

# 전기장이 가해진 양자우물에서 구속-비구속 전이 흡수 제어

## Absorption Modulation of Bound-continuum Transition in Biased Quantum Well

김태우\*, 제구출\*, 최정우\*\*, 박승한\*  
 \*연세대학교 물리학과, \*\*경희대학교 전자정보학부  
 je@phya.yonsei.ac.kr

장파장 적외선 영역의 빛을 검출하려는 소자 개발은 여러 분야에서 심도 있게 연구가 진행되고 있다.[1] 특히, 최근 GaAs/AlGaAs 양자우물 구조를 이용한 양자우물 적외선 검출소자 (Quantum Well Infrared Photodetector : QWIP)는 성장과 가공이 쉽고, 가격이 저렴하며, 균일성이 탁월하다는 이유에서 주목을 받고 있다.[2] 이러한 QWIP는 흡수되는 적외선 광자에너지가 약 100 meV 정도이므로, 양자우물 내의 에너지 상태에 있는 전자를 양자우물의 에너지 장벽보다 높은 에너지 상태로 전이시키는 구속-비구속 상태 전이를 이용한다. QWIP는 양자우물 구조의 변화가 용이하기 때문에, 원하는 파장에 반응하는 검출기 제작에 커다란 장점을 갖고 있다.

본 연구에서는 이러한 GaAs/AlGaAs QWIP의 파장 반응성을 예측하기 위하여, 전기장이 걸린 양자우물구조에서 전자의 구속-비구속 상태전이에 대한 흡수 스펙트럼을 계산하였다. 그림 [1]은 우물 폭의 크기와 파장에 따른 흡수 스펙트럼의 계산 결과이다.

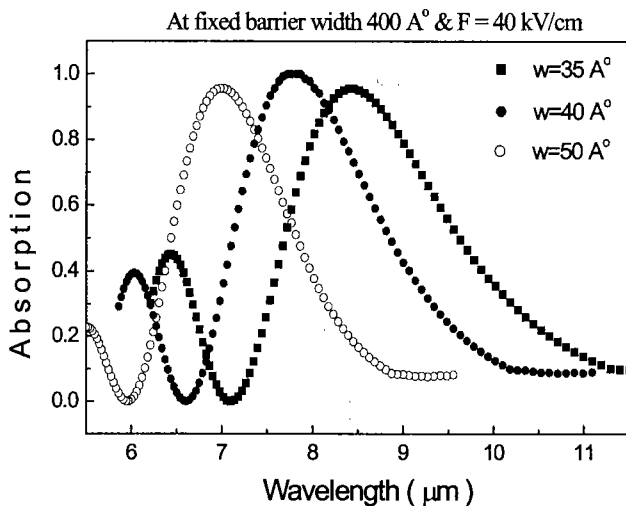
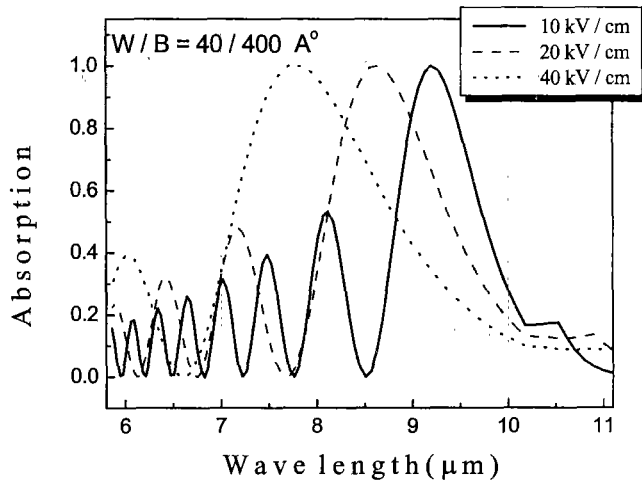


그림 1. 전자의 구속-비구속 상태전이에 대한 흡수 스펙트럼

우물 폭이 클수록 흡수 봉우리들이 red shift하고, 폭이 클수록 우물내의 고유 에너지 위치가 약간 낮은 에너지 쪽으로 위치하지만, 고유 파동함수의 형태 변화는 매우 작음을 알 수 있다. 그러나, continuum 상태로 여기된 전자의 고유파동함수의 형태는 우물 폭에 따라 크게 변하기 때문에, 흡수 스펙트럼에 영향을 주게 된다. 흡수스펙트럼 세기는 두 고유상태간의 천이로써, 두 함수의 겹침에 비례하기 때문이다.

그림 [2]는 가해진 전기장 세기에 따른 흡수 스펙트럼의 변화를 보여주는데, 전기장 세기가 커질수록 흡수의 최대 봉우리는 red shift 하고, 진동하는 구조를 갖고 있음을 볼 수 있다. 이 흡수스펙트럼의 진동 구조는 전기장에 의한 우물 내 전자의 고유파동 함수는 변화가 적는데

반하여, continuum 상태로 여기된 전자의 파동함수 형태가 전기장 세기에 따라 우함수와 기함수로 주기성을 갖고 급격하게 변하는 사실에 기인한다고 생각된다. 또한 가속도의 법칙에 따라 전기장 세기가



클수록 흡수의 진동이 빠르게 나타나고, 흡수 봉우리의 폭이 넓어짐을 알 수 있다. 따라서, 전기장의 세기와 양자우물 구조의 변수들을 적절히 변화시킴으로써, 흡수를 변화시킬 수 있고, 특히 외부에서 가해진 전기장 세기의 변화를 통해서 더욱 효과적으로 흡수 스펙트럼을 조절할 수 있음을 확인하였다.

그림 2. 전기장 세기에 따른 흡수 스펙트럼의 변화

참 고 문 헌

[1] B. F. Levine, J. Appl. Phys., **74**, R17 (1993).  
 [2] C. J. Chen, K. K. Choi, W. H. Chang, and D. C. Tsui, Appl. Phys. Lett. **72**, 7 (1998).

