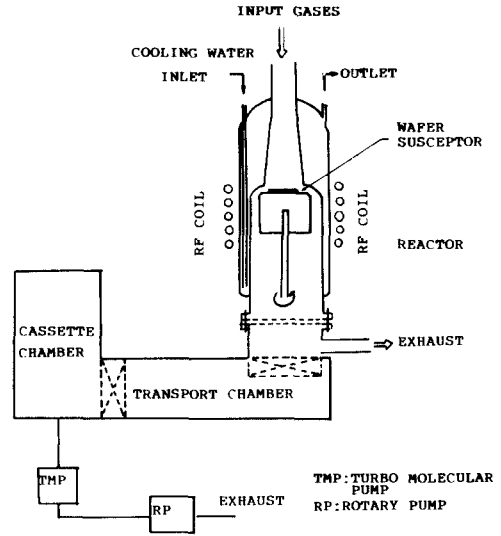


그림 1. 반응관 및 시편자동 운송장치 개략도
Fig. 1. Schematic diagram of reactor and load lock system.

로 구성된 자동운송 장치 등이 있으며 개략도는 그림 1과 같다.

제어계는 반응관으로 유입되는 가스의 완전한 차단을 방지하기 위하여 pneumatic operate 3way 밸브로 구성된 RUN/VENT mode를 채택하였으며, RUN과 VENT 사이의 압력차를 방지하기 위하여 Differential Pressure Gauge방식으로 양단의 압력차를 0.01Torr 이하로 유지하였다.¹³⁾ 또한 반응관의 압력을 0.1 atm (76Torr)으로 하였을 때 Ⅲ족 유기금속 화합물 (TMG, TMA 등) cylinder 내부의 증기압이 1 atm을 유지할 수 있도록 PCV (pressure control valve)를 사용하였다.

운송가스의 유입량은 MFC (mass flow controller)로 정밀하게 조절하였으며 컴퓨터를 사용하여 모든 공기 밸브들을 자동 제어 하였다. 그리고 고주파 가열방식으로 반응관을 1200°C까지 가열할 수 있게 하였으며, 가스배관을 열선으로 40-50°C까지 가열하여 반응관내에서 Ⅲ족 원료물질이 충분히 해리하여 반응할 수 있도록 하였다. 이밖에 성장중의 유량변화를 최대한 막기 위하여 dummy line을 사용하여 반응관에 유입되는 가스의 양을 항상 일정하게 하였다. 그림2에 본 실험에 사용된 장치의 개략도를 나타내었다. 양자우물 구조를 제작하기 위하여 Si도핑된 GaAs기판을 사용하였다. 기판은 Trichloroethylene, Aceton, Metanol을 사용하여 초음파 세척기로 각 5분

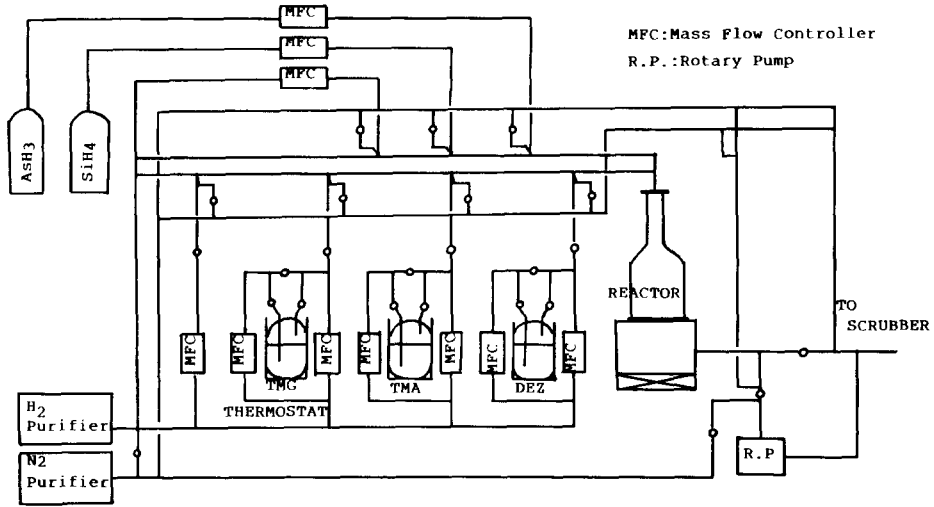


그림 2. MOCVD 장치의 개략도
Fig. 2. Schematic diagram of MOCVD system.

씩 화학처리한 후 초순수로 깨끗히 세정하였다. 그리고 $H_2SO_4:H_2O_2:H_2O=4:1:1$ 의 혼합용액으로 $40^\circ C$ 에서 30초간 에칭하여 초순수로 세정한후 질소가스로 건조시켰다.

성장시 도핑은 하지 않았으며 TMG, TMA의 mole fraction은 0.5×10^{-4} , 4×10^{-5} 이며 SEM에 의한 성장을 분석에 의해 성장층의 두께를 조절하였으며 $Al_x Ga_{1-x} As$ 의 Al 조성비 x는 AES 분석에 의해 구하였다.

양자우물구조 성장전에 undoped GaAs buffer 층을 1μ 성장하였으며 $Al_{0.58} Ga_{0.42} As$ 500Å을 장벽층으로 ~15, 30, 50, 100Å을 양자우물로 제작하였으며 이때 V/III 비는 100으로 하였다. (시편A)

동일한 방법으로 $Al_{0.58} Ga_{0.42} As \sim 100\text{Å}$, GaAs ~ 100Å을 51층 적층한 시편을 제작하였으며(시편B), 층이 바뀔때마다 지연시간은 두지않고 TMA이 반응관에 즉시 유입되도록 VENT/RUN 하였다.

이때 반응관에 유입되는 총유량은 6l/min으로 하였으며 원료가스의 분사구와 시편의 거리는 5mm 로 유지하였다. 기판온도가 $400^\circ C$ 이상이 되면 AsH_3 을 200cc/min 정도로 유입시켰으며, 성장도달 5분후부터 원하는 량의 TMG을 유입시켰다.

III. 투과전자현미경에 의한 분석

양자우물의 두께, 급준성 및 원자배열상태를 원자 규모로 파악하기 위해서는 투과전자현미경에 의한 분석이 필요하다. 그러나 시편의 준비 및 장비사용

이 어려운 점은 널리 알려져 있다.⁽⁴⁾

본실험에서는 시편을 원하는 결정면에 따라서 절단한 후 성장면이 서로 마주보도록 접착제를 사용하여 접합하였다. 이때 두개의 시편사이의 접착제층이 최소가 되도록 두장의 slide glass를 양쪽에 댄후 clip으로 잡아서 curing 하였다. 완전히 접착된 시편은 단면이 glass와 평행하도록 wax(용점 $60^\circ C$)로 붙여서 #1200 paper로 연마한 후 점차 0.5μ 이하의 알루미나 powder로 연마하였다. 반대편 단면도 동일한 방법으로 연마 하였으며 시편의 두께는 100μ 이하로 하였다.

연마가 끝난 시편은 Trichloroethylene에 충분히 담그어서 glass에서 떼어낸후 건조시켜서 Cu grid에 다시 wax로 접착하였다. 시편을 Gatan dual ion mill 600 장치의 시편 holder에 넣어서 양면을 동시에 Ar이온 에칭하였으며 최초 ion beam의 각도는 18° , 가속전압 5KV와 시편전류 $40\mu A$ 로 하였다.

최종각도는 $12 \sim 13^\circ$, 가속전압 2~3KV로 하였으며 시편의 에칭상태를 보아 가면서 각도, 전압 및 시간 등을 결정하였다. 본실험에서는 dimpling은 하지 않았다. 실험에 사용된 투과전자현미경은 가속전압 400KV인 JEOL JEM 4000FX 이었다. 그림 3에 $15 \sim 100\text{Å}$ 의 양자우물 구조에 대한 명시야(bright field) 상을 나타내었다. 그림에서 $100 \sim 15\text{Å}$ 까지의 양자우물이 명확하게 관찰됨을 알 수 있다.

그림 4에는 $30 \sim 100\text{Å}$ 까지의 양자우물에 대한 원자 image를 나타내었는데 세층 모두 계면에서 원자배열

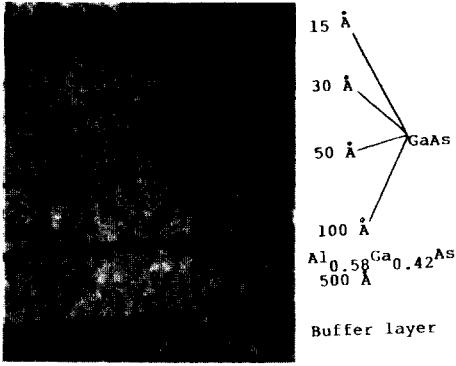


그림 3. 15~100 Å 양자우물구조의 명시야상
 Fig. 3. Bright-fteld TEM image of quantum wells as thin as 15 Å.

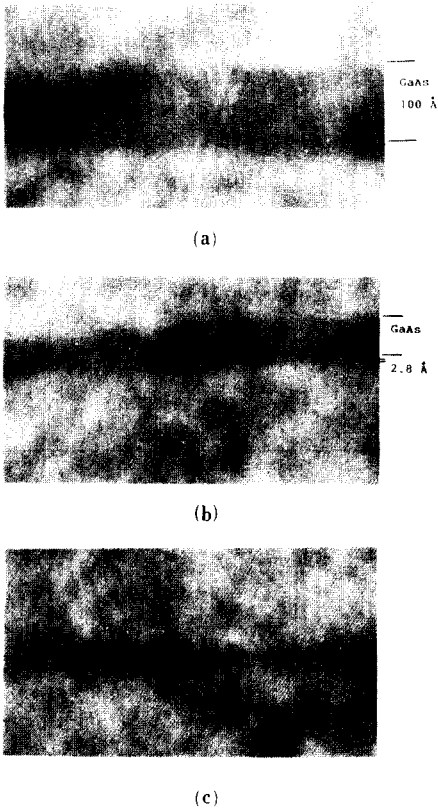


그림 4. [110]방향에서 본 양자우물구조의 격자 image
 (a) 100 Å (b) 50 Å (c) 30 Å
 Fig. 4. Lattice image of quantum well layers in a [110]orientation.
 (a) 100 Å, (b) 50 Å, (c) 30 Å.

상태의 흐트러짐이 없이 완벽하게 정합되어 있으며, 합금원소의 집합현상 및 성장층내에서의 결정결함이 발견되지 않았다. 그림은 [110] 방향에서 본 것으로 계면이 수원자층 이내의 평탄도를 가지며 smooth 하게 나타나서 원자규모의 두께조절이 가능함을 알 수 있다.

그림 5에 Al_{0.58}Ga_{0.42}As 100 Å, GaAs 100 Å을 51 층 적층한 구조의 명시야상을 나타내었다. 층의 구분이 명확하였으며 100 Å 규모로 볼때 결정결함이나 층의 흐트러짐이 없음을 알 수 있다.

그림 6에 [100]방향에서 본 양자우물구조의 회절상을 나타내었다. 회절상으로부터 GaAs, AlGaAs는 면심입방격자를 하고있음을 알수있고 [100]방향에서 본 GaAs의 {002} 회절은 약하나 AlGaAs의 회절상이 중첩되어 명확히 나타나므로 Al_{0.58}Ga_{0.42}As 구조가 완전한 결정을 이루고 격자상수의 차가 거의 없음을 알 수 있다.^[14] 회절상에서 계산한 {002}면의 거리는 거의 2.83 Å, {022}면의 거리는 거의 2.02 Å 임을 알 수 있다.

그림 7은 Al_{0.58}Ga_{0.42}As/GaAs 시편 B의 원자 image 사진으로, [110]방향에서 보았을때보다 [100]방향에서 본 계면 상태가 보다 뚜렷함을 알 수 있다.^[10] 시편A와 마찬가지로 평탄도가 뛰어나며 계면에서의 부정합, 결정결합 및 합금원소의 집합현상이 없음을 알 수 있다.

그러나 투과전자현미경으로는 극초박막의 화학적 분포 및 특성을 알 수 없으므로 AES 특성을 살펴보았다.

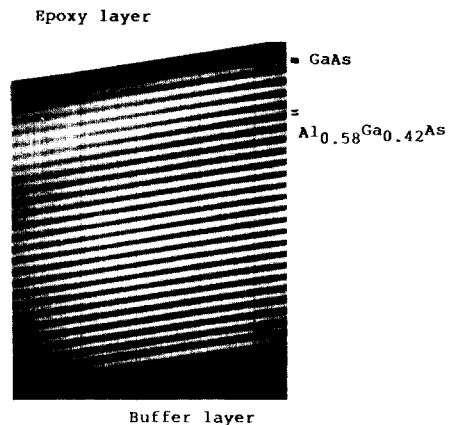


그림 5. 100 Å AlGaAs/100 Å GaAs MQW (multi-quantum well) 구조의 명시야상
 Fig. 5. Bright-field TEM image of 100 Å AlGaAs/100 Å GaAs MQW structure.

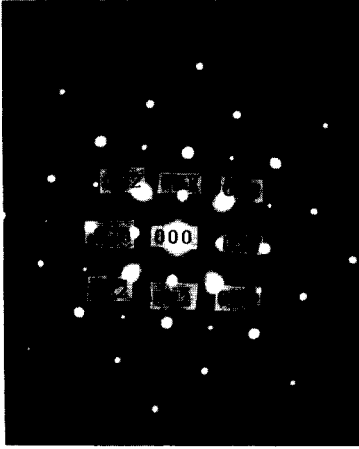


그림 6. [100]방향에서본 100 Å AlGaAs/100 Å GaAs 양자우물구조의 회절상
 Fig. 6. Selected area diffraction pattern of 100 Å AlGaAs/100 Å GaAs MQW in a [100] orientation.

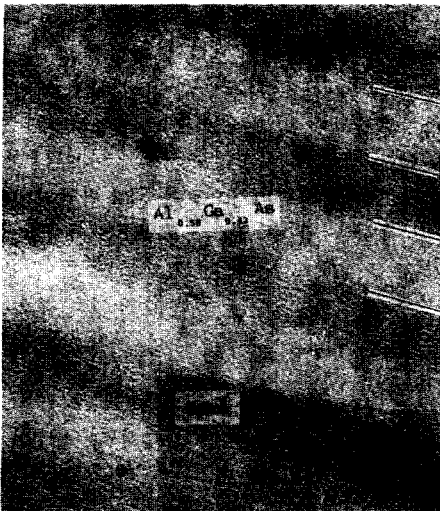


그림 7. [100]방향에서 본 다층 양자우물구조의 격자 image
 Fig. 7. Lattice image of 100 Å Al_{0.58}Ga_{0.42}As/100 Å GaAs MQW layers in a [100] orientation.

IV. AES(auger electron spectroscopy)에 의한 분석

AES 분석은 초격자구조의 화학적인 성분비와 계면급준성 등을 분석하는데 널리 사용한다. 본실험에서는 AlGaAs/GaAs의 양자우물구조를 분석하기 위하여 일반적으로 사용하는 Al KLL(1396 eV), Ga

LMM(1070 eV), As LMM(1228 eV)와 낮은 에너지 대인 Al LVV(64.5 eV), Ga MMM(54.5 eV), As MNN(32.0 eV)를 비교하였다.

낮은 에너지대에서의 kinetic energy는 1000 eV 에서 1400eV에 이르므로 충돌없이 Auger 전자의 에너지값을 읽을 수 있는 평균자유행로는 2nm 정도로 알려져있다.

그러나 Ar 이온이 스퍼터링 됨에 따라 표면조도가 생기고 atomic mixing이 생기므로 Auger 심층분석의 분해능은 3.5nm 정도로 생각된다. 그러나 낮은 에너지대에서는 평균자유행로가 0.5nm 정도 이므로 심층분석의 분해능은 2nm 정도로 향상된다!¹⁵ 시편A의 AES분석 결과 15 Å층 까지 관찰이 가능하였으며 이에 대한 결과는 보고한 바 있다!¹⁶

시편B에 대해서 스퍼터링과 Auger 분석이 교대로 반복되는 단속적 스퍼터링(alternative sputtering)을 하였으며 Ar이온 가속전압은 공히 3.5KV, raster 크기 6×6(mm), Ar분압 5×10⁻³ Pa로 하여 예칭물을 Ta₂O₅ 기준 10 Å/min으로 하였다. 높은 에너지값을 읽기위하여 전자 가속전압 5KV와 전류 500nA, 낮은 에너지 대에서는 가속전압 2KV, 전류 120nA를 사용하였으며 심층분석을 위한 분석창(window)은 피크치가 중첩되지 않도록 10-20 eV 범위에서 사용하였다. 그림8, 9에 높은 에너지 피크로서 심층 분석한 결과와 낮은 에너지 피크로서 심층분석한 결과를 나타내었다. Al피크의 경우 앞에서 언급한 바와 같이 낮은 에너지 피크로 분석하였을때 계면을 보다 급준하게 분석할 수 있었으나 피크와 피크치의 80%를

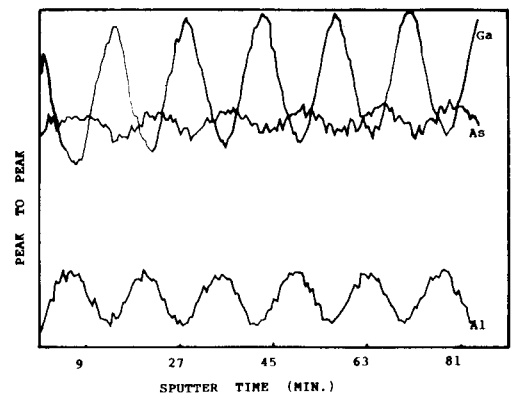


그림 8. 높은 에너지 피크에 의한 양자우물구조 심층분석
 Fig. 8. AES depth profile of MQW structure obtained using high energy peaks.

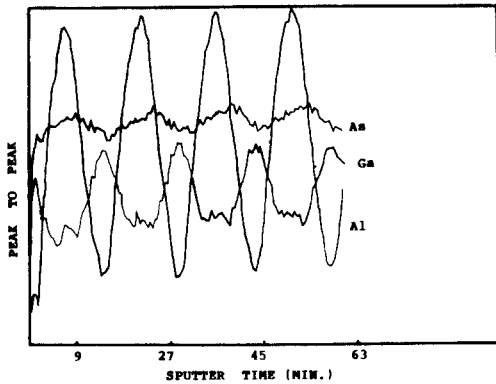


그림 9. 낮은 에너지 피크에 의한 심층분석 결과
 Fig. 9. AES depth profile obtained using low energy peaks.

계면으로 보았을때 낮은 에너지 피크에서 거의 30 Å, 높은 에너지 피크에서 거의 35 Å 정도임을 알 수 있고 투과전자 현미경의 결과와 비교하였을때 평균 에칭율은 14 Å/min 임을 알 수 있다. 그러나 AlGaAs 층이 13 Å/min, GaAs 층이 15 Å/min 정도로 AlGaAs 층의 에칭속도가 늦다는 것을 알 수 있다. 이는 Kajiwara의 결과와 일치한다.¹⁵⁾

에칭을 하면서 단속적으로 표면분석을 한결과 높은 에너지대에서 그림10과 같이 표면에서는 C, O 피크가 나타나 에칭 시작 4분후에는 검출되지 않는 양질의 막이 성장 되었음을 알 수 있다. 또 4분후 Al 피크가 나타나서 83분후 및 분석이 끝난 85분까지 Al 피크의 강도는 약해지나 계속존재함을 알 수 있다.

그림11에는 낮은 에너지대에서의 피크치를 비교한 것으로 5분 30초후 As, Ga 피크의 강도가 세어지고 Al피크가 날카롭게 나타나서 위에서의 경우와 마찬가지로 GaAs 층에서 Al 피크강도가 높은 에너지대보다 두드러진 양상을 나타내고 있으며 초격자의 조성주기성을 우수하게 관찰할 수 있었다.

이상의 결과로 AlGaAs/GaAs초격자 구조 분석시 Al원소의 거동 및 계면특성은 낮은 에너지 피크로 읽는 것이 뛰어난 특성을 보였으나 GaAs 층에서 관찰된 Al은 스퍼터링중에 atomic mixing된 Al이 잔유한 것으로 추측된다.

V. 결 론

저압 MOCVD에 의해 Al_{0.58} Ga_{0.42} As 500 Å을 장벽층 15, 30, 50, 100 Å을 양자우물로한 고립 양자우물

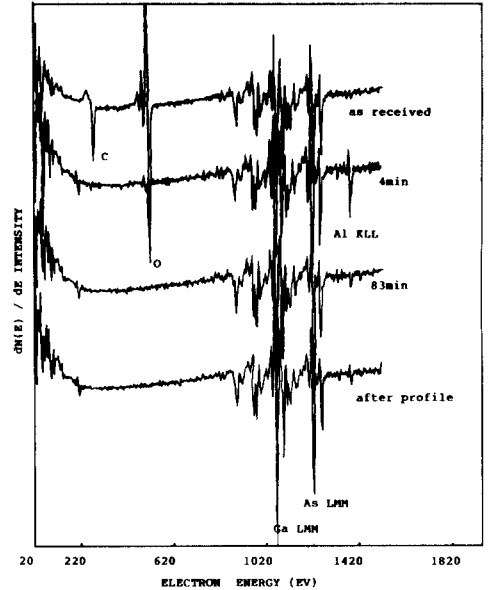


그림10. 분석시간에 따른 AES 표면관찰
 Fig. 10. AES spectrums of quantum well structure with time as a parameter.

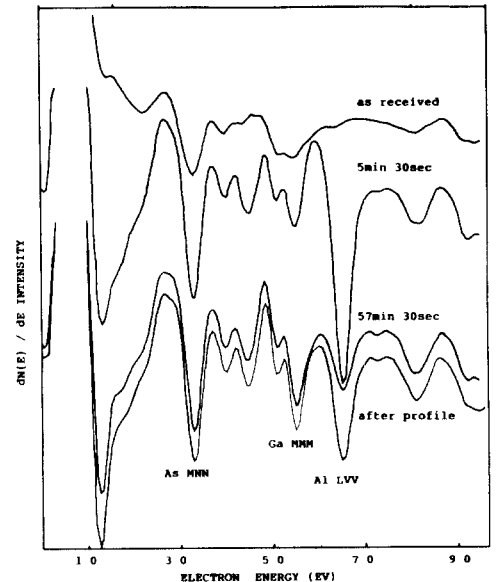


그림11. 낮은 에너지 피크치에 의한 AES 표면관찰
 Fig. 11. AES spectrums with time as a parameter at low energy peaks.

구조와 100 Å의 장벽과 100 Å의 양자우물을 51층 적층한 다층양자우물 구조의 투과전자 현미경 및 AES 분석을 했다. 100μ 두께에서 dimpling을 하지않고 이

은 에칭을 한 시편을 준비하여 투과전자현미경 단면상의 격자image까지 분석가능 했고 15 Å층을 확인할 수 있었다. 또한 계면에서의 격자부정합 및 합금원소 집합현상이 없었으며, 층내의 결정결함도 관찰되지 않았다.

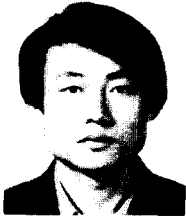
이때 계면은 수 원자층 이내의 평탄도를 가지고 smooth하게 나타났고 원자규모의 두께조절이 가능했다. 격자 image관찰시 [110]방향보다 [100]방향에서 보았을 때 계면의 경계가 뚜렷해졌다. 화질상을 통해서 AlGaAs/GaAs의 격자정수 차가 거의 없으며 완전한 결정을 이루고 있음을 알았다.

AES 분석으로 초격자의 조성주기성을 관찰하였으며, Ta₂O₅ 10 Å/min의 에칭율에서 Al_{0.58}Ga_{0.42}As/GaAs의 평균 에칭율은 14 Å/min, Al_{0.58}Ga_{0.42}As 13 Å/min, GaAs 층은 15 Å/min 정도였다. 그리고 Al원소의 거동 및 계면특성은 낮은에너지 피크치로 읽는것이 우수한 특성을 보였다.

參 考 文 獻

- [1] L.L. Chang, "A review of recent advances in semiconductor superlattices," *J. Vac. Sci. Technol.* B1(2), pp. 120-125, Apr-June, 1983.
- [2] L. Esaki, R. Tsu, "Superlattice and negative conductivity in semiconductors," *IBM research note*, RC-2418, March, 1969.
- [3] 日本物理學會編: 半導体超格子の物理と応用, 培風館, 日本, 1985.
- [4] N. Watanabe and Y. Mori, "Ultrathin GaAs/GaAlAs layers grown by MOCVD and their structural characterization," *Surface Science*, 174, pp. 10-18, 1986.
- [5] J. Maluende and P.M. Frijlink, "Abrupt transitions in composition and doping profile in GaAs-Ga_{1-x}Al_xAs heterostructures by atmospheric pressure MOVPE," *J. Vac. Sci. Technol.*, B1(2), pp. 334-337, Apr.-June, 1983.
- [6] F. Capasso, "New device applications of bandedge discontinuities in multilayer hetero-junction structures," *Surface Science*, 132, pp. 527-539, 1983.
- [7] V. Narayanamurti, "Artificially structured thin-film materials and interfaces," *Science*, vol. 235, no. 27, pp. 1023-1028, Feb. 1987.
- [8] M.F.H. Schuurmans, R. Coehoorn, R. Eppenga and P.J. Kelly, "Predicting the properties of materials; dream or reality?," *Philips Tech. Rev.* 44, no. 8/9/10, pp. 276-286, May, 1989.
- [9] T.F. Kuech, E. Veuhoff, T.S. Kuan, V. d deline and R. Potemski, "The influence of growth chemistry on the MOVPE growth of GaAs and Al_xGa_{1-x}As layers and heterostructures," *J. Cryst. Growth*, 77, pp. 257-271, 1986.
- [10] Y. Suzuki and H. Okamoto, "Transmission electron microscope observation of lattice image of Al_xGa_{1-x}As-Al_yGa_{1-y}As superlattices with high contrast," *J. Appl. Phys.* 58(9) pp. 3456-3452, Nov. 1985.
- [11] K. matsumoto, K. Itoh, T. Tabuci, R. Tsunoda, "Flow patterns in various vertical reactors and MOVPE growth," *J. Cryst. Growth*, vol. 77, pp. 151-156, 1986.
- [12] A.G. Thompson, V.S. Sundaram, G.R. Girard, L.M. Fraas, "Growth of GaAs in a rotating disk MOCVD reactor," *J. Cryst. Growth*, vol. 194, pp. 901-910, 1989.
- [13] 김용, 엄경숙, 김무성, 민석기, "MOCVD법에 의하여 성장한 GaAs/AlGaAs," *새물리*, vol. 29, no. 3, pp.323-330, June, 1989.
- [14] H. Ichinose, Y. Ishida, T. Furuta and H. Sakaki, "Lattice imaging analysis of GaAs/AlAs superlattice interface by [100] illumination," *J. Electron Microsc.* vol. 36, no. 3, pp. 82-89, 1987.
- [15] K. Kajiwarw, "Analysis of semiconductor superlattices by AES/SEM/TEM," *JEOL News*, vol. 27E no. 1, pp. 13-18, 1989.
- [16] 정동호, 정윤하, 김광일, 정옥진, "저압 MOCVD법을 이용한 AlGaAs/GaAs 양자우물 구조," *종합학술대회 논문집 (대한전자공학회)*, vol 12, no2, pp. 697-700, Nov. 1989.

著 者 紹 介



金光一(正會員)

1958年 9月 1日生. 1981年 경북대학교 공과대학 전자공학과 졸업. 1987年 경북대학교 공과 대학원 전자공학과 공학석사. 1987年 산업과학기술연구소. 현재 산업과학기술연구소 주임연구원. 주관심 분야는 반도체 단결정성장 및 미소결합분석 등임.



裴泳鎬(正會員)

1961年 11月 21日生. 1984年 경북대학교 전자공학과 졸업. 1986年 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업. 1987年 산업과학기술연구소 입소. 현재 산업과학기술연구소 주임연구원. 주관심분야는 SOI, MOS 소자, 반도체 물성평가 등임.

MOS 소자, 반도체 물성평가 등임.



鄭東皓(正會員)

1960年 3月 5日生. 1983年 2月 경북대학교 공과대학 전자공학과 졸업. 1990年 2月 포항공대 대학원 전자전기공학과 공학석사 학위취득. 1983年~1988年 한국전자통신연구소 연구원. 현재 포항공대 대학원 전자전기공학과 박사과정. 주관심분야는 III-V족 화합물 반도체 결정성장 기술을 이용한 전자소자(MESFET, HEMT) 제조 및 OEIC와 MMIC 응용 등임.

공대 대학원 전자전기공학과 박사과정. 주관심분야는 III-V족 화합물 반도체 결정성장 기술을 이용한 전자소자(MESFET, HEMT) 제조 및 OEIC와 MMIC 응용 등임.



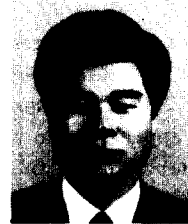
鄭旭珍(正會員)

1961年 11月 3日生. 1984年 경북대학교 공과대학 전자공학과 졸업. 1986年 경북대학교 공과 대학원 전자공학과 공학석사 졸업. 1987年~산업과학기술연구소. 산업과학기술연구소 주임연구원. 주관심분야는 반도체내의 깊은 준위들의 분석 및 평가, 반도체 소자 물성, 반도체 공정 설계 등임.



金才南(正會員)

1955年 11月 1日生. 1977年 홍익공업전문대학 졸업 금속재료 1980年 11月~1987年 4月 포항공합체철 기술연구소. 1987年 4月 ~현재 산업과학기술연구소 기술지원센터 분석실 선임기술원(특수 분석반장). 주관심분야는 전자현미경을 이용한 각종 재료 특성 해석 등임.



丁潤夏(正會員)

1950年 6月 18日生. 1974年 2月 경북대학교 공과대학 전자공학과 졸업. 1976年 2月 경북대학교 대학원 전자공학과 공학석사 학위취득. 1987年 2月 일본 Univ. of Tokyo 전자공학과 공학박사 학위취득. 현재 포항공대 전자전기공학과 조교수. 주관심분야는 III-V족 화합물 반도체 결정성장 기술개발 및 OEIC 소자응용 등임.