

갈륨비소 광스위치 및 그 어레이의 제작

김 덕무, 이 승원, 추 광욱, * 권 오대, 정 문식, 강 봉구

포항공과대학 전자전기공학과

Fabrication of GaAs Photonic Switch and Its Array

Taek Moo Kim, Seung Won Lee, Kwang Uk Chu, * O'Dae Kwon,
Moon Sik Jeong, Bong Koo Kang
Dept. of Elec. Eng., Pohang Institute of Science & Technology

ABSTRACT

We have developed an optical switch array, which consists of 16X8 reflective symmetric self electro-optic effect devices(RS-SEED), from MOCVD-grown GaAs/AlGaAs low-barrier(LB) multiple quantum well (MQW) structures.

1. 서론

정보통신기술에 광전자 기술을 응용하는 광정보통신 기술은 90년대 중반에 전환기를 맞으면서 특수용도의 정보기기들을 선보일 것이며, 신세기로 접어들면서 대형 광고판기, 광컴퓨터, 광정보 서비스 등의 출현을 예고하고 있다.

이를 위한 핵심 광소자 기술로서 광스위치(교환소자)의 개발이 80년대 중반부터 성숙해 오고 있다. 즉 Bell 연구소의 SEED 및 DOES(Double Heterostructure Opto-electronic Switch)연구, 일본의 VSTEP(Vertical Surface Transmission Electrophotonic), EARS(Exciton-absorptive Reflection Switch) 연구 등의 소자개발들, 또 address 등의 기능을 추가한 Smart Pixel들에 관한 최근 연구까지 다양화하고 있다.[1]

이중 SEED 광스witch는 가장 활발하고 장기적인 개발이 진행되는 소자로서 GaAs/AlGaAs(Al 30%)의 다중양자우물(MQW) 구조를 진성층으로 구현한 PIN 다이오드 형태이다. Bell 연구소는 84년에 SEED를 개발하여 지금까지 2K bit SEED 어레이 칩을 상품화하고 32K bit 칩까지 제작하였다. 이를 자유공간 광교환

기기에 응용할 경우, 광자의 궁극적 고속성, 무선공간통신, 넓은 주파수 대역, 대량의 nxn 동시병렬 신호처리 등이 가능하여 정보통신의 혁신을 구현하게 되기 때문에, 현재 Bell 연구소는 K bit급의 광교환기기의 개발에 박차를 가하며 선두를 유지하고 있다. 이 분야에서 후발주자인 일본의 연구소들은 VSTEP, EARS 등의 비슷한 기술을 개발하며 뒤쫓아 95년경까지 고지를 선점하려 하고 있다.

미국의 SEED 제조기술은 MBE(Molecular Beam Epitaxy)결정성장 기술에 의존하고 있는데, 본 연구그룹은 산업성이 높은 MOVPE(Metal-organic Vapor Phase Epitaxy) 기술에 의한 제조법을 개발하였고[2], 특히 소자의 psec급 고속동작이 가능한 낮은 장벽 다중양자우물(LBMQW)구조를 택하고, 현재 16X8 반사형 대칭 SEED(RS-SEED) 어레이를 개발하여 성능을 분석하고 있다.

2. SEED, S-SEED, 및 RS-SEED

SEED의 MQW 구조에서는 상온에서도 전자-정공의 Coulomb 결합상태인 여자(Exciton)의 광흡수 현상을 관찰할 수 있고, PIN 다이오드 형태의 소자에 전계를 가하면 여자의 광흡수 봉우리가 이동하는 Stark 양자 효과가 일어나서 최대-최소 흡수점을 얻고, 또 부성저항의 I-V 특성도 보인다. 이 소자에 적당한 부하를 연결하여 회로를 구성하면 광입력에 따른 양성광환을 유도하게 되고, 마침내 광출력은 광쌍안정성(Optical Bistability)의 응답을 표출하면서 광스위치의 기능을 한다.

대칭형 S-SEED는 두개의 SEED를 직렬 연결하여 하나를 광스위치로, 다른 하나를 부하로 쓰는 개선된 형태로서, 광입력의 요동에 민감하지 않도록 동작시킬 수 있고 낮은 입력으로 스위칭한 후 큰 입력이 가능한 시간연속이득(time sequential gain)도 가능하다. 반사형 RS-SEED는 소자 밑부분에 Bragg 반사판으로 GaAs/AlAs MQW 구조의 반사층을 첨가한 것으로, 광출력은 부하 대신에 반사시킨 빛이 되며 소자 공정이 용이하여 nxn형 어레이의 실용적 제작이 가능하다.

이러한 RS-SEED의 모양은 그림 1과 같고 SEED 두 개의 격리는 이온주입, 에칭격리 등인데, proton 이온주입 시설이 없어 에칭으로 격리시켰다. 그림 2는 16X8 RS-SEED 어레이를 제작한 사진이며 소자의 매사층에서 광입출력 창(window)은 clock 입력까지 수용하는 40X80 마이크로 크기로 하였다.

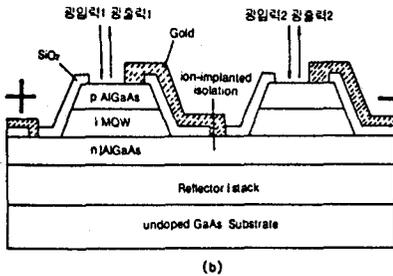


그림 1. 반사형 대칭 RS-SEED 개략도

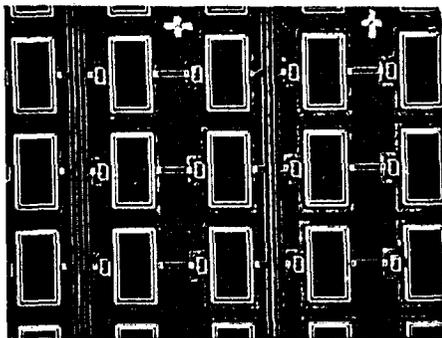


그림 2. 제작된 RS-SEED 어레이 사진

3. RS-SEED의 특성측정

그림 3은 광을 입사시켰을 때의 I-V 특성으로서 광입력 파장이 856nm일 때 최대의 부성저항을 보이고 있다. 그림 4는 광전류 특성을 얻기 위한 실험장치의 개략도이다. Ar 레이저로 펌핑되는 Ti:Sapphire

레이저는 파장가변형으로 측정광원이며, 한편 50W 정도의 할로겐 램프의 빛을 단색분광기로 통과한 빛을 가변파장의 측정광원으로 대치하여 쓰기도 한다. 그림 5는 측정된 광전류 스펙트럼의 전형적인 예로 856nm 부근에 최대의 여자 흡수봉우리가 있음을 보이지만, 그림 3에서의 최대 부성저항의 경우와 일치함을 알게 된다.

역방향 바이어스를 걸어주면, Al 30%의 MQW 구조인 Bell 연구소의 SEED는 Stark 효과에 의한 적색편이(redshift)의 봉우리 이동을 보이면서 최대-최소 흡수 변화를 보이는 것이 보통이다. 그러나 본 그룹이 MOVPE로 제작하는 SEED는 Al 4%의 LB-MQW 구조를 사용하는데, 이 경우는 흡수봉우리가 전계에 의해 소멸되는(quenching) 현상이 적색편이보다 우세함을 보인다. 또 LB-MQW의 경우 응답속도가 종전의 nsec급에서 psec급으로 고속화될 수 있는 장점도 겸비하고 있다.[3]

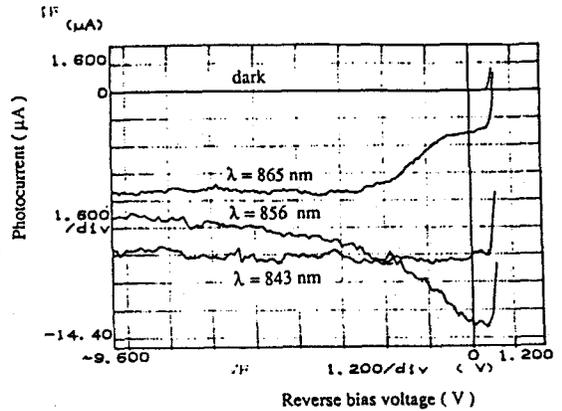


그림 3. SEED의 I-V 광특성

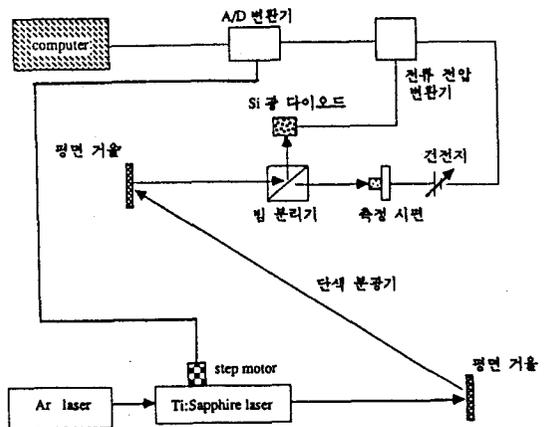


그림 4. 광전류 실험장치 개략도

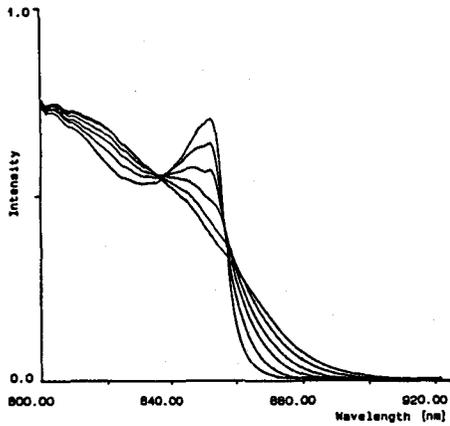


그림 5. 광전류 스펙트럼
(856nm 부근에서 바이어스가 0, 2, 4, 6, 8, 10 볼트로 변할 때 흡수봉우리의 단계적 감소를 보인다.)

그림 6은 제작된 GaAs/AlAs MQW Bragg 반사층의 반사도를 측정한 것으로, 856nm 봉우리 영역에서 92% 가량의 반사율을 얻을 수 있음을 보인다. 이 정도의 반사판으로 RS-SEED가 충분히 동작하게 된다. 그림 7은 16X8 RS-SEED의 광쌍안정성을 측정하는 장치의 개략도로서, BS로써 분리한 광원을 SEED 어레이에 보내어 측정하도록 구성된다. SEED 어레이를 수평이동하면서 개별소자들의 동작상태를 측정하며 PD로써 광출력의 변화를 측정하거나 CCD 카메라로 확인할 수 있도록 하였다.

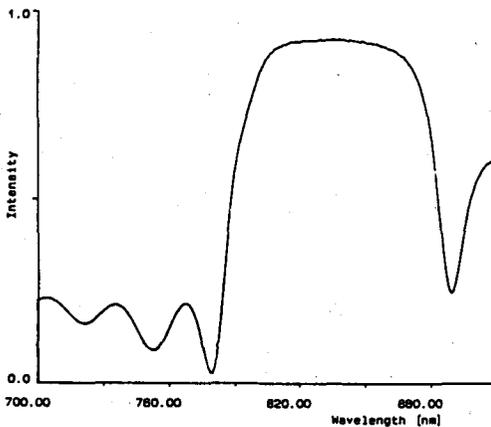


그림 6. GaAs/AlAs MQW 구조의 반사판 특성

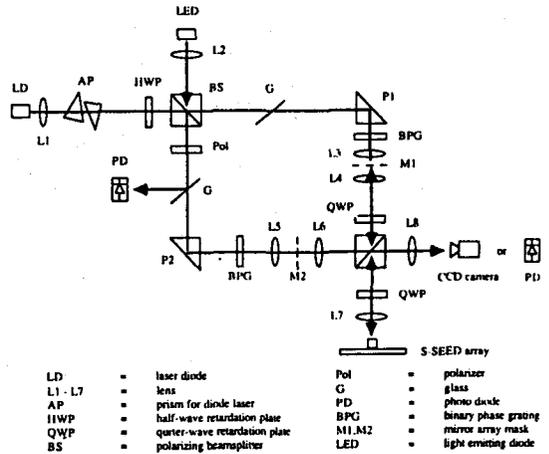


그림 7. 반사형 S-SEED의 광쌍안정성 측정장치 개략도

4. 결론

낮은 장벽 다중양자우물(Al 4%)의 진성층을 갖는 PIN 다이오드형의 RS-SEED 및 16X8 어레이를 제작하였다. 반사층은 GaAs/AlAs MQW로 구성되어 856nm 파장의 흡수봉우리 영역에서 92%의 좋은 반사율을 보였다. 이 파장에서 최대의 부성저항, 최대의 Stark 양자효과를 보이는 것으로 광전류 측정으로 확인하였다. 16X8 RS-SEED 어레이의 동작특성을 측정하는 장치를 만들고, 각각의 소자가 어떤 광스위치 특성을 보일 것인지 분석을 계속하고 있다.

5. 참고문헌

- [1] D.A.B.Miller, D.S.Chemla, T.C.Damen, A.C.Gossard, W.Wiegman, T.H.Wood, and C.A.Burrows, "Band-Edge Electroabsorption in Quantum Well Structures: The Quantum-Confined Stark Effect", Phys. Rev. Lett. 53, 2173(1984); H.S. Hinton, "Switching to Photonics", IEE E Spectrum, P42(1992/2).
- [2] S.W.Lee, B.K.Kim, and O'Dae Kwon, "Low Barrier Optical Switch Grown by LP-MOVPE", LEOS '91 Conf. Digest, P75(San Jose, 1991); 김병구, 이승원, 김택무, 권오대, 정윤권, 정문식, 강봉구, "부파형 Diode-Biased SEED 소자의 제작 및 특성", 대한전자공학회 논문집(1992년 6월 게재 예정).
- [3] J.Feldman et al., "Fast Escape of Photocreated Carriers out of Shallow Quantum Wells", Appl. Phys. Lett. 59, 66(1991).