

양자우물 광검출기의 엑시톤 흡수특성을 이용한 새로운 파장감시 방법

A Novel Wavelength Monitoring Method Using Exciton Absorption Characteristics of Quantum Well Detector

강영식, 유재수, 송진동, 김종민, 이용탁
광주과학기술원 정보통신공학과
shik@kjist.ac.kr

파장분할다중화 광통신에서 높은 통신대역을 구현하기 위해서는 광원이 되는 레이저의 파장이 광섬유 증폭기(EDFA)로 증폭 가능한 상대적으로 좁은 통신대역 안에서 최대한 많은 채널을 넣어야 한다. 그러므로 파장분할다중화 방식의 광전송에서는 인접 채널간의 중첩으로 인한 오류를 방지하기 위해서 채널의 각 파장들은 일정한 범위내에 고정되어야 한다.

기존의 파장 감시장치는 수동 광필터와 광검출기를 동시에 사용하는 방식이며, 수동 광필터로는 파브리 페롯 에탈론^[1], 광섬유 격자^[2] 등이 있으나 삽입손실이 크고 비싸며 부피가 큰 단점이 있다.

본 연구에서는 양자우물에서 나타나는 엑시톤의 흡수스펙트럼을 이용하여 광원의 파장을 감시하는 새로운 방법을 제안한다. 이는 차후 광원과의 직접화에 용이하므로 저가의 소형시스템을 구현할 수 있는 장점이 있다.

반도체 양자우물에서는 양자구속효과로 인하여 상온에서도 뚜렷한 엑시톤 흡수를 관찰할 수 있다. 실험에 사용된 양자우물 광검출기 1,2는 p-i-n 구조로 되어있고 i-영역에 InGaAs/InAlAs 8주기의 양자우물이 있으며 750°C와 800°C에서 RTA(Rapid Thermal Annealing)에 의한 QWI(Quantum Well Intermixing)를 이용하여 엑시톤 침투의 위치가 서로 다르도록 하였다. 그림1의 a와 b는 광검출기 1과 광검출기 2에 -0.3V와 -2.4V의 전압을 인가하였을 때의 파장에 대한 광전류를, 또한 c는 광검출기 1의 광전류값에서 광검출기 2의 광전류값을 뺀 값에 다시 절댓값을 취한 값을 파장에 대해 그린 그래프이다. 그림1의 c를 보면 1524.5nm 에서 $|$ 광전류_a - 광전류_b $|$ 값이 최소가 되며 이점을 이용하여 광원의 파장을 감시하게 된다. 즉 광통신용 신호레이저의 파장이 1524.5nm 라고 가정할 때, 만일 광원의 파장이 1524.4nm로 이동했을 경우에 광검출기1의 광전류세기는 증가하고 광검출기2의 광전류세기는 감소한다. 또한 반대로 광원의 파장이 1524.6nm 인 경우에는 광검출기1의 광전류는 감소하고 광검출기2의 광전류는 증가한다. 이러한 광전류의 차이를 차동증폭기를 이용하면 광원의 파장이 어느 방향으로 이동하였는지를 쉽게 알 수 있다. 파장을 안정적으로 감시하기 위해서 그림1의 c는 주어진 광파워와 시간에 대해서 항상 일정해야 한다. 즉 두 개의 광검출기가 파장에 대해 항상 일정한 세기의 광전류를 내보내야만 한다. 그림 2는 이러한 특성을 관찰하기 위한 실험구성도로서 파장가변레이저와 광파워미터 그리고 lock-in amplifier를 이용하여 두 광검출기의 광전류를 반복적으로 측정하였다. 광검출기의 온도를 일정하게 유지하기 위해 광검출기는 TEC(Thermoelectric Cooler)위에 올려져 있고 TEC는 온도조절장치에 의해 일정 온도를 유지하게 된다. 그리고 두 광검출기의 광전류 곡선이 만나는 위치를 조절하기 위해 광검출기에 역전압을 인가하였다. 이는 반도체 성장방향으로 역전압이 걸렸을 때 양자우물에서의 엑시톤 스펙트럼이 장파장쪽으로 이동하는 현상(Quantum Confined Stark Effect)을 이용한 것이다. 그림 3은 반복적 광전류 측정장치로 0.1nm 간격으로 3점(1524.4nm, 1524.5nm, 그리고 1524.6nm)에 대해 50번을 반복하여 측정한 그래프이다. 50번을 반복하는 동안 걸린 시간은 6분이었고 최소값의 위치가 1524.5nm에서 일정하게 측정되었다. 즉 0.1nm의 정확도로 광원의 파장을 감시할 수 있는 가능성을 보인 것이다. 그러나 3점이 이루는 삼각형이 매 회마다 일치되지 않았는데 이는 그림4를 보면 그 이유를 알 수 있다. 그림 4

는 그림 3의 1524.5nm 위치에서 50번에 걸친 $|I_{\text{광전류}_a} - I_{\text{광전류}_b}|$ 값을 나타낸다. 1524.5nm에서 $|I_{\text{광전류}_a} - I_{\text{광전류}_b}|$ 값의 세기가 시간이 흐를수록 점점 증가하는 경향을 보이는데 이는 광검출기를 올려놓은 XYZ positioner가 시간이 흐름에 따라 위치가 조금씩 틀러지기 때문으로 추측된다. 이 문제는 장치 광검출기를 광원과 직접화 시킬 경우 해결될 것으로 기대되며, 또한 광검출기 구조의 조건(양자우물의 너비와 조성등.)에 대한 실험이 보완된다면 0.1nm이하의 범위에서도 충분히 안정적인 파장감시가 가능하리라 생각된다.

이상의 연구를 통해 반도체 양자우물에서의 엑시톤 흡수특성을 이용하여 신호용 광원의 광파장을 0.1nm 이하의 정확도 내에서 감시하는 새로운 방법을 제시하였다. 이러한 형태의 파장감시장치를 이용하면 광원과의 직접이 가능하므로 저가이면서 소형인 안정적인 광원을 만들 수 있다.

*참 고 문 헌

1. J. H. Jang, S. K. Shin, H. Kim, K. S. Lee, K. J. Park, and Y. C. Chung, "A Cold-Start WDM System Using a Synchronized Etalon Filter", IEEE Photon. Technol. Lett., vol.9, pp.383-385, March 1997

2. C. S. Park, G. Y. Lyu, and D. H. Lee, "Frequency locking using cascaded fibre Bragg gratings in OFDM system", Electron. Lett. vol.32, pp.1120-1122. 1996

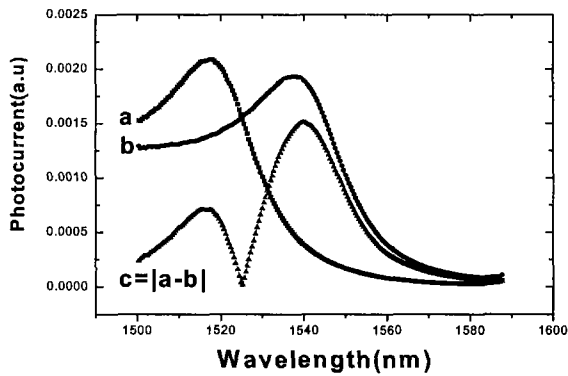


그림 1. 광검출기1,2의 파장에 대한 광전류 스펙트럼 a,b와 $|I_{\text{광전류}_a} - I_{\text{광전류}_b}|$ 의 파장에 대한 그래프 c

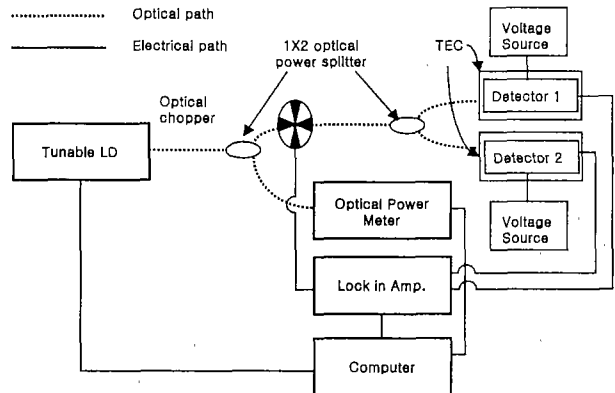


그림 2. 반복적으로 광전류($I_{\text{광전류}_a} - I_{\text{광전류}_b}$)를 측정할 수 있는 실험구성도

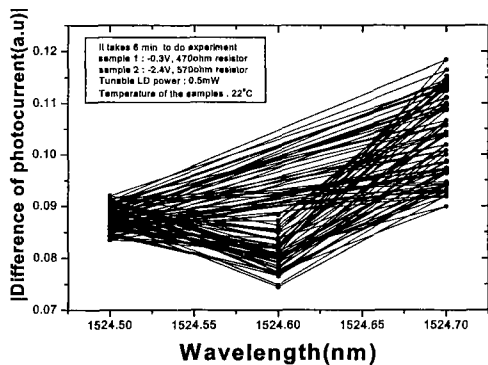


그림3. $|I_{\text{광전류}_a} - I_{\text{광전류}_b}|$ 값을 1nm 간격으로 3점씩 50번을 반복하여 측정 한 그래프

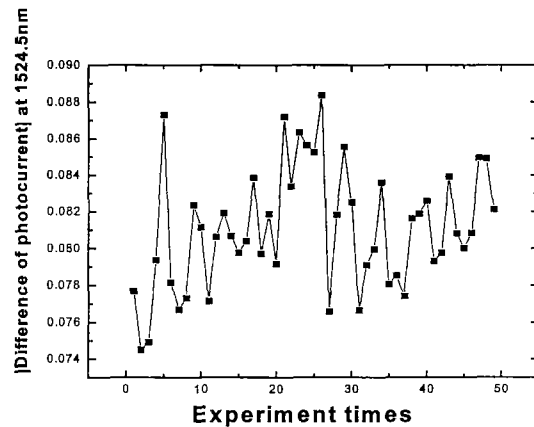


그림 4. 1524.5nm에서의 50회에 걸쳐 측정 한 $|I_{\text{광전류}_a} - I_{\text{광전류}_b}|$ 값

FE