

n-GaAs 구조에서의 ArF excimer laser annealing에 따른 Photorefectance 특성 연구

김기홍^{1*} · 유재인² · 심준형² · 배인호² · 임진환³ · 김진희³ · 유재용³

¹경운대학교 안경광학과, 구미 730-739

²영남대학교 이과대학 물리학과, 경산 712-749

³제2기업부설연구소 (주)태양기전, 대구 704-833

(2007년 2월 28일 받음)

n-GaAs의 시료를 furnace annealing 처리와 laser annealing 처리를 한 후, PR 방법으로 비교 조사하였다. 시료는 Furnace annealing을 5 분간 400~800 °C에서 처리한 시료와 ArF excimer laser(30~50 W)로 5 분간 Laser annealing 처리 한 시료로 준비하였다. Furnace로 annealing을 한 경우에 주 신호(정점)는 1.43 eV에서 관측되었는데 비해 laser로 annealing 한 샘플은 1.42 eV로 0.01 eV가 더 작게 관측되었다. 이는 laser annealing이 furnace annealing 보다 표면과 내면에서 일어나는 열처리 효과가 더 고르게 일어나기 때문이다.

주제어 : photorefectance, n-GaAs, annealing

I. 서 론

Photorefectance(PR) 방법은 반도체 표면 및 소재의 물성을 분석하는데 비접촉적 방법중의 하나이다[1-2]. 보통 PR 방법으로 측정된 결과는 3차 미분형태의 스펙트럼으로 표시되기 때문에 분석의 어려운 점이 많다. 그러나 이러한 3차 미분형태의 함수의 그래프로부터 띠간격 에너지 및 표면 전기장 또는 캐리어 농도까지 구할 수 있는 장점도 내포되어 있다. 그리고 이 방법의 기본적 메커니즘 구조는 먼저 반도체 표면에 pump beam을 사용하여 띠 간격 에너지에서 전자-정공 쌍을 형성 시켜 그때 발생하는 광반사 스펙트럼 차이를 측정하여 분석하는 구조이다.

반도체 재료에서 3-5족 화합물반도체인 GaAs 구조는 캐리어 이동속도가 Si보다 빠르기 때문에 Si 대체 소재로 각광을 많이 받고 있다. 반면에 제조단가가 비싼 단점이 있기 때문에 상용화에는 시간이 걸릴 것으로 보인다. 보통 n-GaAs의 성장온도는 400~500 °C이며, 또한 n-GaAs 표면에 목적에 맞게 schotyky contact 이나 ohmic contact등을 성장 할 때도 400~500 °C의 온도가 가해진다.

본 연구에서는 n-GaAs의 시료에 ArF excimer laser와 furnace로 annealing을 한 후 시료에 미치는 영향에 대해 조사, 분석하였다.

II. 실험 및 이론

본 연구에 사용 된 시료는 Si의 도핑농도가 $1.6 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ 의 n-GaAs을 사용하였다. Laser annealing는 ArF excimer laser로 5 분간 30~50 W로 annealing을 하였으며, furnace annealing은 400~800 °C에서 5분간 annealing을 하였다. 이 실험에서 pump beam은 He-Ne(632.8 nm) laser를 사용하였으며, 주파수는 광단속기를 사용하여 변조시켰다. 광원으로는 250 W 텅스텐 할로겐 램프를 사용하였고 분광기는 초점거리가 0.25m인 SPEX250을 사용하였다.

PR 방법에서 얻어지는 3차 미분 형태의 함수는 다음의 이론 식[3-8]에 근거를 두고 있다.

$$\frac{\Delta R}{R} = \text{Re}[\Sigma C e^{i\theta} (E - E_0 + i\Gamma)^{-n}] \tag{1}$$

여기서 R은 반사율이고 C와 θ 는 각각 진폭과 위상을 나타낸다. 그리고 E_0 와 Γ 는 각각 시료의 띠 간격 에너지와 평탄인자이고, n은 임계 점을 나타낸다.

III. 실험결과 및 논의

Fig. 1은 ArF excimer laser로 5분간 30 W로 annealing

* [전자우편] yji5945@ynu.ac.kr

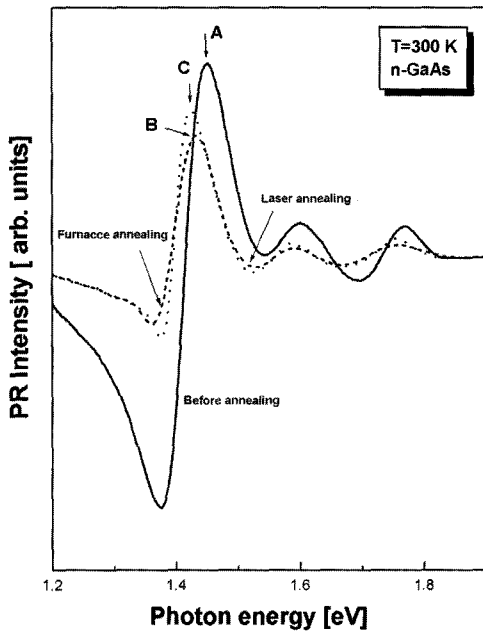


Fig. 1. PR spectrum of n-GaAs with various annealing

한 시료와 furnace로 5분간 400 °C에서 annealing 했을 때의 시료를 PR 방법으로 측정한 스펙트럼이다. 그림에서 보는 바와 같이 A 신호의 에너지대는 1.45 eV, B 신호는 1.43 eV 그리고 C 신호는 1.42 eV에서 관측되었다. A 신호의 근원은 annealing 하기전의 PR 신호이고, B는 furnace annealing 했을 때의 신호이며 마지막으로 C는 ArF excimer laser로 annealing 했을 때의 PR 신호이다. ArF excimer laser로 annealing 했을 때의 주정점의 에너지 신호가 annealing 하기전의 신호나 furnace로 annealing 했을 때의 신호보다 0.01 eV 적게 관측 되었는데 이는 laser annealing이 furnace annealing 보다 표면과 내면에서 일어나는 annealing 효과가 더 고르게 일어나기 때문이다.

Fig. 2는 3시료의 띵간격 에너지를 구하기 위해 다음식으로 fitting 한 그래프이다.

$$\frac{\Delta R}{R} = \cos\left[\left(\frac{2}{3}\right)\left(\frac{\hbar\omega - E_{cp}}{\hbar\Omega}\right)^{\frac{3}{2}} + \frac{\pi(d-1)}{4}\right] \quad (2)$$

여기서 d는 임계점의 차원이고, $\hbar\Omega$ 는 임계점과 관련된 특성에너지이며, Γ 는 임계점 에너지에 대한 평탄인자이다. 이 식의 신호형태는 Franze Keldysh oscilation(FKO)의 진동 형태를 따른다. 이 식에서 진폭요소를 무시하면 FKO의 위치는 다음식[7-8]에 의해 근사 된다.

$$E_j = \hbar\Omega(F_j) + E_g \quad (3)$$

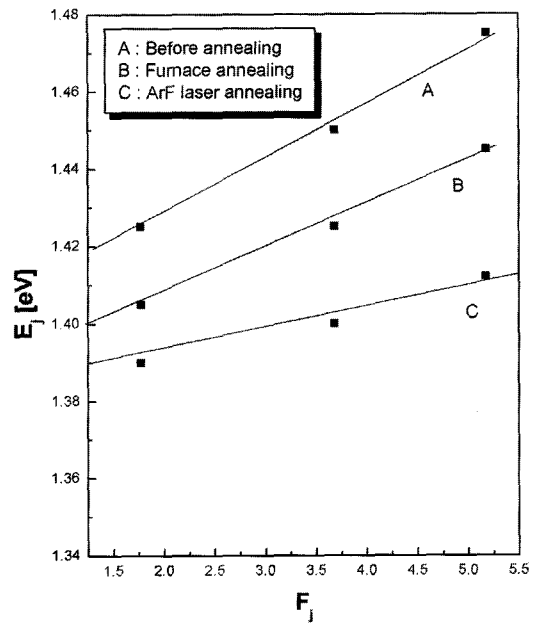


Fig. 2. The linear fitting of the extreme energies in the PR spectra from the asymptotic Franz-Keldysh model.

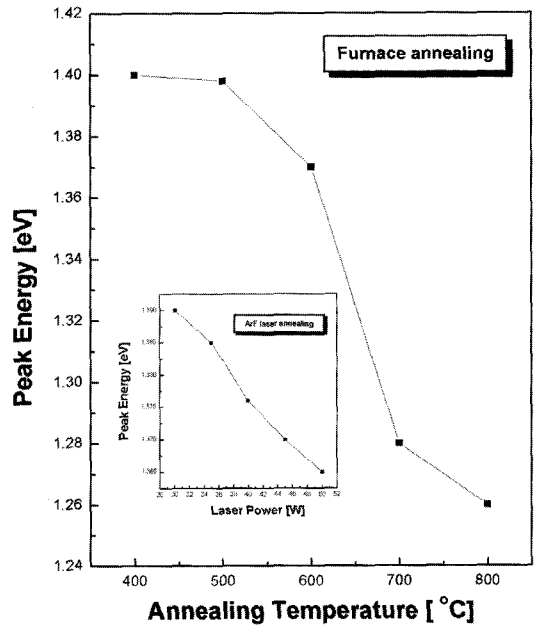


Fig. 3. The graph of n-GaAs with various annealing temperature and laser power.

$$F_j = [3\pi((j-1/2)/2)]^{\frac{2}{3}} \quad (4)$$

위의 식으로 F_j 에 따른 E_j 의 그래프 기울기는 $\hbar\Omega$ 이며, 절편은 띵간격 에너지가 된다.

이를 구한 결과 annealing 하기전의 띵간격에너지는

1.42 eV였으며, furnace로 열처리를 한 경우는 1.40 eV 정도였다. 마지막으로 ArF excimer laser로 annealing 하였을 때는 1.39로 정점 피크 에너지대와 같이 약 0.01 eV 정도 작게 분석되었다.

Fig. 3는 annealing 전과 furnace 및 ArF laser로 온도 및 파워 별로 annealing을 했을 때의 그래프를 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 furnace로 annealing 했을 때는 신호의 에너지대가 700 °C에서 급격하게 변하지만 ArF excimer laser로 annealing을 했을 때는 완만하게 감소하는 경향을 보인다. 이는 furnace annealing은 특정한 임계 온도(700 °C)에서 띠틈격 에너지에 큰 영향을 주지만 Laser annealing은 고르게 시료에 영향을 주면서 급격하게 시료에 큰 영향을 주지 않는다[9-12].

IV. 결 론

n-GaAs의 시료를 furnace 및 laser annealing을 한 후, PR 방법으로 조사한 결과는 다음과 같다. Furnace로 annealing을 한 경우 신호(정점)는 1.43 eV에서 관측되었는데 비해 laser로 annealing 한 샘플은 1.42 eV로 0.01 eV가 더 작게 관측되었다. 이는 laser annealing 이 furnace 열처리보다 표면과 내면에서 일어나는 annealing 효과가 더 고르게 일어나기 때문이다.

참고문헌

[1] M. Szybowicz, T. Runka, M. Drozdowski, W. Bała,

- A. Grodzicki, P. Piszczek, A. Bratkowski, *Journal of Molecular Structure* **704**, 107 (2004).
- [2] P.A. Lane, J. Rostalski, C. Giebeler, S.J. Martin, D.D.C. Bradley, D. Meissner, *Solar Energy Materials and Solar Cells* **63**, 3(2003).
- [3] M. Wojdyła, B. Derkowska, M. Rębarz, A. Bratkowski, W. Bała, *Journal of Optics. A, Pure and Applied Optics* **7**, 463 (2005).
- [4] J. Misiewicz, G. Sęk, R. Kudrawiec, P. Sitarek, *Thin Solid Films* **450**, 14 (2004).
- [5] M.,Wojdyła, B., Derkowska,W., Bała, A., Bratkowski, A., Korcala, *Optical Materials*, (in press).
- [6] C.M. Lai, F.Y. Chang, C.W. Chang, C.H. Kao, H.H. Lin, G.J. Jan, J. Lee, *Appl. Phys. Lett.* **82**, 3895 (2003).
- [7] N.H. Bonadeo, A.S. Lenihan, G. Chen, J.R. Guest, D. Gammon, D.S. Katzer, D. Park, *Appl. Phys. Lett.* **75**, 2933 (1999).
- [8] H. Shen, M. Dutta, *J. Appl. Phys.* **78**, 2151 (1995).
- [9] J.M. GilpSerez, J.L. SSanchez-Rojas, E. Munoz, E. Calleja, J.P.R. David, M. Reddy, G. Hill, J. SSanchez-Dehesa, *J. Appl. Phys.* **76**, 5931 (1994).
- [10] P.W. Yu, B. Jogai, T.J. Rogers, P.A. Martin, J.M. Ballingall, *J. Appl. Phys.* **76**, 7535 (1994).
- [11] D.Y. Lin, S.H. Liang, Y.S. Huang, K.K. Tiong, F.H. Pollak, K.R. Evans, *J. Appl. Phys.* **85** (1999) 8235.
- [12] B. Jogai, P.W. Yu, D.C. Streit, *J. Appl. Phys.* **75**, 1586 (1994).

A Photoreflectance Study of ArF Excimer Laser Annealing and Furnace Annealing.

Ki-Hong Kim^{1*}, Jae-In Yu², Jun-Hyoung Sim², In-Ho Bae², Jin-Hwan Lim³, Jin-Hi Kim³
and Jae-Yong Yu³

¹*Department of Visible, Kyungwoon University, Gumi 730-739*

²*Department of Physics, Yeungnam University, Gyeongsan 712-749*

³*Research and Development Center, Tae Yang Electronics, Daegu 704-833*

(Received February 28, 2007)

We investigated variation of the photoreflectance(PR) signals for n-GaAs furnace and laser annealed. The samples were annealed by using ArF excimer laser(5 min, 30~50 W) and furnace(5 min 400~700 °C). The PR signals(top point) measured from the ArF excimer laser annealed sample showed 1.42 eV and furnace annealed sample showed 1.43 eV. This result is ArF excimer laser annealed sample was uniform annealed surface and inter state.

Keywords : Photoreflectance, n-GaAs, FKO

* [E-mail] yji5945@ynu.ac.kr