[논문] 태양에너지
Solar Energy
Vol. 18, No. 3, 1998

MOCVD를 이용한 GAs/Si 태양전지의 제작과 특성에 관한 연구

차인수*, 이만근**

* 동신대학교 전기전자공학과
** 한국에너지기술연구소 태양광 시스템실

A Study on Fabrication and Properties of the GaAs/Si Solar Cell Using MOCVD

I. S. Cha*, M. G. Lee**

* *Dongshin University, Dept. of Electrical Eng.*
** *Korea Institute of Energy Research, Taejoen, Korea*

ABSTRACT

In this paper ,the current status of manufacturing technologies for GaAs/Si solar cell were reviwed and provied new MOCVD. In the manufacturing process of GaAs/Si solar cells and an experiment to get the high efficiency GaAs solar cells, we must investigate the optimum growth conditions to get high quality GaAs films on Si substrates by MOCVD. The GaAs on Si substrates has been recognized as a lightweight altenative to pure substrate for space applicaton.Because its density is less the half of GaAs or Ge.So GaAs/Si has twofold weight advantage to GaAs monolithic cell. The theoretical conversion efficiecy limit of tandem GaAs/Si solar cell is 32% under AM 0 and 25℃ condition. It was concluded that the development of cost effective MOCVD technologies shoud be ahead GaAs solar cells for achived move high efficiency Ⅲ-Ⅴ solar cells involving tandem structure.

1. 서 론

GaAs 태양전지의 높은 변환 효율과 Si 태양전지의 가볍고 값이 싼 장점을 결합시켜 높은 변환 효율과 우주선에 대한 안정성 등을 높이기 위하여 고안된 태양전지 중의 하나이다.[1][2]

GaAs/Si 태양전지 설계는 우선 빛을 받아서 광전류를 발생시키는 활성 영역과 광전하를 전극에 전달하고 활성 영역을 기계적으로 지지하는 기판과 완충층으로 나누어 생각 할 수 있다. 오늘날 반도체 소자의 소재로 가장 널리 많이 사용되는 Si은 지구상에 가장 많이 분포되어 있는 원소로서 경제성과 취급이 편이성 및 넓은 면적의 기판(현재 최대 직경 20 ㎝) 제조공정이 보편화되어 있는 이점을 지니고 있는 반도체 물질이다. 특히 Si은 밀도가 GaAs이나 Ge과 비교할 때 절반 이하이고(GaAs ; 5.32g/㎤, Si ; 2.33g/㎤, Ge ; 5.32g/㎤) 기계적인 강도에서도 다른 재료에 비하여 상대적으로 강하다. 따라서 대기권 밖에서 사용할 때 단위 무게당 가장 출력이 크다. 그러나 Si 기판 위에 GaAs 박막을 형성시키는데는 여러가지 문제점이 따른다. 특히 GaAs의 격자 상수가 0.565325 nm인데 비하여 Si은 0.54305 nm로서 4% 가량 작기 때문에 기판과 박막 사이에 균열이 생기고 많은 결정 결함이 수반된다. 특히 열주기 시험에서 나타나는 효율의 급격한 감소 현상은 GaAs 박막과 Si 기판 사이의 균열이 가속화되면서 발생하는 문제점으로 아직까지 뚜렷한 해결 방안이 제시되지 않고 있는 실정이다.[3]-[6]

접합부의 깊이에 따라 GaAs/Si 태양전지의 전류-전압 특성과 변환 효율에는 많은 차이가 있다. 이러한 전류-전압 특성의 차이는 바로 변위(dislocation) 밀도의 차이라고 할 수 있고, 재래식 GaAs/Si 태양전지 제조에 쓰이는 방법으로 얻을 수 있는 변위 밀도는 $10^7 cm^{-2}$ 정도이기 때문에 접합부의 에미터 두께는 자연적으로 0.3~0.5 μm 범위가 된다. MOCVD는 high velocity gas flow(1~3m/s)를 이용하므로 layer들간에 abrupt interface 제작이 가능하며, 기판 전역에 걸쳐서 uniform epitaxy가 가능하다. 본 연구에서는 MOCVD를 setting하여 박막성장을 위한 optimal growth condition, dopant양과 doping level의 관계, abrupt interface를 위한 gas switching time에 관하여 연구하였으며 특히 laser reflectometer를 이용하여 in-situ 측정함으로써 박막 성장 도중에 성장되고 있는 박막의 성장 속도, 두께 및 박막의 질을 예측할 수 있었다.

2. 실험 방법

2.1 MOCVD를 이용한 GaAs 박막층 형성

MOCVD는 high velocity gas flow(1~3m/s)를 이용하므로 layer들간에 abrupt interface 제작이 가능하며, 기판 전역에 걸쳐서 uniform epitaxy가 가능하다. 본 연구에서는 MOCVD을 setting하여 박막 성장을 위한 optimal growth condition 및 MO(metal organic)와 hydride source 양과 solid crystal mole fraction의 관계, dopant 양과 doping level의 관계, abrupt interface를 위한 gas switching time에 관하여 연구하였으며 특히 laser reflectometry를 이용하여 in-situ 측정을 함으로써 박막 성장 도중에 성장되고 있는 박막의 성장 속도, 두께 및 박막의 질을 예측할 수 있다.

박막 특성을 알아보기 위한 측정으로는 lattice mismatching의 정도를 보기 위하여 X-ray DCD(double crystal diffractometry)을 이용하였으며, energy band gap를 보기 위하여 PL(photoluminescence)을 이용하였고 doping level 측정을 위하여 polaron을 이용하였다.

2.2 기본 Process Parameters

모든 장비에 있어서 기본 적인 제조 조건을 찾

는 것은 매우 중요하다. MOCVD의 경우 박막 성장의 조건에 의해서 growth rate, unwanted doping, surface uniformity 등에 큰 영향을 끼칠 수 있다. 현재 우리 system에 있어서 박막 성장을 위한 최적 조건은 다음과 같다.

- deposition temperature : 675℃
- reactor Pressure : 20 mbar
- gas flow velocity : 30㎧
- Ⅴ/Ⅲ : 200 - 300

Ⅴ/Ⅲ ratio는 전자 및 홀의 이동도와 unwanted doping level 및 PL intensity에 영향을 주는 중요한 요소이다. 일반적으로 Ⅴ/Ⅲ ratio가 커질수록 PL intensity가 커지며, carrier들의 이동도 커지고 원하지 않는 doping level도 낮아지는 경향을 보이게 된다.

2.3 Crystal Growth

growth condition 제작에 사용된 기판의 특징은 다음과 같다.

- material : GaAs, InP wafer, EPI ready
- doping : semi conducting sulfur doped N-type
- carrier concentration : 1-5 × 1010/㎤
- etch pit density(EPD) : <1000/㎠
- orientation : (100) exact

epi-ready 기판이라도 공기 중에 노출이 되면 oxide층이 형성되게 되는데 노출 시간에 따른 oxide 두께는 대략 다음과 수식적으로 표시할 수 있다.

- $dox = d_0 \log[(t + t_0)/t_0]$
- $d_0 = 0.39$ nm
- $t_0 = 0.12$ min

노출 시간에 따른 oxide 두께를 나타낸다. 따라서 laser diode와 같이 계면 특성이 매우 중요한 소자를 기를 때에는 기판의 표면세척이 필수적이다. 기판의 일반적인 세척과정은 다음과 같다.

- cleaning in solvent(TCE/acetone/methanol)
- Rinse in di water
- etching in polishing etching

$H_2SO_4 : H_2O_2 : H_2O = 5 : 1 : 1$

- rinse in dil water
- rinse in solvents
- rinse in di water
- drying

일반적으로 drying 부분에서 질소 blow gun를 사용할 경우 기판의 표면이 오염되는 경우가 많으므로 우리는 모터를 이용한 spin dryer를 제작하여 사용하여 깨끗한 표면을 얻을 수 있었다.

2.3.1. X-mole fraction data

Ⅴ족 양이 어느 정도 이상이 되면 X-mole fraction은 Ⅴ족에 영향이 없이 Ⅲ족 양만으로 결정되게 된다. 일반적으로 Ⅲ족 양과 X-mole fraction과의 관계는 선형적인 특징이 있으므로 TMIn과 TMGa를 동시에 변화시키면서 y를 변화시켰다.

2.3.2. Y-mole fraction data

Y-mole fraction는 Ⅲ족 양에도 영향을 받을 뿐만 아니라 PH_3, AsH_3과 Y-mole fraction사이에는 선형적인 특성이 없으므로 data 구하기가 매우 까다롭다. 그래서 AsH_3양을 고정시키고 PH_3만 변화시켜서 y를 변화시켰다.

이런 방법으로 기판에 격자가 정합된 epi를 기른 다음 X-ray와 PL 측정으로 길러진 epi의 (x,y)을 구할 수 있었다.

2.3.2.1 X-mole fraction과 TMGa, TMIn, TMAl양과의 관계

MO source들은 액체(TMGa) 또는 고체(TMIn) 상태로 항온조 내에서 일정한 온도로 유지되면서 수소로 bubbling되어 reactor내로 주입되게 된다. 수소 유입양에 대한 bubbling되는 source양과는

아래와 같은 관계가 있다.

$$\log(Ppart) = B - A/T(K)$$

$$Weight = flow/22400 \times mass \times Ppart/(Pcurrent-Ppart)$$

$$Qmo = Qcarrier \times Ppart / (Pcurrent - Ppart)$$

여기서 Q는 flow 양

TMIn --> A = 3014, B = 10.52, m = 159.93

TMGa --> A = 1703, B = 8.07, m = 114.83

을 각각 나타낸다.

x와 source양과의 관계를 실험 결과로부터 분석한 결과를 Fig. 1~Fig. 4에 나타내었다. 그림에서도 알 수 있듯이 x와 source양과의 관계가 매우 선형적으로 변함을 알 수 있다. 또 파장과 Q(TMIn)/Q(TMGa)의 관계를 Fig. 5에 나타내었는데 축을 log로 나타내었을 때 선형적인 관계가 있음을 알 수 있다. 일반적으로 TMGa의 incorporation이 TMIn보다 작기 때문에 Q(TMIn)/Q(TMGa)이 1 보다 큼을 볼 수 있으며 1.3μm 근처에서 그 비가 4 정도 됨을 알 수 있다.

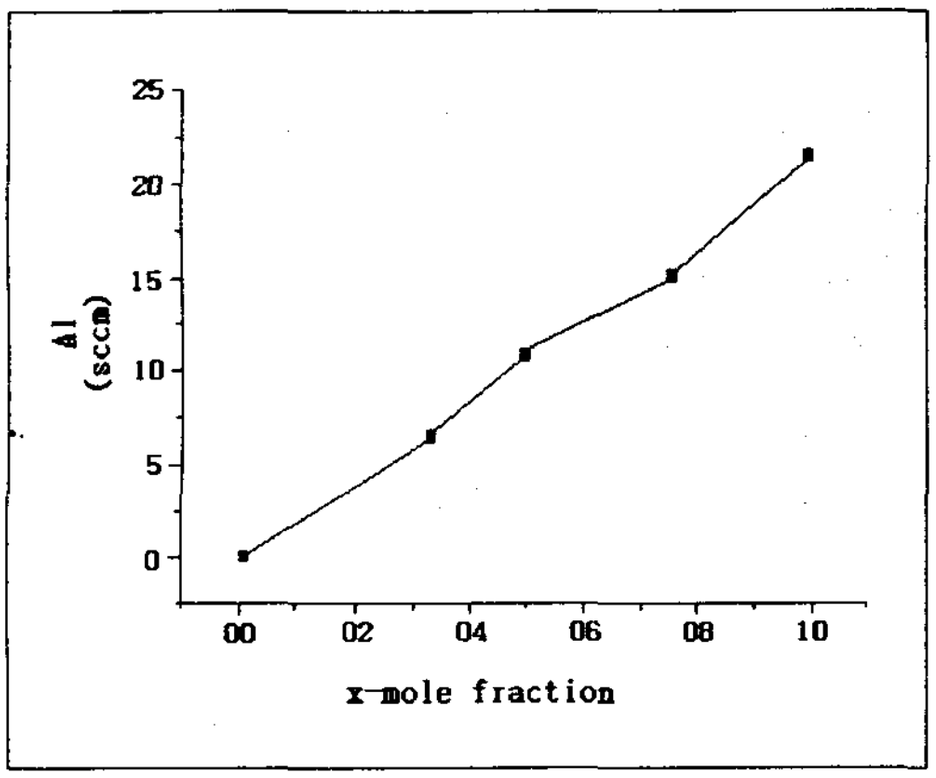


Fig. 2. The relationship of TMAl volume and X-mole fraction

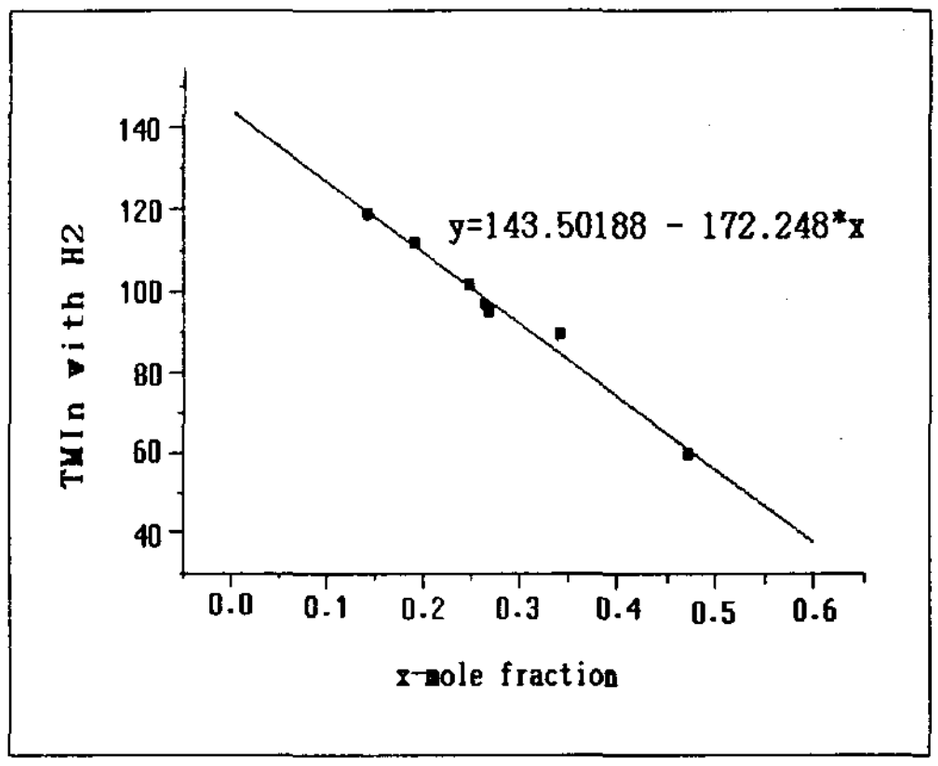


Fig. 3. The relationship of TMIn volume and X-mole fraction

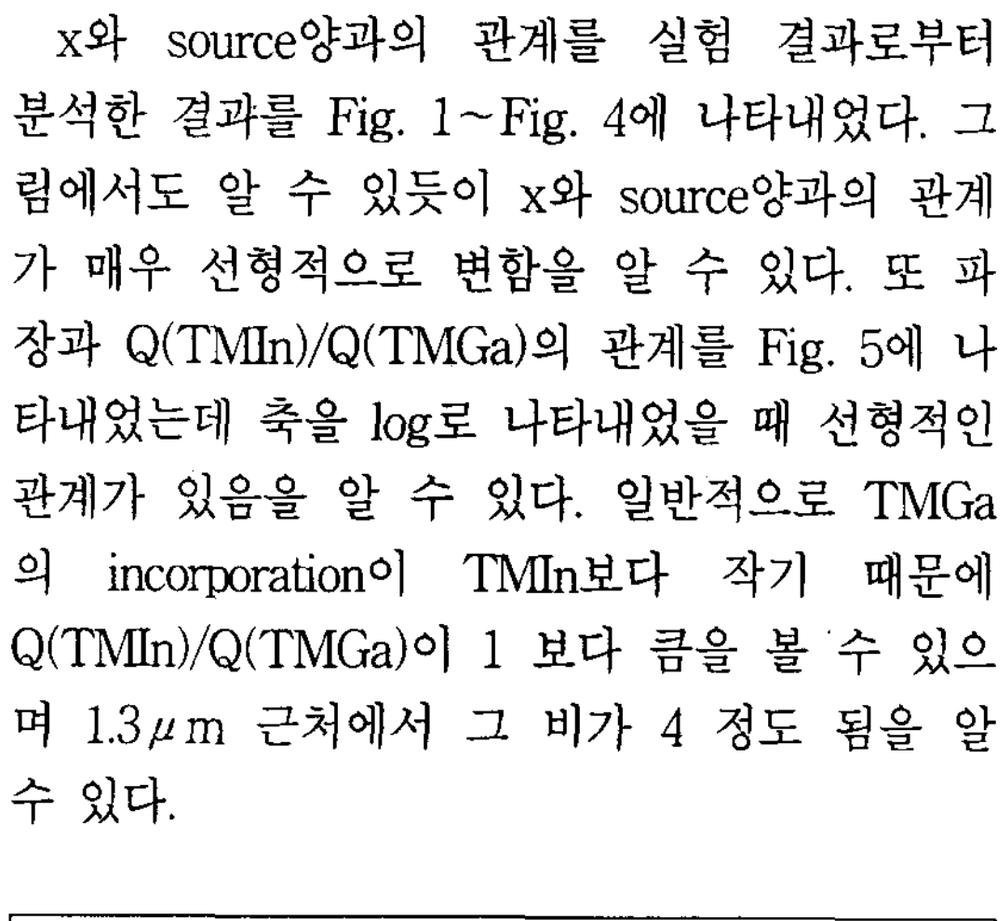


Fig. 1. The relationship of TMGa volume and X-mole fraction

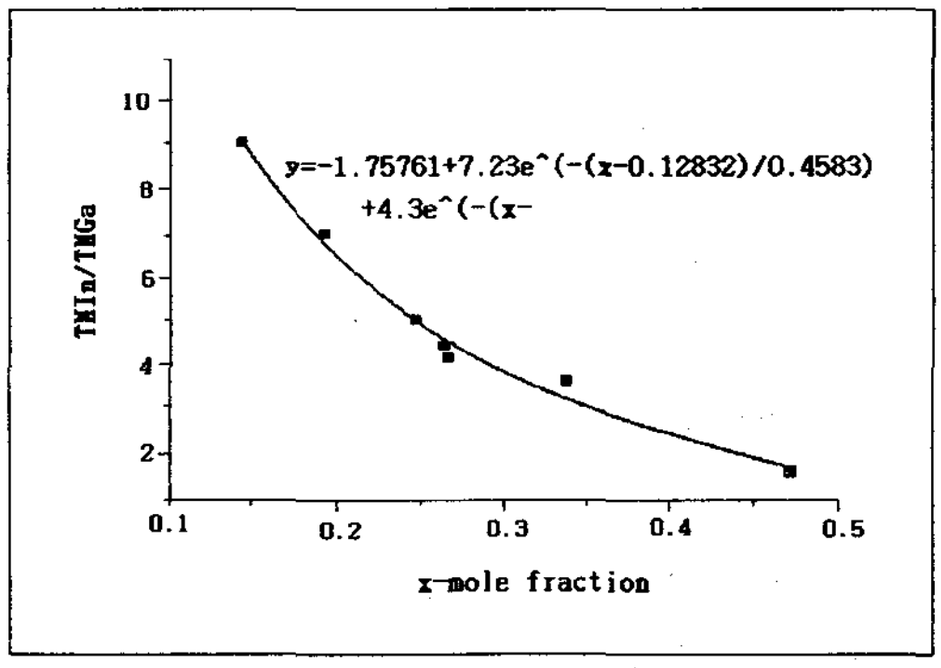


Fig. 4. The relationship of TMIn/TMGa volume and X-mole fraction

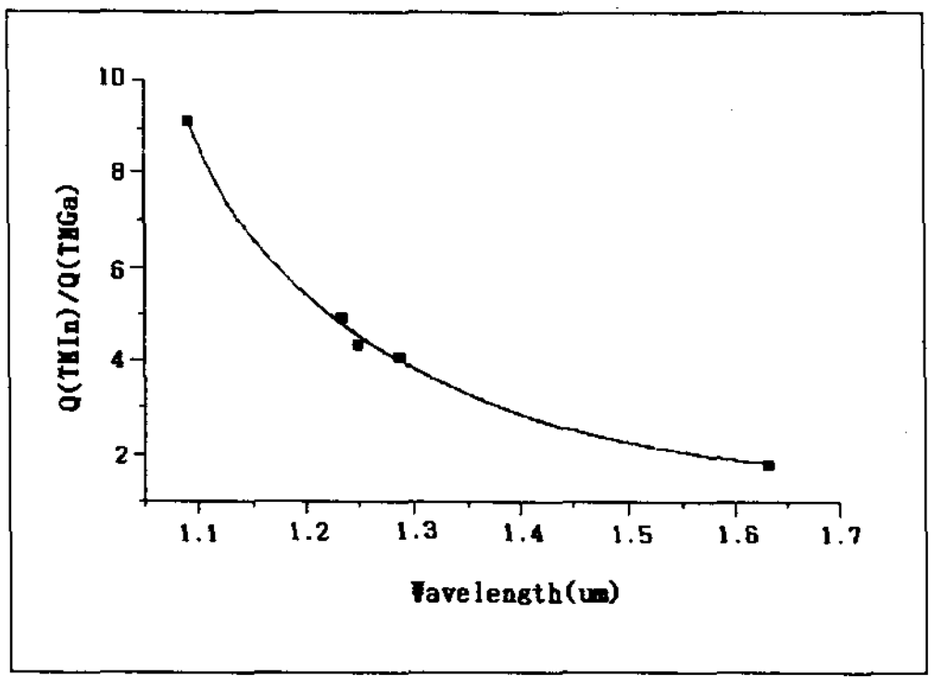


Fig. 5. The relationship of TMIn/TMGa ratios and wavelength

2.3.2.2 Y-mole fraction과 PH_3, AsH_3 양과의 관계

Ⅲ족은 선형적인 관계가 있는 반면에 Ⅴ족과 y-mole fraction과의 관계에는 선형적인 특성이 없다. 그래서 실험의 복잡성을 피하기 위해서 AsH_3 양은 고정시키고 PH_3 양만을 변화시켜서 y-mole fraction를 조절하였다. 그렇게 하여 최종적으로 PH_3/AsH_3와 y-mole fraction과의 관계를 따져 Fig. 6에 나타내었다. 그림에서도 알 수 있듯이 PH_3의 양이 AsH_3 양에 비해서 많이 들어감을 볼 수 있는데 그 이유는 P가 As에 비해서 계수가 작아서 epi 성장 도중에 P가 incorporation될 확률이 작기 때문이다.

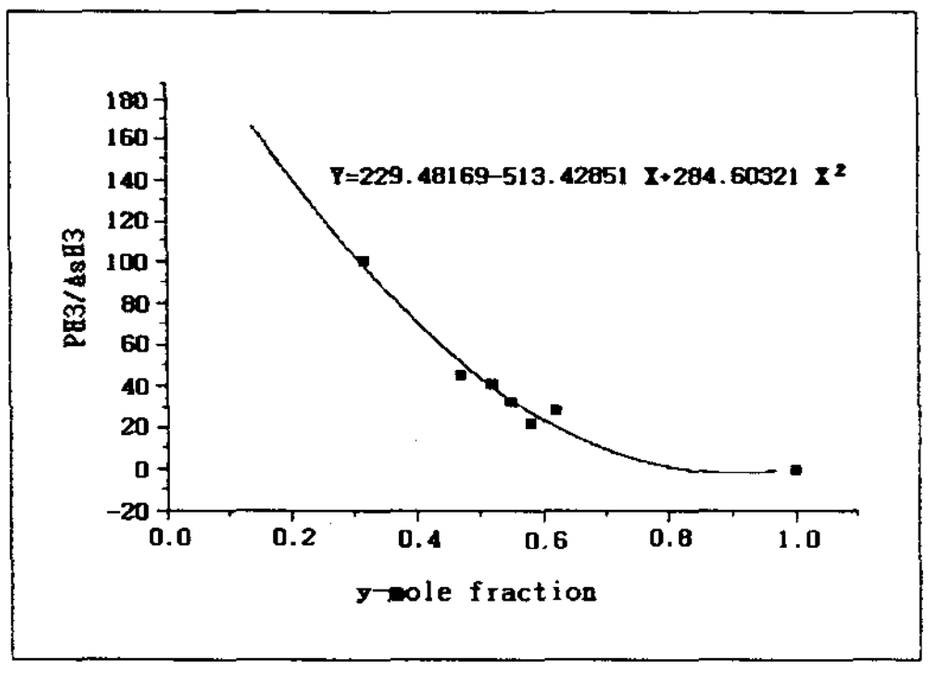


Fig. 6. The relationship of PH_3/AsH_3 ratios and x-mole fraction

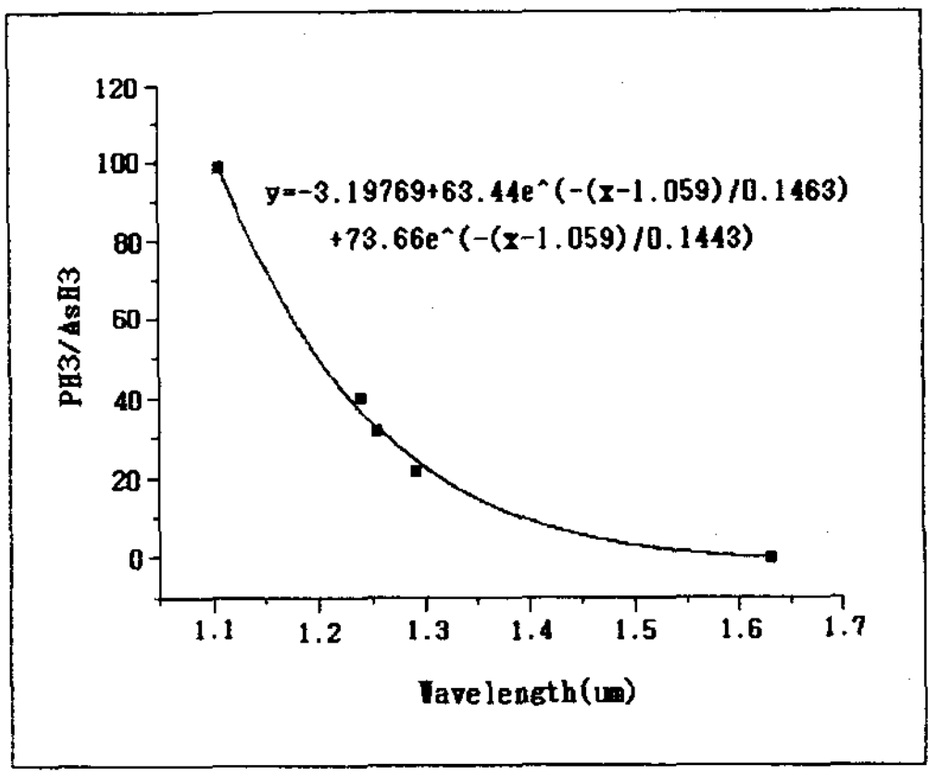


Fig. 7. The relationship of PH_3/AsH_3 ratios and wavelength

Fig. 7에는 PH_3/AsH_3과의 파장과의 관계를 나타내었다. 그 관계가 y축을 log로 나타낼 경우 선형적으로 나타낼 수 있다.

2.3.2.3 결정성장속도

Ⅴ족량이 어느 정도 이상이 되면 epi 성장 속도는 Ⅲ족 source양에 의해서 좌우된다. 성장 속도가 너무 느리면 박막 성장시 시간이 많이 걸리게 되고 성장 속도가 너무 빠르면 결정에 defect가 많아질 뿐 아니라 얇은 박막 성장 시에 많은 어려움이 있다. 우리의 경우 현재 각 element에 대한 source들이 한 개씩밖에 없으므로 quantum well과 같이 얇은 박막을 기를 때 빠른 switching에 따른 source양의 변화가 따라가지 못하게 되어 박막 경계면이 문드러지게 된다.

그래서 성장 속도를 1~2μm정도로 맞추었으며 TMIn이 TMGa 양 보다 항상 많이 들어가므로 (x,y)가 달라지면 성장 속도가 바뀌게 된다.

따라서 laser reflector meter를 이용하여 각 (x,y)에 대한 성장 속도를 실험을 통하여 <표 1>과 같이 구할 수 있었다. Al(x)Ga(1-x)As의 경우는 Ⅲ족에 의한 성장 속도의 선형성을 이용하여서 모든 x에 대해서 성장 속도를 1μm/h로 고정하였다.

Table 1. source 양에 따른 성장률

InGa(x)As(y)P (λ μm)	TMIn	TMGa	PH_3	AsH_3	G.R. (μm/h)
x = 0, y = 0 (0.89)	100	0	200	0	1.45
x =0.1467, y = 0.32 (1.1)	119.3	2.14	200	2	2.089
x = 0.28, y = 0.61 (1.3)	95.4	3.738	180	8	1.93
x = 0.47, y =1 (1.63)	61.3	6.02	0	50	1.769

2.3.2.4 결정성장

일반적으로 V/Ⅲ ratio가 epi의 전기적 특성(mobility..), quality에 큰 영향을 끼치게 된다. V/Ⅲ ratio가 어느 정도 이상이(> 100)이 되면 이런 특성들이 좋아지는 쪽으로 포화되는 경향을 보이게 된다.(crystal growth, 1988, 88~92)

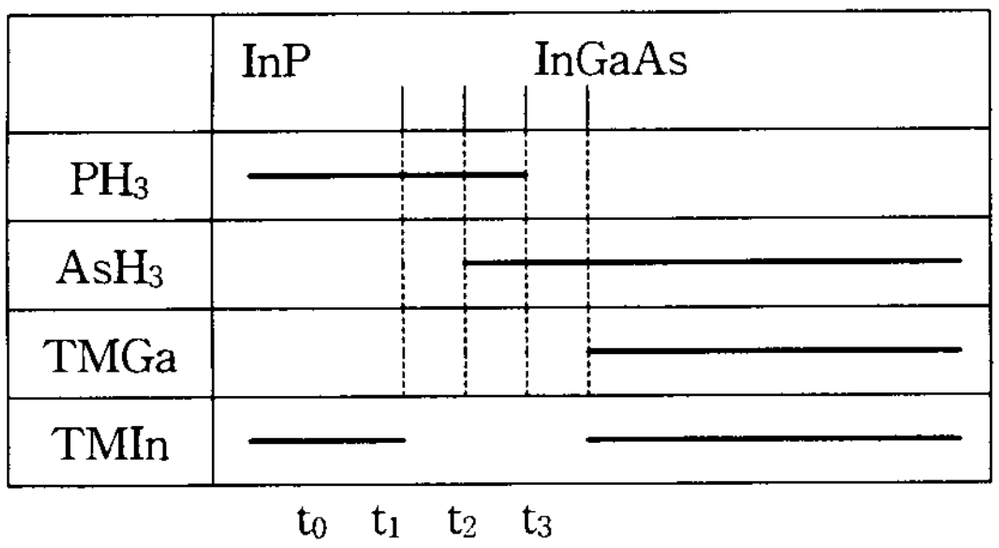
V/Ⅲ ratio가 커지면 carrier의 이동도가 커지다가 포화되며, epi의 PL 강도도 커지다가 포화되는 경향을 보이게 된다. 또 undoped concentration이 낮아지는 경향이 나타난다. 따라서 이번 연구에서는 V/Ⅲratio를 200~300 사이로 하였다.

2.3.2.5 Gas switching time

(x,y) mole fraction이 다른 epi 경계면에서 sharp interface를 얻으려면 gas들의 switching time이 매우 중요하다. gas의 switching 순서와 시간에 의해서 경계면이 문드러지기 때문에 고품질의 epi를 기를 수 없게 되고 laser diode와 같은 interface가 중요한 device에는 치명적이다. 그러나 현재 우리 system에는 각 source들이 하나 밖에 없으므로 MFC 조절에 시간이 걸리므로 빠른 switching이 불가능하다. 일반적인 switching 방법은 두 개의 source를 사용하여 한 개를 현재 사용하고 있으면 다른 하나는 다음으로 길러질 (x,y)에 setting 하여 ready 상태로 준비하여 가능한 빨리 다음 epi가 성장하게 한다.

다음은 몇 가지 interface에 대한 optimal switching 기법을 설명한다.

1) InP → InGaAs 사용된 switching 방법을 간략하게 그리면 다음과 같다.



t_0 = InP stop time

t_1 = AsH_3 on time

t_2 = PH_3 off time

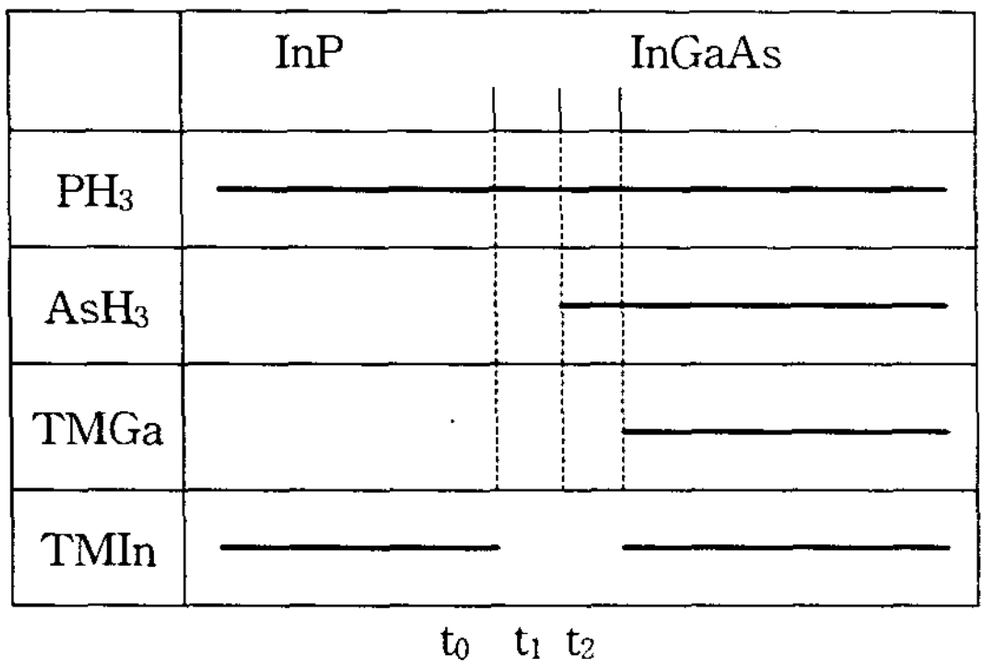
t_3 = InGaAs start time

여기서 중요한 시간은 t_1, t_2, t_3 이다. (t_1-t_0)은 시간은 성장된 박막으로부터 P가 빠져 나오는 것을 막기 위해서 PH_3로 계속 purge 하면서 reactor에 남아 있는 In계 물질을 모두 reactor 밖으로 내보내고 다음에 on될 source를 준비시키는 시간이다.(t_2-t_1) 시간은 AsH_3와 PH_3가 공유되는 시간으로 항상 5족을 흘려서 고온에서 성장된 기판으로부터 원소들이 나오는 것을 방지한다. (t_3-t_2)시간은 reactor에 있는 PH_3가 완전히 제거하는 시간으로 만일 P계열 분자들이 남아 있으면 parasitic 반응을 일으키게 된다. 여기서 (t_3-t_0) 시간은 모두 Ⅲ족 source들의 준비 시간으로 동시에 할당 될 수 있다. 특히 (t_3-t_1) 시간이 매우 중요한데 이 시간대에는 성장된 InP epi층위로 AsH_3가 흐르게 되므로 경계면에 InAsP 층이 성

장될 수 있다. 이런 현상은 많은 실험에 의해서 증명되어 있으며 그 시간이 1~2초 일 때 As농도가 60% 정도인 약 1~2 monolayer InAsP층이 성장하는 것으로 알려져 있다. 그러나 그 시간 간격이 5초 이내가 될 때에는 이런 impurity uptake 현상이 심각하지 않는 것으로 보고되고 있으며 만약 시간이 더 길어지게 되면 PL peak이 낮은 에너지 쪽으로 이동하는 현상을 보이게 된다. 이번 연구에서는 가능한 그 시간 간격들을 줄였으며, 그 한계로는 현재 source들이 하나씩밖에 없으므로 MFC가 따라가는 시간이 되었다.

2) InP → InGaAsP

이번 실험에 사용된 방법은 아래와 같다.



여기서도 박막 사이에서 생성될 수 있는 원하지않는 막형성을 방지하기 위하여 optimal interrupt time을 적용하였다.

2.3.2.6 Doping

다른 epitaxy 장비에 비해서 MOCVD를 이용하여 doping을 할 경우에는 정확한 doping를 정확한 곳에 할 수 있는 이점이 있다. 그러나 compensation 효과, activation이 부족, 그리고 impurity diffusion, memory effect 등의 현상으로 어려움이 있다. 이런 문제는 dopant들의 종류와 관계가 있으며 optimal doping을 위해서는 dopant material의 적절한 선택이 필수적이다. n-dopant으로는 SiH_4를 사용하고 있으며, p-dopant로는 DEZn 및 TMAs를 사용하고 있다. Si, C의 경우에는 epi 성장 도중 diffusion 효과가 측정 한계 이하로 작으나 Zn의 경우에는 이 현상이 심각하다. Zn의 확산계수가 6.5×10^{-14} cm^2/s(at T = 600℃)정도 되므로 Zn doping을 할 경우에는 이런 diffusion 효과를 미리 고려하여 undoped layer를 삽입하는 것을 고려하여야 한다.

n, p type doping level이 표에 나타나 있다. doping 측정은 poloron을 이용하였으며 dopant의 유입양에 비례해서 doping이 증가함을 볼 수 있다. 일반적으로 SiH_4를 이용한 doping은 10^{19}까지 가능하며 DEZn을 사용한 p doping의 경우 4.5×10^{18}까지 가능한 걸로 알려져 있다. InP 기판에 대한 doping의 결과가 <표 1>에 나타나 있다.

3. 특성 측정

3.1. X-Ray 측정

1917년 compton에 의해서 double crystal diffractometer(DCD)가 처음으로 사용된 이래로 DXRD는 반도체 특성 측정에 있어 매우 중요한 위치를 차지하고 있다. 단결정에 비해서 DXRD는 wavelength dispersion이 작으므로 high resolution을 얻을 수 있는 장점이 있다. X-ray를 이용하여 epi의 격자 상수를 알아내는 방법은 다음과 같다.

Bragg's law는 다음과 같다.

$$2a\times\sin(\theta)=n\lambda$$

양변을 미소 angle변화에 대한 격자 상수의 변화로 나타내면

$$\frac{\Delta a}{a}=\frac{a-a_s}{a_s}=-\frac{\Delta\theta}{\tan\theta B}$$

여기서 θB(Bragg angle)은 substrate에 대한 general Bragg's law

$$\lambda = \frac{2as \sin\theta_B}{\sqrt{h2 + k2 + l2}}$$

로부터 구할 수 있다.

(100)기판의 경우 (400)방향의 reflection이 intensity가 크고 또 그 방향이 (100)와 평행하므로 (400)방향이 주로 사용된다. 따라서 (100)-InP 기판의 경우

$a_s = 5.8687$

$(hkl) = (400)$

λ = 1.54A이므로 θ_B는 31.66 degree가 된다. 따라서 위의 수식을 이용하면 epi의 격자상수를 구할 수 있다. 그러나 epi가 기판에 대해서 lattice mimtching이 심하게 되었을 경우 epi가 stress를 받게 되므로 Poisson's ratio의 개념이 포함되어야 한다.

따라서 relaxed된 epi에 대한 격자 상수는 다음과 같이 표시할 수 있다.

$$\frac{\Delta a}{a_r} = \frac{1-v}{1+v} \times \frac{\Delta a}{a} + \frac{2v}{1+v} \times \frac{\Delta a}{a_{11}}$$

여기서 개념을 간략히 하기 위해서 epi의 기판의 수평 방향으로의 격자 상수가 기판의 격자 상수와 같다고 가정하면 다음과 같이 간략히 나타낼 수 있다.

$$\frac{\Delta a}{a_r} = \frac{1-v}{1+v} \times \frac{\Delta a}{a}$$

(InP의 경우는 0.36이다.)

길러진 박막에 대한 X-ray 측정 결과가 Fig. 8, Fig. 9에 나타나 있다.

일반적으로 $\frac{\Delta a}{a}$가 4×10^{-4}이하일 때 격자 정합이 되었다고 보는 데 이 개념은 single crystal X-ray의 resolution limit에서 나왔다. 따라서 측정 count 값이 50이내에 있을 때 격자 정합으로 볼 수 있다.,

3.2. PL측정

Quaternary epi 경우2 (x, y) = f(a, Eg)의 관계가 있으므로 특성을 정확히 파악하기 위해서는 X-ray 측정 외에 PL 측정이 필요하다.

PL 측정의 원리는 기판에 laser를 입사시키면 반도체 내에서 흠수가 일어나게 되는데 이때 낮은 에너지 상태에 있던 전자들이 에너지를 받아 높은 에너지 상태의 빈자리로 이동하게 된다. 그 다음 전자들이 scattering을 하면서 high level에서 가장 에너지가 낮은 상태로 머물게 되는데 이때 낮은 에너지 준위에 있는 홀과 결합하면서 그 밴드 갭에 해당하는 에너지를 가지는 photon를 내게 된다. 따라서 그 photon를 감지하면 epi의 밴드 갭을 알 수 있다. 길러진 박막에 대한 PL 측정 결과가 Fig. 10, Fig. 11에 나타나 있다.

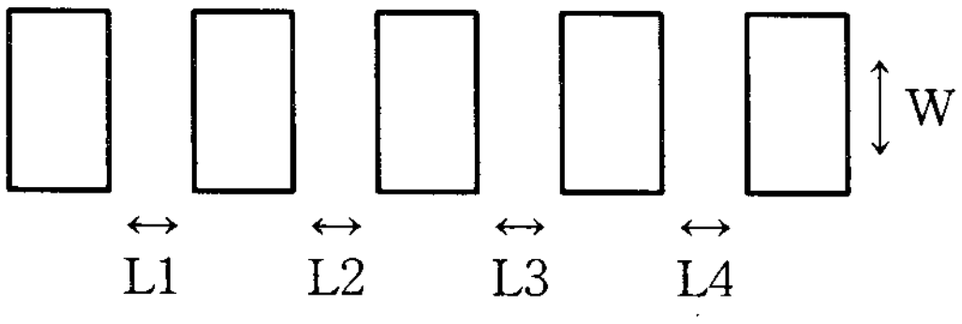
3.3. Laser Reflectometry 측정

박막의 두께에 따른 빛의 보강 및 상쇄 효과를 이용하여서 반사된 빛의 pattern으로써 성장되고 있는 박막의 특성을 파악할 수 있다. laser reflectometry는 이런 원리를 이용한 in-situ 측정 장비로써 반사되는 빛의 세기는 성장되고 있는 박막의 반사 계수(reflective index)에 의해서 결정되며, 박막이 성장됨에 따라서 보강 상쇄 간섭이 일어나서 사인 웨이브의 패턴이 나타내게 된다. 그리고 같은 종류의 박막 두께가 두꺼워지면 빛이 아래 층의 박막까지 도달하지 못하므로 사인 웨이브의 진폭이 줄어 들게 된다. 그러나 다른 종류의 박막이 성장하게 되면 반사 계수가 다르므로 반사되는 빛의 세기가 달라져서 PD의 전류가 변하게 된다. 따라서 박막 성장 중간에 현재 성장되고 있는 박막이 종류와 증착 속도, quality를 알 수 있게 된다. Fig. 12, Fig. 13 박막의 성

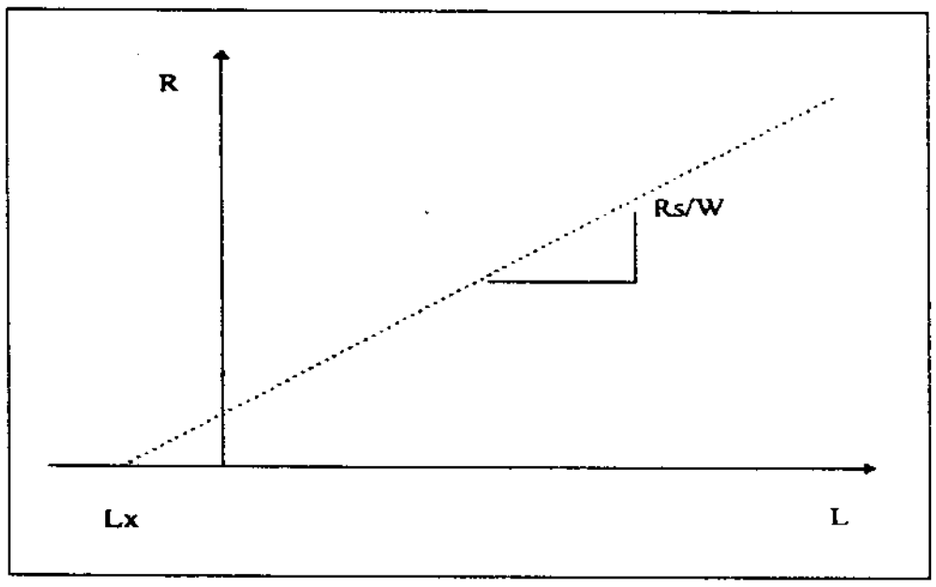
장시 처음부터 끝까지 laser reflectometry의 측정 결과이다.

3.4. TLM Pattern 측정

실제 device를 제작하기 위해서는 metal과의 contact이 필요하게 된다. 따라서 TLM Pattern은 반도체와 metal과의 contact 저항 및 sheet 저항을 알아내는 측정이다.그 원리는 다음과 같다.



위와 같은 pattern을 사용하여서 L에 따른 저항을 구해보면 아래와 같은 그래프를 얻을 수 있다.



$$R = 2R_c + \frac{Rsh2}{W} L = \frac{2Rsh1\,Lt}{W} + \frac{Rsh2}{W} L$$

여기서 Rsh는 sheet 저하으로 만일 Rsh1 = Rsh2가 같다고 가정하면 Lx = 2Lt가 되므로 위의 그래프로부터 specific contact 저항 r_c를 구할 수 있다.

DEZn을 사용한 p doping의 최대치가 4×10^{18}으로 한정되므로 metal과의 좋은 ohmic contact를 얻을 수 없게 된다. 각 doping level에 대한 TLM pattern 결과가 <표 2>에 나타나 있다. High doping에서는 specific contact 저항 r_c을 3.7×10^{-6}까지 얻을 수 있었다.

<표 2> DEZn 양에 따른 TLM pattern 결과

S, D, I	20um	40um	60um	80um	R=2Rc+ Rsh/W×L	r_c
80, 80, 60	343	629	891.6	1167	74, 13.67	1.5×10^{-4}
80, 80, 85	293	548	789	1020	57, 12.11	1×10^{-4}
80, 40, 60	224.6	428	633	850	13, 10.4	6.1×10^{-6}
80, 40, 85	172	328	487	654	9, 8.025	3.78×10^{-6}

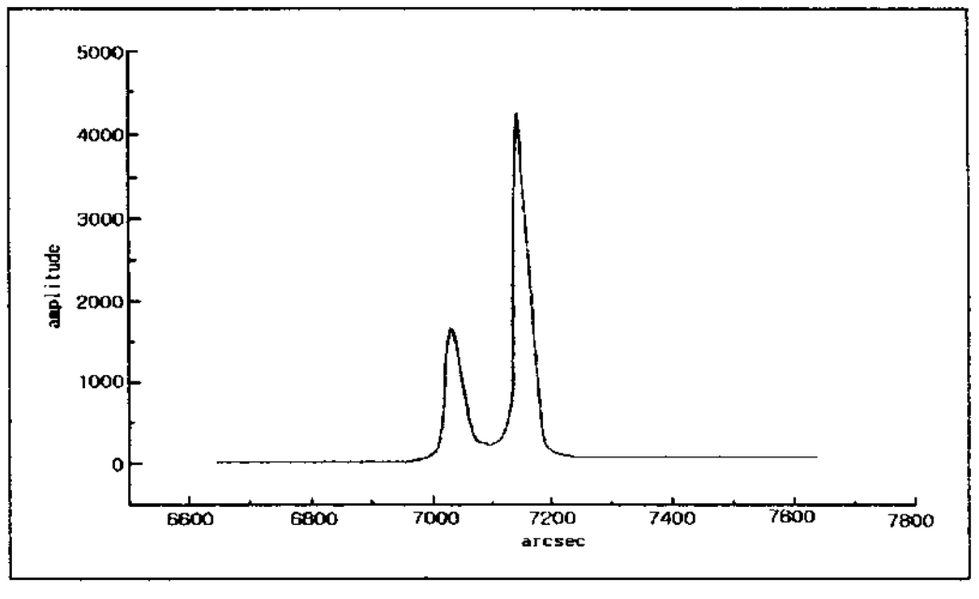


Fig. 8. TMGa = 5.6, TMAl = 6.4, AsH_3 = 50

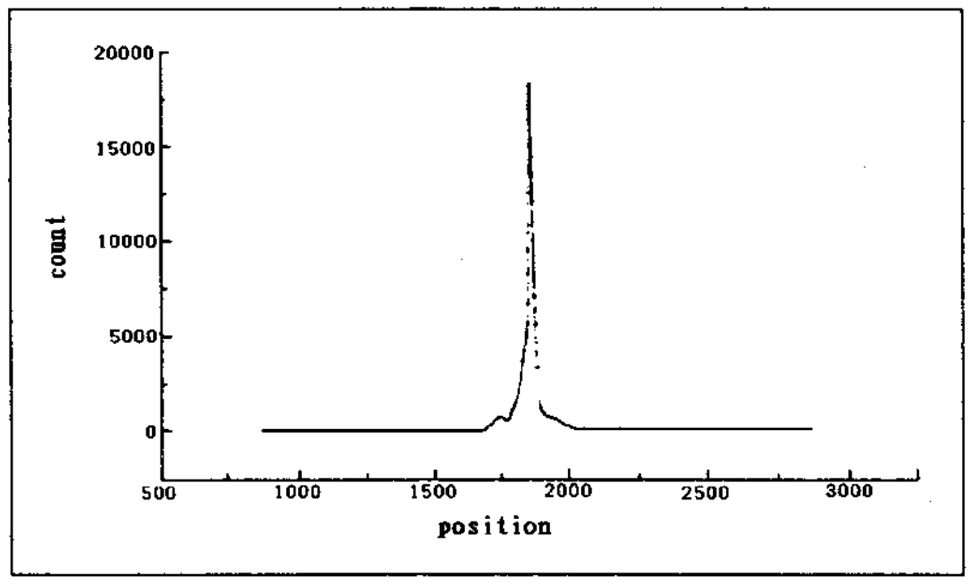


Fig. 9. TMIn = 97.4, TMGa = 3.63, AsH_3 = 8
PH_3 = 200, 230, 260

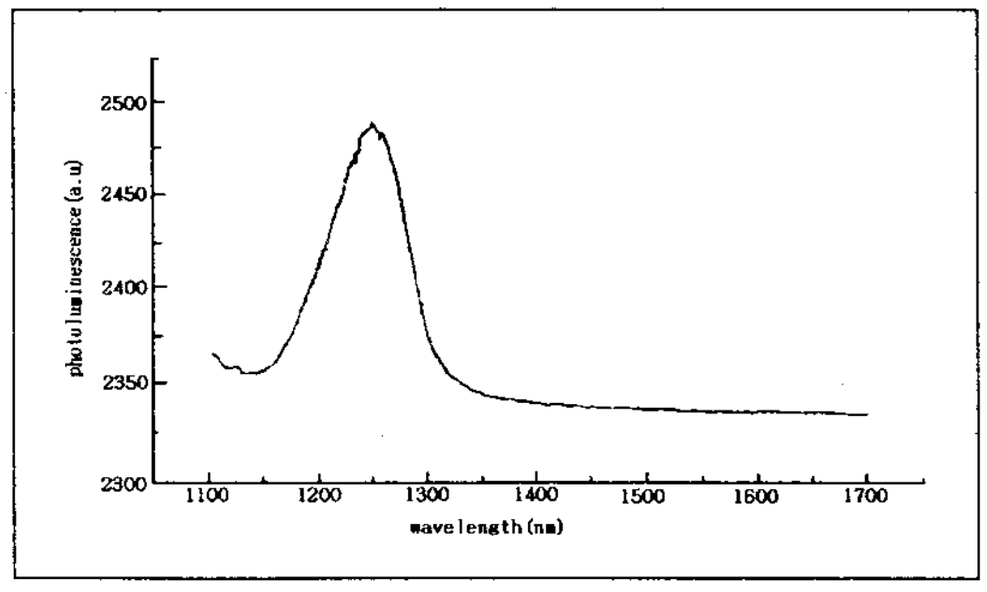


Fig. 10. TMIn = 90, TMGa = 4.1 AsH_3 = 8,
PH_3 = 170, 200, 230

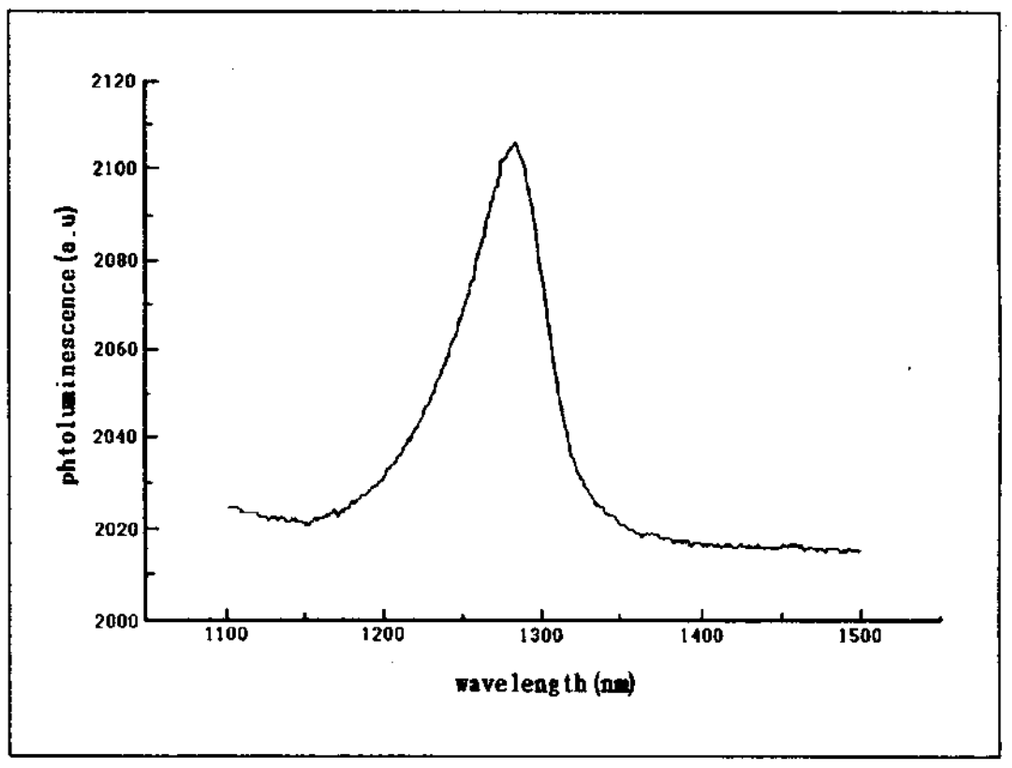


Fig. 11. TMIn = 97.4, TMGa = 3.6, AsH_3 = 8, PH_3 = 200, 230, 260

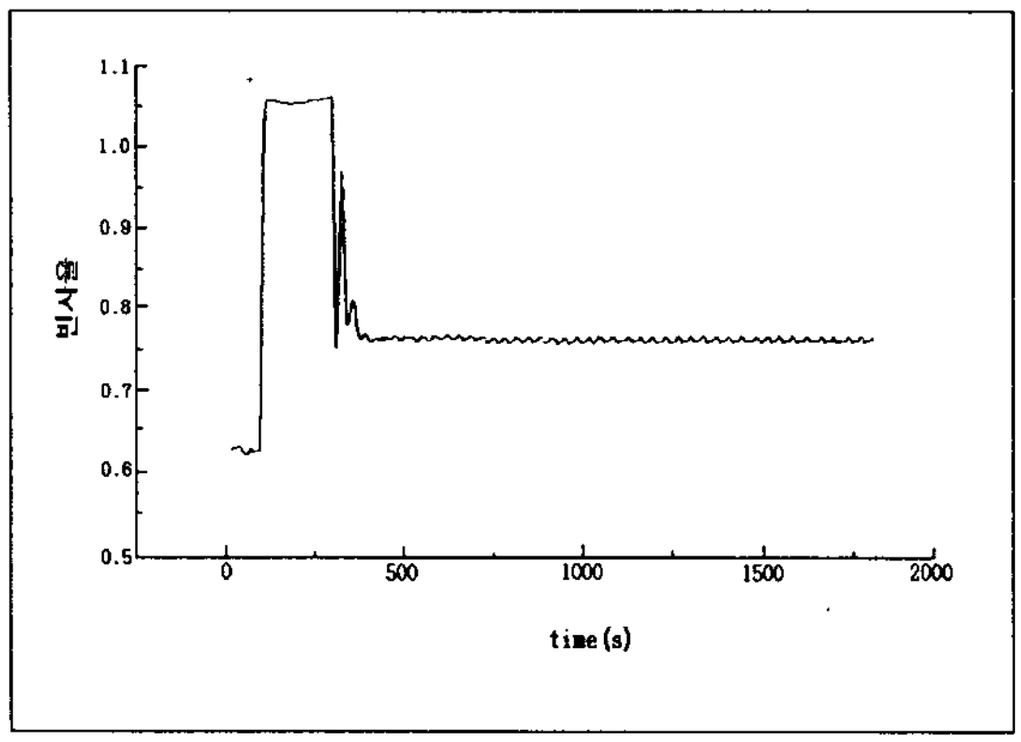


Fig. 12. Measurements 1 of laser reflectometer

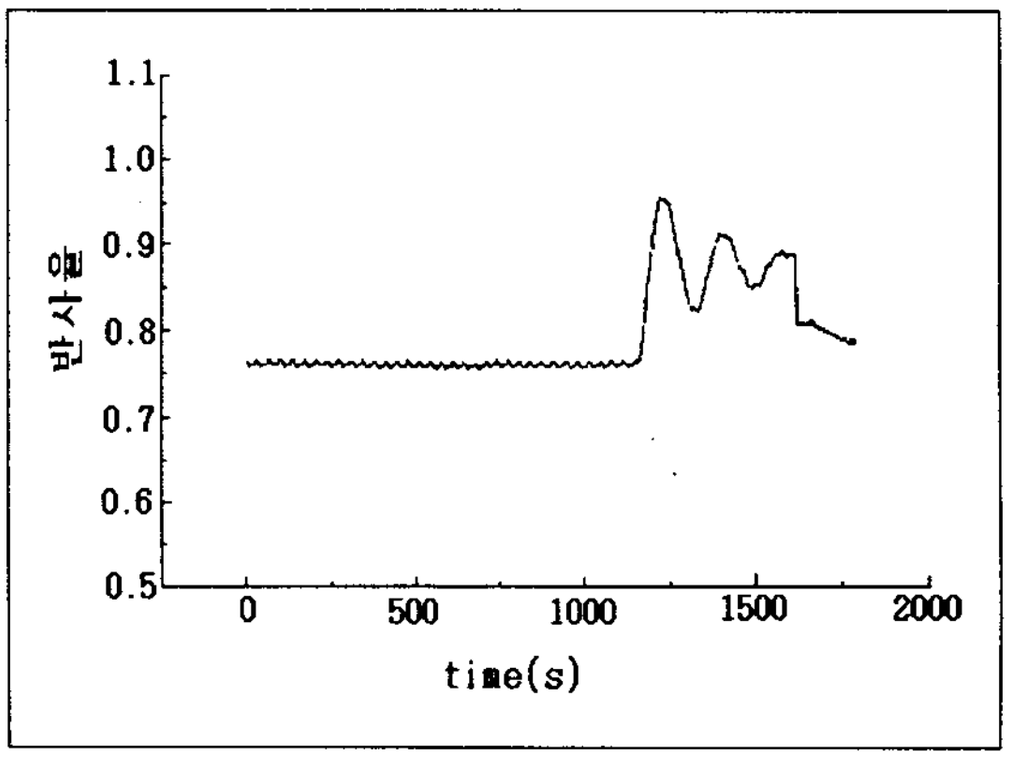


Fig. 13. Measurements 2 of laser reflectometry

4. 결 론

본 연구는 서로 다른 물질을 접합시키는 이중 접합구조 연구로써 박막 성장 특성상 다양한 성장조건을 변수로 택하였는데 즉 성장온도, 성장속도, 불순물농도, gas flow 변화, doping 물질 등에 따라서 서로 다른 epitaxy를 성장시켰다. 그리하여서 doping은 MOCVD를 이용하였기 때문에 정확한 level의 doping이 이뤄졌다. 그러나 compensation 효과, activation의 부족, impurity diffusion, auto contamination 등의 현상으로 어려움이 있었다. doping 측정은 polaron을 이동하였고 dopant의 유입량에 비례해서 doping이 증가함을 볼 수 있었다. 또한 박막특성 측정은 X-ray와 PL 측정으로 박막의 격자상수와 밴드갭의 측정 또한 laser reflectometry를 이용하여 박막의 성장 중의 박막 특성을 실측하였다. 이와 같은 과정은 X-ray 측정, PL 측정, laser reflectometry 측정, TLM Pattern 측정으로써 이뤄졌다.

MOCVD 장비의 설치와 여러 가지 박막의 성장을 위한 조건에 관한 연구가 행하여졌다. 그 결과 650~750℃에서 표면상태가 양호한 최적의 박막성장 조건과 doping 조건을 확립할 수 있었다

참 고 문 헌

1. B.Y. Tsaur et al., 17ht IEEE-PVSC 1984, Kissimie, Florida, p. 440
2. T. O´hara et al, 19th IEEE-PVSC,(1987)
3. M. Shimizu et al., Proc. 18th IEEE-PVSC, p. 14 (1985)
4. Y. Itoh et al., 3rd Int PVEC, Tokyo, Nov. 1987
5. T. O´hara et al., idem ref.[10]
6. N. FI. Massy et al., Mat. Res. Soc. Sym. Proc., Vol 91, p. 99 (1987)

A Study on Fabrication and Properties of the GaAs/Si Solar Cell Using MOCVD

I. S. Cha*, M. G. Lee**

* *Dongshin University, Dept. of Electrical Eng.*

** *Korea Institute of Energy Research, Taejoen, Korea*

Abstract

In this paper ,the current status of manufacturing technologies for GaAs/Si solar cell were reviwed and provied new MOCVD. In the manufacturing process of GaAs/Si solar cells and an experiment to get the high efficiency GaAs solar cells, we must investigate the optimum growth conditions to get high quality GaAs films on Si substrates by MOCVD. The GaAs on Si substrates has been recognized as a lightweight altenative to pure substrate for space applicaton.Because its density is less the half of GaAs or Ge.So GaAs/Si has twofold weight advantage to GaAs monolithic cell. The theoretical conversion efficiecy limit of tandem GaAs/Si solar cell is 32% under AM 0 and 25℃ condition. It was concluded that the development of cost effective MOCVD technologies shoud be ahead GaAs solar cells for achived move high efficiency III-V solar cells involving tandem structure.