

## Er 과 Ti doping에 따른 InGaAs/InP의 반절연성연구

김충배, 조학동, 위영호, 이호상, 고남훈, 신동혁, 강태원  
 동국대학교 물리학과  
 원상현, 정관수  
 경희대학교 전자공학과

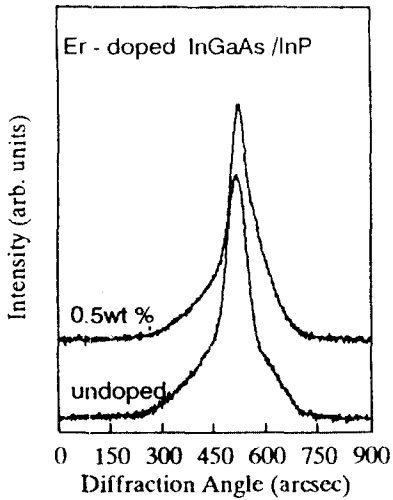
Silica based 광섬유를 이용한 광통신은 최저 손실, 최저 분산 영역인  $1.54\mu\text{m}$  대 발광 및 수광소자로서 InGaAs는 가장 각광받는 물질로 알려져 있다<sup>[1,2]</sup>. 또한 InGaAs는 열평형상태에서 성장이 이루어지는 Liquid Phase Epitaxy(LPE)법으로 쉽게 성장 할 수 있는 특성을 가지므로 광소자의 특성을 한층 더 높일 수 있는 장점을 갖는다. 한편 LPE 장치로 딱딱 성장시 intrinsic layer에 carbon등과 같은 원하지 않는 불순물 도핑이 생겨 소자의 특성을 감소시키는 경향이 있다. 이와 같은 현상을 막기 위한 방법으로 활성층내에 강한전자친화력에 따르는 gettering 효과를 갖는 erbium 또는 titanium과 같은 불순물을 의도적으로 도핑하여 소자의 특성을 향상시키려는 연구가 활발히 진행되어지고 있는 실정이다. 이와 같은 관점에서 본 연구에서는 LPE 장치를 이용하여 InGaAs/InP의 딱딱성장중 erbium과 titanium을 각각 0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9wt%로 도핑하고, Double Crystal X-ray Diffraction (DCXD), Photoluminescence (PL) 등으로 그 특성을 조사하였다.

그림1에서 (a)와 (b)는 각각 LPE로 성장 중에 erbium과 titanium을 도핑한 InGaAs/InP의 DCXD 측정 결과를 나타낸다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 erbium이 첨가된 경우와 첨가되지 않은 경우 각 peak의 angle separation이 도핑 농도가 증가함에 따라 증가되어짐을 알 수 있다. 이와 같은 현상은 erbium의 도핑 농도가 증가함에 따라 결정 내에 더많은 defect cluster가 형성되고, 형성된 defect cluster의 수가 증가할 수록 성장층내에 격자 distortion이 많아지고, 이 결과 결정의 격자 부정합도가 증가하기 때문이다. 또한 (b)와 비교해서 (a)가 더크게 차이가 나는 것은 titanium 보다 erbium이 더 강한 전자친화력을 갖기 때문인 것으로 생각된다.

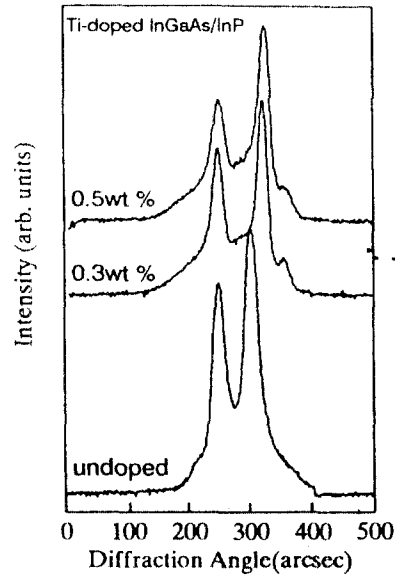
그림2는 그림1과 같이 (a)는 erbium, (b)는 titanium이 성장중에 도핑된 InGaAs/InP 시료에 대해 12K에서 측정한 PL 스펙트럼이다. 그림2에 (a)에서 관찰할 수 있는바와 같이 erbium의 도핑 농도가 증가함에 따라 점차적으로 InGaAs에 band-to-band 천이에 의한 peak가 고에너지 쪽으로 이동함을 알 수 있다. 이에 비해 InP의 intrinsic peak는 거의 이동하지 않은 것으로 보아 erbium이 기판까지는 크게 영향을 주지 않음을 알 수 있다. 그림2에 (b)는 erbium이 첨가되지 않은 경우와 0.5wt% 첨가된 경우로, 그림에서 알 수 있는바와 같이 erbium이 도핑된 시료의 PL 신호의 세기가 크게 증가하고, intrinsic 피크에 걸쳐 여러개의 피크들이 나타남을 알 수 있다. 이러한 현상은 host 물질인 InGaAs내에 첨가된 erbium이  $\text{Er}^{3+}$ 이온을 형성하면서 다양한 intra 4f 천이를 일으키는데, 이 4f 천이의 에너지 간격이  $1.54\mu\text{m}$ <sup>[3]</sup>대로 InGaAs의 intrinsic peak와 거의 일치하기 때문인 것이다. 한편 erbium이 도핑된 경우보다는 약하지만 (b)에서도 역시 주 피크가 고에너지로 이동했음을 관찰할 수 있다. 이것은 erbium이나 titanium과 같은 전자친화력이 큰 물질이 결정내로 도입되면, 도핑 농도가 증가함에 따라 결정내에 defect cluster도 함께 증가하여 compressive strain에 따르는 band distortion 정도가 심해지기 때문인 것으로 생각된다<sup>[4]</sup>.

이상의 결과로부터 회토류족의 강한 전자친화력을 이용한 불순물 gettering 효과를 소자에 이용하기 위해서는 erbium인 경우 0.5wt%, titanium인 경우 0.7wt%가 적당함을 알 수 있다.

- [1] J. Raczynska, K. Fronc, J. M. Langer, A. Lemanska and A. Stapor, Appl. Phys. Lett, 53, 761(1988)
- [2] J. Novak, S. Hasenohrl, M. Kuliffayova and J. Oswald, J. Cryst. Growth 110, 862(1991)
- [3] A. T. Gorelenok, V. G. Gruzdov, R. Kumar, V. V. Mamutin, T. A. Polyanskaya, I. G. Savelev and Yu. V. Shmarsev, Sov. Phys. Semicond., 22, 21(1988)
- [4] T. S. Moss, J. Appl. Phys, 32, 2136(1961)

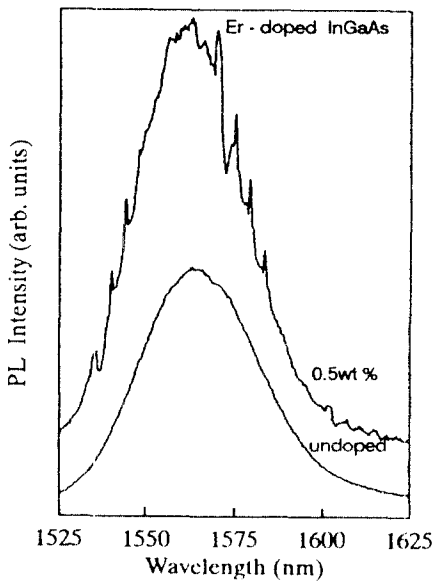


(a)

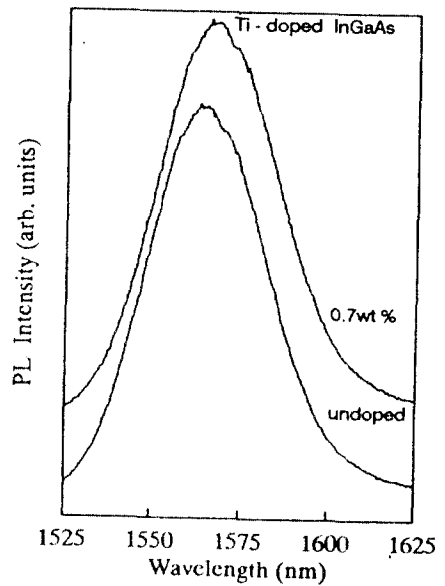


(b)

그림 1. LPE로 성장중에 각 wt % 따라 (a) erbium (b) titanium 이도핑된 InGaAs/InP 시료의 DCXD curve.



(a)



(b)

그림 2. InGaAs/InP에 (a) erbium (b) titanium 이도핑된 시료의 12K에서 측정된 PL 스펙트럼.