

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

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

김형권, 김태곤, 김선호, 변영태, *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⁽¹⁾, InP⁽²⁾, SiC 등의 반도체 박막을 절연체 위에 형성하는 Semiconductor on insulator (SOI) 기술의 연구가 활발히 진행되고 있다. GaAs 박막을 SiO₂ 절연층 위에 형성한 SOI 웨이퍼를 이용하여 제작된 광소자는 절연층 때문에 Si 기판에 의해 야기되는 영향(전류와 도핑물질(dopant)의 변화)들을 거의 받지 않는다. 그리고 wafer bonding을 이용하여 여러 단위 소자를 단일 칩(chip) 상에 집적화 시키는데 효율적이다. SOI 웨이퍼를 제작하기 위해서는 PECVD를 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-cut기술⁽³⁾을 응용한 것이다.

본 논문에서는 Smart-cut 기술의 두 번째 공정인 이온주입 (ion implantation) 공정과 이온 주입 깊이 측정에 관한 연구 결과들이 설명된다. 특히, 상온에서 수소 이온이 GaAs에 주입되었으며, TRIM (Transport of Ions in Matter) 시뮬레이터를 이용하여 전산 모사한 이온주입 깊이가 실험 측정치와 비교되기 위해서 RBS 채널링 실험과 SEM 사진으로 이온주입 깊이가 측정되었다.

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 μm 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 분포도로써 수소 이온 주입 에너지의 함수로 전산 모사된 평균 주입 깊이를 보여 준다. 이온 에너지가 증가할 때 평균 주입 깊이는 선형적으로 증가하는 것을 알 수 있다. 전산모사에 사용된 GaAs의 밀도는 5.316 g/cm^3 이었다. TRIM 전산모사의 결과에 의하면 주입에너지가 90 keV 일 때 GaAs의 평균 주입 깊이는 8238 Å 이었다. 그림 3은 상온에서 90 keV의 에너지를 가진 수소 이온이 1.7×10^{17} ions/cm²의 주입량(dose)으로 주입된 GaAs 시료의 RBS (Rutherford Backscattering Spectroscopy) 채널링 스펙트럼이다. RBS 채널링 스펙트럼은 수 MeV의 에너지를 가진 He⁺이 분석용 시료에 입사되었을 때 후방 산란 되어 나오는 He⁺ 에너지를 측정하여 시료의 깊이 방향의 조성과 두께

등을 측정하는 방법이다. 그리고 이 RBS 채널링 스펙트럼을 전산모사 하여 분석하는 RUMP code를 이용하면 결함이 주로 분포하는 깊이를 알 수 있다. 분석 결과에 의하면 결함이 주로 분포하는 깊이는 8400 Å이었다.

한편, SEM을 이용하여 수소 이온이 주입된 GaAs 박막층의 두께를 측정하기 위하여 수소 이온 주입 후 2인치 GaAs 웨이퍼는 4 mm × 5 mm 크기로 절단되었다. 그림 4는 수소 이온이 주입된 GaAs 박막층의 SEM 단면 사진이다. 그림 4 (a)는 108 keV에서 1.0×10^{17} ions/cm²의 주입량으로 수소가 주입된 GaAs 시료의 단면 사진이고, 그림 4 (b)는 90 keV에서 1.7×10^{17} ions/cm²의 주입량으로 수소가 주입된 GaAs 시료의 단면 사진이다. 그림 4 (a)에서 평균 주입 깊이는 9600 Å으로써 TRIM 시뮬레이터로 전산모사 된 9740 Å의 값과는 140 Å 정도가 차이 나는 것을 볼 수 있다. 그리고 그림 4 (b)는 평균 주입 깊이가 8620 Å이므로 TRIM 시뮬레이터로 전산 모사 된 8238 Å값과 비교하여 382 Å더 깊게 측정이 되었다. 이 값은 RBS 채널링 스펙트럼에서 얻은 8400 Å보다 220 Å정도 작다.

결론적으로 TRIM으로부터 예측된 이온 주입 깊이는 RBS 채널링으로부터 측정된 값뿐만 아니라, SEM의 결과와 잘 일치한다. 그러나 RBS 채널링 스펙트럼에서 수소이온 주입에 의해 결정결함이 만들어진 피크치가 작음을 알 수 있다. 이 값은 Si의 경우⁽⁴⁾와 비교할 때 상당히 작기 때문에 박막층 분리가 어려울 것이 예상된다. 따라서 결정결함의 피크치를 증가시키기 위해 고온에서 GaAs 웨이퍼에 수소 이온을 주입하는 연구가 필요하다.

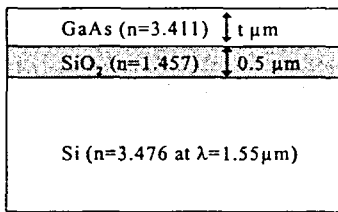


그림 1. 광 도파로용 SOI 웨이퍼 구조

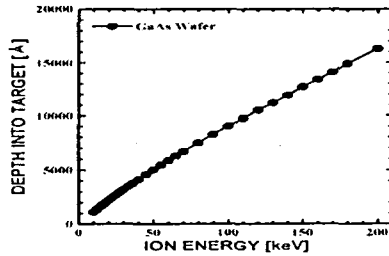


그림 2. 수소 에너지의 함수로 계산된 수소 주입 깊이

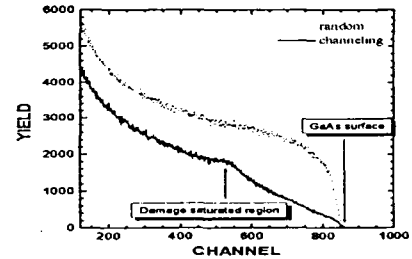
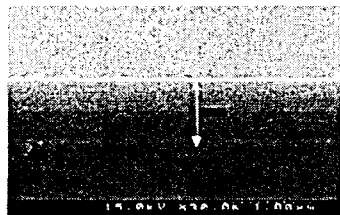
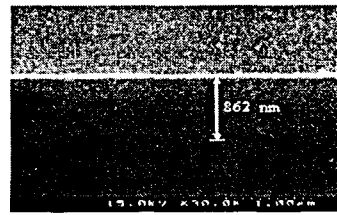


그림 3. 수소 이온이 주입된 GaAs의 RBS 채널링 스펙트럼



(a)



(b)

그림 4. 수소 이온이 주입된 GaAs 박막층의 SEM 단면 사진. (a) 1.0×10^{17} ions/cm² at 108 keV and (b) 1.7×10^{17} ions/cm² at 90 keV

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).

