유전체덮개 양자우물 무질서공정에서 SiN_x 덮개층 성장시 NH_3 유량비 조절을 통한 InGaAs/InGaAsP 양자우물의 밴드갭 조절

최원준, *이희택, 우덕하, 이석, 김선호, *조재원
한국과학기술연구원, 광기술연구센터
* 광운대학교, 전자물리학과
wjchoi@kist.re.kr

유전체 덮개층을 이용한 impurity free vacancy disordering (IFVD) 기술에 의한 양자우물구조의 밴드갭 조절기술은 양자우물을 갖는 광소자의 제작 및 광소자들의 한판 집적에 광범위하게 적용되어 왔다 [1-3]. IFVD 기술의 핵심은 유전체 덮개층의 종류 및 그 특성을 적절히 조절함으로써 양자우물의 밴드갭 및 굴절율을 양자우물 기판상에서 공간적으로 조절하는 기술에 있다. 이러한 목적을 위해 SiN_x, SiO_2, SrF_2 및 WN_x와 같은 많은 유전체 덮개층에 관한 실험들이 진행되었다 [1-6].

일반적으로 SiN_x 덮개층은 GaAs/AlGaAs 계에서와는 달리 InGaAs/InP 계에서는 양자우물 무질서화를 증강시켜 밴드갭의 청색변이를 크게 한다 [2,3]. 비록 일반적으로 SiN_x 박막이 GaAs/AlGaAs 계에서 양자우물 무질서화를 억제시키는 것으로 알려져 있긴 하지만, PECVD 방법에 의해 박막의 성장시 그 특성을 바꾸어 주는 경우, 양자우물 무질서도를 조절할 수 있는 것으로 알려져 있다 [7-9]. 본 연구에서는 SiN_x 박막의 특성변화가 InGaAs/InGaAsP 양자우물계에 미치는 영향을 살피기 위해, PECVD 방법에 의한 SiN_x 덮개층의 성장시 활성가스비를 조정함으로써, 박막의 특성을 변화시키고 이것이 InGaAs/InGaAsP 양자우물의 IFVD에 미치는 영향에 대해 연구하였다.

실험에 사용된 InGaAs/InGaAsP 양자우물구조는 CBE법으로 n-InP상에 성장했으며, 7 nm 두께의 InGaAs 우물과 이를 둘러싼 InGaAsP(1.3Q) 장벽층으로 이루어져 있다. 모든 층은 InP와 격자정합된 구조이며, 상온에서의 양자우물의 PL은 1540 nm에서 피크치를 나타낸다. PECVD 방법으로 성장시 SiN_x의 특성을 변화시키기 위해 SiH_4 가스의 유량비를 20 sccm으로 고정하고, NH_3 가스의 유량비를 0 sccm부터 40 sccm까지 변화시켰다. 이때 박막의 두께가 IFVD공정에 미치는 영향을[8] 제거하기 위해 SiN_x의 두께를 100 nm로 고정시켰다. SiN_x 덮개층의 성장후 전기로를 이용하여 750 ℃의 질소분위기에서 4분, 8분, 12분, 16분간 열처리한 후 상온에서의 PL 스펙트럼을 비교하여 청색변이량을 측정하였다. 이때 비교를 위해 300 nm 두께의 SiO_2 덮개층을 시료를 제작하고 이를 SiN_x 덮개층을 갖는 시료와 비교하였다.

그림 1은 40 sccm의 NH_3 유량비에서 성장한 SiN_x 덮개층으로 처리한 시료와 SiO_2 덮개층으로 처리한 시료의 청색변이량을 열처리 시간의 함수로 표시한 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 전 열처리 시간에 대해 SiN_x 덮개층의 경우가 SiO_2 덮개층에 비해 청색변이량이 큼을 알 수 있다. 이러한 결과는 다른 연구그룹의 연구결과와 같은 결과이다 [2,3]. 그림 1에서 또한 알 수 있는 바는 SiO_2 덮개층의 경우 열처리 시간이 증가함에 따라 청색변이량이 포화되는 양상을 보이지만 SiN_x 덮개층의 경우 계속 청색변이량이 증가하는 경향을 보임을 알 수 있다. 이때 SiN_x 덮개층과 SiO_2 덮개층을 이용하여 최대한 얻을 수 국부적 청색변이량의 차이는 44.2 meV이다.

그림 2는 각 열처리 시간에 대해 청색변이량을 NH_3 가스 유량비의 함수로 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이, 청색변이량은 열처리시간의 증가뿐만 아니라 SiN_x 덮개층 성장시의 NH_3 가

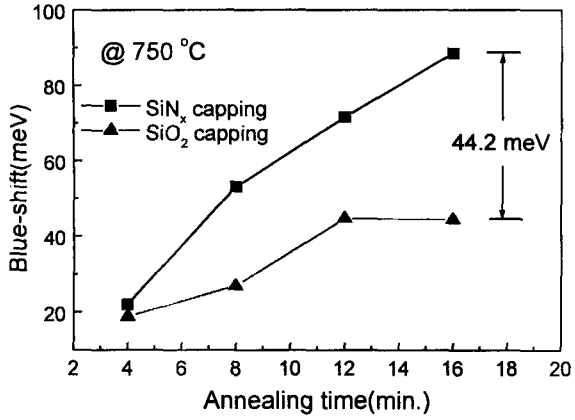

그림 1. SiN_x 덮개층 및 SiO_2 덮개층을 갖는 시료의 열처리시간에 따른 청색변이량

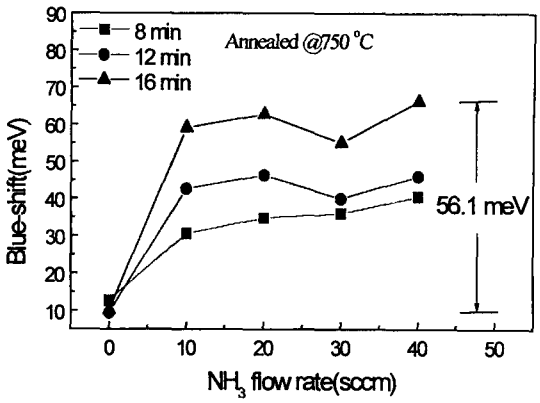

그림 2. 각 열처리 온도에서 NH_3 가스 유량비에 따른 청색변이량

스 유량비의 증가에 따라 증가함을 알 수 있다. 열처리시간의 증가에 따른 청색변이량의 증가는 양자우물을 구성하는 원자들의 상호확산시간의 증가에 따른 자연스런 결과로 이해될 수 있으며 NH_3 가스 유량비의 증가에 따른 청색변이량의 증가는 NH_3 가스 유량비 증가에 따른 SiN_x 박막내 수소함량의 증가 및 이로 인한 박막내 vacancy 밀도의 증가 때문인 것으로 이해된다 [9]. NH_3 가스 유량비가 0 sccm에서 성장한 SiN_x 박막을 덮개층으로 이용한 경우, 그림 1의 SiO_2 덮개층의 경우와 비교할 때 매우 적은 청색변이만을 유도함을 알 수 있으며 이로 인해 동일한 SiN_x 박막을 이용하고도 상대적으로 큰 56.1 meV의 국부적 밴드갭차를 얻을 수 있다. 따라서 결론적으로 본 연구에서 개발된 공정을 이용하는 경우 상이한 박막을 이용하여 국부적 밴드갭 차이를 얻는 기존의 기술에서 발생하기 쉬운 박막의 갈라짐 등의 현상을 예방할 수 있을 뿐만 아니라 보다 큰 밴드갭 차를 국부적으로 실현할 수 있다.

참고문헌

1. H. Ribot, K. W. Lee, R. J. Simes, R. H. Yan and L. A. Coldren, Appl. Phys. Lett. **55**, 672 (1989).
2. T. Miyazawa, H. Iwamura, and M. Naganuma, IEEE Photon. Technol. Lett. **PTL-3**, 421 (1991).
3. Y. Suzuki, H. Iwamura, T. Miyazawa, and O. Mikami, Appl. Phys. Lett., **57**, 2745 (1990)
4. J. Beauvais, G. S. Ayling, and J. H. Marsh, IEEE Photon. Technol. Lett. **PTL-4**, 372 (1993).
5. I. Gontijo, T. Krauss, J.H. Marsh and R. M. De La Rue, IEEE J. of Quantum Electron. **QE-30**, 1189 (1994).
6. E. L. Allen, C. J. Pass, M. D. Deal, J. D. Plummer and V. F. K. Chia, Appl. Phys. Lett. **59**, 3252 (1991).
7. W. J. Choi, J. I. Lee, I. K. Han, K. N. Kang, Y. Kim, H. L. Park and K. Cho, J. Mat. Sci. Lett. **13**, 326 (1994).
8. W. J. Choi, S. Lee, J. Zhang, Y. Kim, S. K. Kim, J. I. Lee, K. N. Kang and K. Cho, Jpn. J. Appl. Phys. **34**, L418 (1995).
9. W. J. Choi, et al., IEEE J. of Sel. Topics in Quantum Electron., **4**, 624, (1998)