

### III~13] [젊은 진공과학자상 후보]

#### Metal dependent Fermi-level movement in the metal/sulfur-passivated InGaP contact

김윤권<sup>1</sup>, 서재명<sup>1</sup>, 안숙<sup>1</sup>, 김기정<sup>2</sup>, 강태희<sup>2</sup>, 김봉수<sup>2</sup>, 김세훈  
한국과학기술원 화학과 <sup>1</sup>전북대학교 물리학과 <sup>2</sup>포항공대속기 연구소

#### 1. 서론

GaAs나 InP와 같은 3-5족 반도체 화합물의 표면에 황 처리를 하면 겉 내에 위치한 표면 상태가 감소되어 페르미 준위의 고정이 일어나지 않는다[1-3]. 이러한 현상은 반도체 표면의 3-5족 원자들과 황과의 화학적 결합 상태에 밀접한 관련이 있으며[4], 따라서 3-5족 반도체 화합물의 종류에 따라 황 처리 효과는 다르게 나타난다. 최근에 InGaP의 경우에서도 이 황 처리의 효과가 나타나는 것으로 보고되었으며[5], 이에 본 연구에서는 S/InGaP의 표면의 3-5족 원소들과 황 원자들과의 화학적 결합 상태를 규명하고, Au나 Al과 같은 금속의 원자 층을 증착시켰을 때 그 화학적 결합의 변화를 보고자 한다.

#### 2. 실험 방법

LPE 방법으로 성장시킨 n-형 In<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>P 시료를 유기 세척한 후, 묽은 염산으로 에칭을 하였다. 이 시료를 황색 (NiL)<sub>2</sub>S<sub>x</sub> 용액에 30분 가량 담그어 표면의 산화물을 제거되고 황의 압모늄 화합물이 표면의 원자들과 반응하도록 한 후, 무색 (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>S<sub>x</sub> 용액에서 반응하지 않은 여분의 황화물이 표면에서 떨어져 나가도록 하였다[6]. 이렇게 준비된 시료는 초고진공실에서 방사광을 이용한 광전자 분광 실험을 통하여 분석되었다. 방사광은 포항 가속기 연구소에 설치된 UV beam line 2B1을 사용하였다. 초고진공실에 옮겨진 시료는 200℃에서 10분간 후열 처리를 하였으며, 이어 Au 또는 Al을 1Å가량 증착하였고, 400℃에서 후열처리하였다. 각각의 단계에서 In 4d, Ga 3d, P 2p, 그리고 S 2p등의 중심 준위의 광전자 스펙트럼을 얻어 이를 분석하였다. 또한 황처리를 하지 않은 시료에 대하여도 같은 처리를 하였으며, 각각의 단계에서 얻은 광전자 스펙트럼을 서로 비교하였다.

#### 3. 결과 및 고찰

그림 1은 75 eV의 방사광을 이용하여 각각 (a) 황처리를 한 표면, (b) 황처리를 하지 않은 표면, (c) (a)에 1Å의 Al을 증착한 표면, (d) (b)에 1Å의 Al을 증착한 표면, (e) 1Å의 Au를 증착한 표면, (f) Ar<sup>+</sup> 이온으로 때려 내기(sputtering)를 한 표면에 대한 가전자대의 상태 밀도를 얻은 것이다. (a), (c), 그리고 (e)에서 58 eV근처의 S에 의한 상태 밀도를 볼 수 있고, (f)와 비교하여 이것이 표면에만 국한되어 있음을 알 수 있다. 또한 (c)와 (e)에서 점선 부근의 세기가 증가함으로 부터 표면의 금속적인 성질이 증가함을 알 수 있다. 그림 2는 72 eV의 방사광을 이용하여 얻은 In 4d와 Ga 3d 준위의 스펙트럼이다. (a)를 (f)와 비교하여 In 4d 준위가 S 처리의 효과에 의해 0.6 eV 높은 결합 에너지를 갖음을 알 수 있다. 또한 (a)와 (f)를 비교하면 In 4d의 경우 In-S에 의해 -0.54 eV, 그리고 Ga 3d의 경우 Ga-S에 의한 -0.81 eV의 화학적 이동이 있음을 알 수 있다. (c)와 (e)에서는 증착된 Au와 Al의 원자들에 의해 In 4d 준위가 금속성을 띠는 방향으로 증가함을 보여 주며, 이로 부터 Au와 In, Al과 S와의 결합이 표면의 화학 결합에 변화를 줌을 예측할 수 있다. 그림 3에서는 P 2p준위의 광전자 스펙트럼을 보여준다. (a)와 (d)의 비교에서 0.6 eV의 페르미 준위 이동을 볼 수 있고, (a)와 (b), (c)의 비교에서 Au와 Al이 증착됨에 따라 P<sub>4</sub>S<sub>3</sub>와 같은 황화물이 P<sub>4</sub>S<sub>5</sub>와 같은 황화물로 바뀌는 것을 볼 수 있다. 그림 4에서는 S 2p준위의 광전자 스펙트럼으로 (a)와 (b), (c)의 비교에서 Al의 증착에 의해 monosulfide가 더 많이 줄어 드는 것을 볼 수 있다.

#### 4. 결론

InGaP의 경우 황처리의 효과에 의해 각각의 준위의 결합 에너지가 황처리를 하지 않은 시료에 비해 0.6 eV 이동해 나타나는 것을 확인하였고 이 표면에 금속 원자를 증착할 경우 금속 원자가 3-5족 원소와 S와의 결합 상태에 적지 않은 영향을 주는 것을 보았다. 그러나 이에 의한 영향은 0.22 eV 이하로 P-vacancy등과 같은 결합 상태의 유발은 생기지 않는 것으로 나타났다.

#### 5. 참고 문헌

- 1) J. Massises, F. Dezaly, and N. T. Linh, J. Vac. Sci. Technol. **17** (1980) 1134.
- 2) C. J. Sandroff, R. N. Nottenbury, J.-C. Bischoff, and R. Bhat, Appl. Phys. Lett. **51** (1987) 33.

- 3) E. Yablonoivitch, C. J. Sandroff, R. Shat, and T. Gmitter, Appl. Phys. Lett. 51 (1987) 439.
- 4) T. Ohno, and K. Shiraishi, Phys. Rev. B 42 (1990) 11194.
- 5) S. D. Kwon, H. K. Kwon, B.-D. Choe, H. Lim, and J. Y. Lee, J. Appl. Phys. 78 (1995) 2482.
- 6) R. Iyer, and D. Lile, Appl. Phys. Lett. 59 (1991) 437.

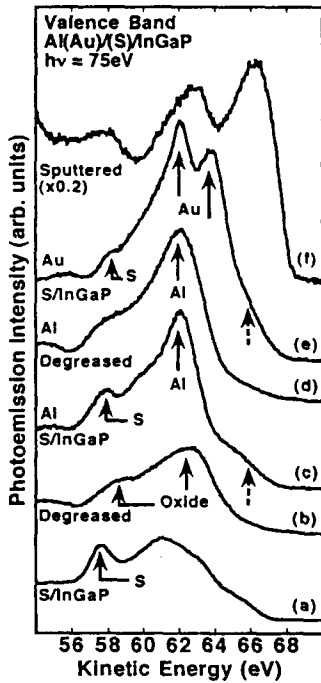


그림 1. 가전자대의 광전자 스펙트럼

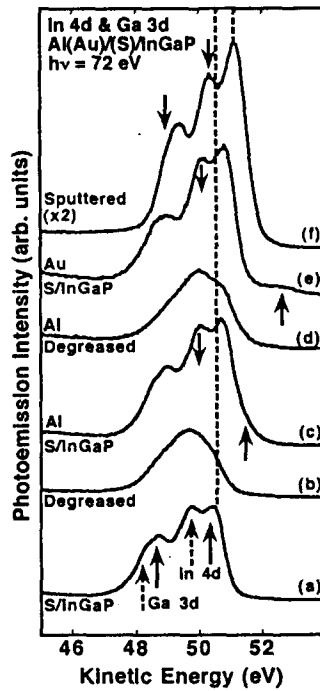


그림 2. In 4d와 Ga 3d 준위의 광전자 스펙트럼

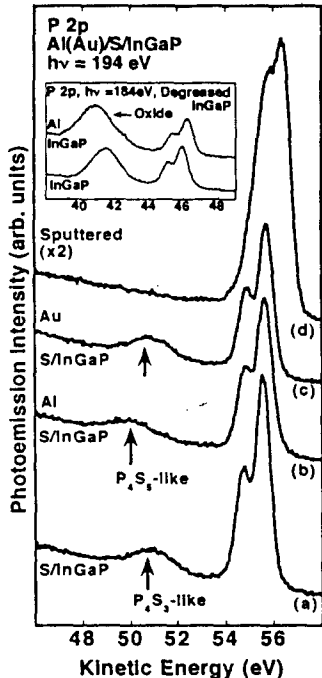


그림 3. P 2p 준위의 광전자 스펙트럼

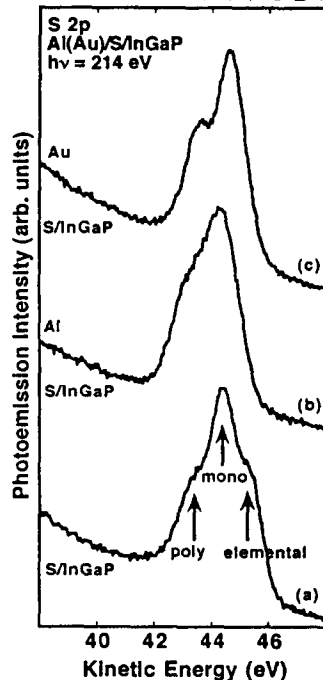


그림 4. S 2p 준위의 광전자 스펙트럼