

## Impurity free vacancy disordering and its application to fabricate multiple wavelength lasers on the same wafer

최 원준, 이 석, 우 덕하, 이 정일, 김 선호, 강 광남, Larry A. Coldren

한국과학기술연구원 광기술연구센터

wjchoi@kist.re.kr

양자우물 구조의 성장 후 이의 국부적 청색변이를 통하여 궁극적으로 상이한 밴드갭을 동일 기판상에 실현하는 양자우물 무질서화 기술은 광집적회로등에의 응용을 위해 기존의 regrowth 방법이나 selective area growth 방법에서의 단점을 보완하거나 혹은 부분적으로 이러한 기술들을 대체하고자 많은 연구가 이루어져 왔다<sup>(1-4)</sup>. 이러한 기술중 impurity free vacancy disordering (IFVD)<sup>(1)</sup> 기술은 상이한 특성의 유전체 박막을 덮개층으로 사용하여 국부적으로 상이한 밴드갭 영역을 제작하는 기술이다. 이 기술은 impurity induced layer disordering<sup>(2)</sup> 이나 혹은 ion implantation induced disordering<sup>(3)</sup>에 비해 상대적으로 광손실이 적은 광소자의 제작이 가능하게 하며 유전체 덮개층의 특성을 조절함으로써 밴드갭의 이동량을 조절할 수 있는 장점이 있다<sup>(5)</sup>.

IFVD을 위해  $\text{SiN}_x$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{WN}_x$ ,  $\text{SrF}_2$ 등 많은 유전체 박막이 양자우물 무질서화를 증강시키거나 혹은 억제시키기 위해 사용되어 왔다. 이중  $\text{SiN}_x$  박막은 PECVD 방법으로 성장중 공정조건의 변화를 통해 쉽게 그 특성을 변화시킬 수 있는 장점이 있다. 본 발표에서는 여러 가지 조건에서 PECVD로 성장한  $\text{SiN}_x$  박막을 이용하여 IFVD를 수행한 결과를 제시하고 정량적으로 그 결과를 해석한다.

표 1은 상이한 RF 전력에서 성장한  $\text{SiN}_x$ 를 덮개층으로 사용했을 경우 무질서화된 GaAs/AlGaAs 양자우물의 밴드갭 변이량 및 계산된 Ga-Al 상호 확산거리이다. 표에서 보는 바와 같이  $\text{SiN}_x$  성장시 인가된 RF 전력이  $\text{SiN}_x$  박막의 특성을 변화시켜 양자우물 무질서에 영향을 미침을 알 수 있다. 표 2는  $\text{SiN}_x$ 의 성장시  $\text{NH}_3$ 의 flow rate에 변화를 주어 박막의 특성을 변화시킨 경우에 무질서화된 양자우물의 특성을 정리한 것이다. 표에서 보는 바와 같이 박막 성장시의  $\text{NH}_3$  flow rate에 따라 최대 4배까지 양자우물 무질서화 시키는 정도가 달라진다. 일반적으로  $\text{SiN}_x$ 는  $\text{SiO}_2$ 보다 상대적으로 적은 양자우물 무질서화를 야기한다고 알려져 있지만  $\text{SiN}_x$  박막 성질을 조절함으로써 동일한 기판에 대한  $\text{SiO}_2$  박막을 이용한 경우와 대등한 결과를 얻을 수 있었다. 따라서 이러한 결과에서  $\text{SiN}_x$ 박막만을 이용하여 동일 기판상 상이한 밴드갭 영역을 얻기 위한 양자우물 무질서화 공정을 수행할 수 있음을 알 수 있다.

그림 1은  $\text{SiN}_x$  박막의 두께를 변화시켜 양자우물 무질서화 정도를 다르게 한 무질서화된 양자우물시료에 대한 time resolved PL 측정 결과이다. S0에서 S4로 갈수록 양자우물 무질서화 정도가 큰 시료로서 청색편이가 많이 일어난 경우이다. 그림에서 보는 바와 같이 양자우물 무질서화 정도가 증가할수록 양자우물내에서의 운반자 수명이 감소함을 알 수 있다. 따라서 무질서화된 양자우물을 사용하는 경우 초고속 동작 LD 및 광변조기의 제작이 가능함을 알 수 있다.

그림 2는 IFVD 기술의 한 예로 InGaAs/GaAs 양자우물 LD 구조를 너비가 다른 stripe을 갖게 식각하고  $\text{SiN}_x$  박막을 이용하여 양자우물 무질서공정을 거친 후 제작된 LD에 대한 발진 파장을 보여준다<sup>(6)</sup>. 그림에서 보는 바와 같이 일회의 양자우물 무질서화 공정을 통하여 동일 기판상에 제작된 LD는 stripe의 너비가 증가함에 따라 발진파장이 감소하여, 즉 양자우물 무질서화 정도가 증가하여 stripe 너비의 증가에 따라 발진파장이 감소하였으며, stripe 너비에 따라 얻을 수 있는 발진파장 폭이 11nm가 되었다.

이와 같이 IFVD 기술은 사용되는 박막의 특성 및 기판의 조건에 따라 양자우물의 밴드갭을 자유롭게

게 변화시킬 수 있어 광소자 제작에 많은 응용을 기대할 수 있다.

1. D. G. Deppe, et al., Appl. Phys. Lett. 49, 510-512, 1986
2. W. D. Laidig, et al., Appl. Phys. Lett., 38, 776-778, 1981
3. J. J. Coleman, et al., Appl. Phys. Lett., 40, 904-906, 1982
4. C. J. McLean, et al., Electron. Lett., 28, 1117-1119, 1992
5. W. J. Choi, et al., IEEE J. of Sel. Topics in Quantum Electron., 4, 624-627, 1998
6. W. J. Choi, et al., Proceedings of SPIE, 3628, 267-274, 1999

표 1. SiN<sub>x</sub> 성장시 RF 전력을 변화시킨 경우 무질서화된 양자우물의 특성.

RF power(W)	SiN <sub>x</sub> Thickness(nm)	ΔE(meV)	L <sub>d</sub> (Å)	Relative vacancy density(%)
30	95	21.7	11.8	100
60	132	31.2	14.7	89
90	64	61.9	24.3	306

표 2. SiN<sub>x</sub> 성장시 NH<sub>3</sub> flow rate를 변화시킨 경우 무질서화된 양자우물의 특성.

NH <sub>3</sub> flow rate(sccm)	SiN <sub>x</sub> Thickness(nm)	ΔE(meV)	L <sub>d</sub> (Å)	Relative vacancy density(%)
0	260	13.5	9.3	100
10	250	13.5	9.3	104
20	210	11.3	8.4	112
30	180	23.2	12.5	194
40	160	55.3	22.1	386

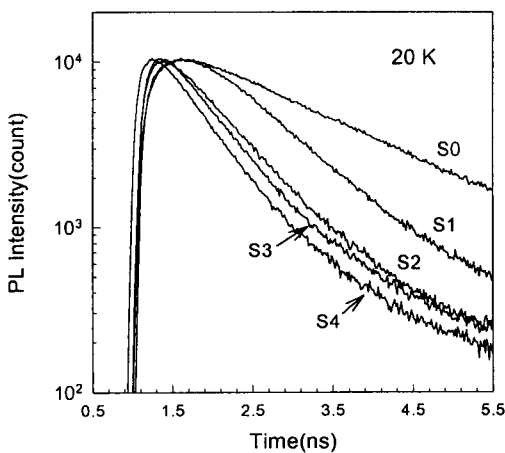


그림 1. 무질서화 된 양자우물 구조의 time resolved PL 측정 결과

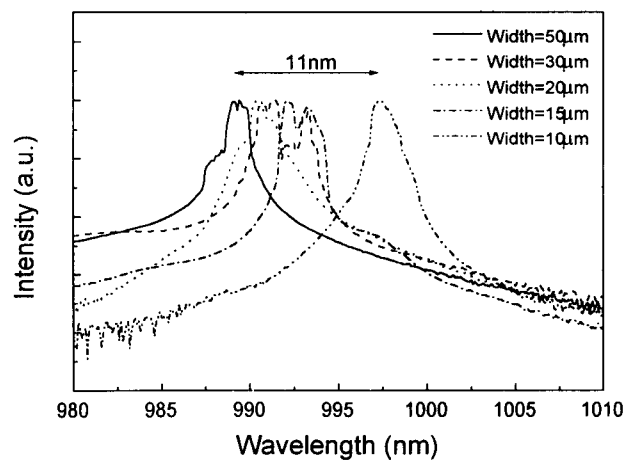


그림 2. 일회용 IFVD에 의해 제작된 LD의 stripe 너비에 따른 발진 spectrum