

# 광소자용 GaAs-on-Si 웨이퍼 제작을 위한 고온 수소 이온 주입에 관한 연구

## Study on Hydrogen Implantation at High Temperature for Fabrication of GaAs-on-Si wafers for Optical Devices

변영태, 김형권, 김태곤, 김선호, \*한상국, \*\*우형주  
한국과학기술연구원 광기술연구센터,  
\*연세대학교 전기전자공학과, \*\*한국지질자원연구원 환경지질연구부  
e-mail 주소: ddangky@kist.re.kr

SOI (Silicon on insulator) 기술은 초기에 절연체 위에 실리콘 박막을 형성하는 Silicon on insulator (SOI) 기술이 연구 되었다. 그러나 최근에는 초고속 광소자와 단위 광소자들의 집적을 위해 Si 이외의 GaAs<sup>(1)</sup>, InP<sup>(2)</sup>, SiC 등의 반도체 박막을 절연체 위에 형성하는 Semiconductor on insulator (SOI) 기술의 연구가 활발히 진행되고 있다. SOI 웨이퍼를 제작하기 위해서는 PECVD 를 이용하여 GaAs 기판의 상층부에 일정한 두께의 산화막을 형성하는 증착(deposition) 공정, 일정한 두께의 GaAs 박막을 분리하기 위해 양성자를 산화막 두께보다 깊이 주입하는 이온 주입(Ion implantation) 공정, 이온 주입된 웨이퍼를 다른 실리콘 기판에 붙이는 wafer bonding 공정, 접합된 웨이퍼를 고온에서 열처리함으로써 양성자 이온이 주입된 층이 분리되는 열처리 공정, 분리된 박막 표면을 연마하는 공정을 거쳐야 한다. 상기 공정 기술은 Smart-cut 기술<sup>(3)</sup>을 응용한 것이다.

Si 은 상온에서 수소 이온 주입 후 표면 기포가 관찰되고 박막층 분리가 열처리에 의해 쉽게 얻어진다<sup>(4)</sup>. 그러나 GaAs 는 상온에서 수소 이온이 주입된 경우 표면 기포가 형성 되지 않는다. 그러므로 본 논문에서는 수소 이온 주입 후 열처리에 의해 표면 기포가 얻어지는 조건을 찾기 위해 고온 수소 이온 주입 조건이 연구되었다. 특히, TRIM (Transport of Ions in Matter) 시뮬레이터를 이용하여 수소 이온의 주입 깊이가 전산 모사되었고, GaAs 의 경우 수소 주입 온도 범위가 160 - 250 °C<sup>(5)</sup> 이므로 본 논문에서는 192 °C 에서 수소 이온 주입 후 표면 기포 형성의 조사가 시작되었다.

그림 1은 Smart-cut 기술을 이용하여 제작할 수 있는 광도파로용 SOI 웨이퍼 구조의 한 예다. 그림 1에서 단일 모드 도파로를 만들 수 있는 GaAs 박막의 두께는 0.126 ~ 0.377  $\mu\text{m}$  이다. 그림 1과 같은 SOI 웨이퍼를 제작하기 위해서 이온 주입에 사용된 시료는 결정방향이 (100)이고, 2인치의 반절연 GaAs 웨이퍼이다. 그림 2는 GaAs 시료에 수소가 주입될 때 주입 에너지에 따른 깊이 방향의 수소 이온 분포도로서 수소 이온 주입 에너지의 함수로 전산 모사된 평균 주입 깊이를 보여 준다. TRIM 전산모사의 결과에 의하면 주입에너지가 90 keV 일 때 GaAs 의 평균 주입 깊이는 8238 Å 이었다.

한편, SEM 을 이용하여 수소 이온이 주입된 GaAs 시료 표면에 나타나는 기포를 관찰하기 위하여 3인치의 GaAs 웨이퍼는 4 등분 되었다. 그림 3은 온도가 192 °C 일 때 90 keV 의 에너지로  $1.38 \times 10^{17}$  ions/cm<sup>2</sup> 의 수소 이온이 주입된 GaAs 시료의 SEM 사진이다. 그림 3에서 평균 주입 깊이는 8570 Å 이므로 TRIM을 이용하여 전산모사 된 8238 Å 값과 비교하여 332 Å 정도 크다. 상기 온도에서 수소 이온이 주입된 GaAs 시료 표면은 이온 주입 과정에서 표면 기포가 형성된다. 따라서 GaAs-on-Si 웨이퍼를 만들기 위해 기포가 형성된 GaAs 는 Si

과 웨이퍼 접합할 수 없다. 그러므로 이온 주입 과정에서 표면 기포가 형성되지 않는 온도를 찾아야 하므로 이온 주입 온도가 158 °C 로 낮추어 졌다. 그림 4는 수소 이온 주입 과정에서 GaAs 시료의 온도 변화에 따른 GaAs 표면에 형성된 기포 사진이다. 그림 4 (a)는 온도가 192 °C 이고, (b)는 온도가 158 °C 이다. 온도가 높을수록 GaAs 표면에 생긴 기포의 크기는 커지는 것을 알 수 있다. 웨이퍼 접합을 위해 표면 기포가 형성되지 않는 온도를 찾기 위해 이온 주입 온도가 132 °C 로 낮추어 졌다. 이 온도에서 이온 주입된 GaAs 표면에 기포가 형성되지 않는 것이 확인되었다. 그림 5는 온도가 132 °C 일 때 90.5 keV 의 에너지를 가진 수소 이온이  $1.0 \times 10^{17}$  ions/cm<sup>2</sup> 로 주입된 GaAs 시료와 600 °C 에서 10 분간 열처리한 후 표면 기포의 사진이다.

결론적으로 TRIM 으로부터 예측된 이온 주입 깊이는 192 °C 에서 90 keV 의 에너지로  $1.38 \times 10^{17}$  ions/cm<sup>2</sup> 의 수소 이온이 주입된 GaAs 시료의 SEM 사진에서 측정된 실험값과 잘 일치한다. GaAs 웨이퍼 표면에 기포가 형성되기 위해서는 고온에서 수소 이온이 주입되어야 한다. 그러나 이온 주입 온도가 140 - 190 °C 일 때 이온 주입 과정에서 표면 기포가 형성된다. 웨이퍼 접합을 위해 이온 주입 과정에서 표면 기포가 형성되지 않아야 한다. 본 연구에 의하면 이온 주입 온도가 130 °C 일 때 이온 주입 과정에서 기포가 형성되지 않고 열처리 후에 표면 기포가 형성되는 것을 알 수 있었다.

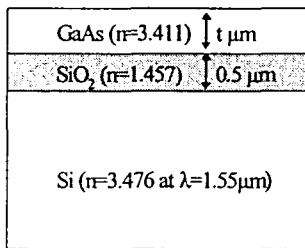


그림 1. 광 도파로용 SOI 웨이퍼 구조

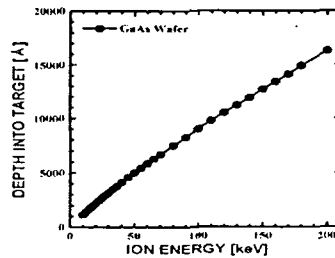


그림 2. 수소 에너지의 함수로 계산된 수소 주입 깊이

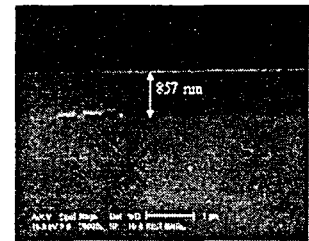


그림 3. 이온이 주입된 GaAs 의 SEM 사진

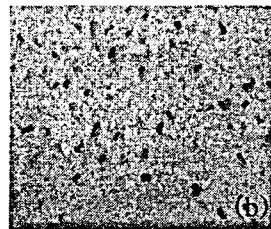
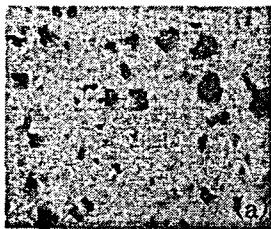


그림 4. 이온 주입시 온도 변화에 따른 표면 기포 사진.

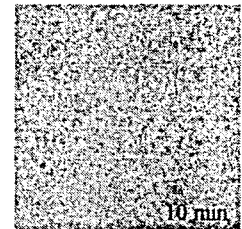
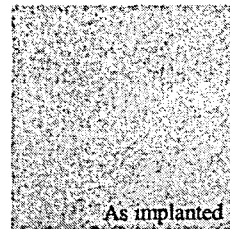


그림 5. 이온 주입된 시료와 이온 주입 후 600 °C 에서 열처리된 시료의 표면 사진

참고문헌

- (1) E. Jalaguier, B. Aspar, S. Pocas, J. F. Mich명, M. Zussy, A. M. Papon and M. Bruel : ELCTRONICS LETTERS 19th February Vol. 34 No. 4 pp. 408-409 (1998)
- (2) Q. Y. Tong, Y. L. Chao, L. J. Huang and U. Gosele : ELCTRONICS LETTERS 18th February Vol. 35 No. 4 pp. 341-342 (1999)
- (3) Auberton-herve. A, Maleville. C, Wittkower. A : conference on Ion implantation technology, pp.269-272 (2000).
- (4) 변영태, 김형권, 김태곤, 새물리, Vol. 47, No. 4, pp.266-272 (2003).
- (5) U. Gosele, Q.-Y. Tong, "III-V materials integration technologies: wafer bonding approaches,"International Conference on Indium Phosphide and Related Materials 2000, pp. 9-12 (2000)

F E