

GaAs/SiO₂/Si 웨이퍼 제작을 위한 SiO₂ 박막 형성과 웨이퍼 직접 접합에 관한 연구

Study on Deposited Films of SiO₂ and Direct Wafer Bonding to Fabricate GaAs/SiO₂/Si Wafers

박종국*, 김선호, 박진우**, 변영태

한국과학기술연구원 광기술연구센터, **고려대학교 전자컴퓨터공학과

e-mail : prideofsg@hotmail.com

양질의 SiO₂ 박막을 이용한 GaAs/SiO₂/Si 웨이퍼 제작은 에피택셜 방법으로 성장시키기 어려운 상이한 격자 상수(4.1%)와 열 팽창 계수 차이(2.5배)를 무시 하고 웨이퍼 직접 접합 방법을 이용하여 제작 할 수 있다. 광소자에 응용할 수 있는 GaAs/SiO₂/Si 웨이퍼를 제작하기 위해서 SiO₂가 증착된 GaAs 기판과 상이한 격자 상수를 가지는 Si 기판들이 접합된 후에, 얇은 단결정 박막을 제외한 나머지 GaAs 기판이 제거되는 방법으로 Si 기판 위에 SiO₂/GaAs 박막층이 형성될 수 있다.

GaAs 박막을 Si 기판 위에 형성시키기 위해서 [그림 1]과 같이 SMART-CUT⁽¹⁾ 기술이 이용될 수 있다. SMART-CUT 기술은 SiO₂ 절연층 위에 Si 박막을 형성하여 SOI (Silicon-On-Insulator) 웨이퍼를 제작하는 기술이다. 이 기술을 응용하면 Si 기판 위에 SiO₂/GaAs 박막이 형성된 GaAs/SiO₂/Si (GOI) 웨이퍼가 제작될 수 있다. GOI 웨이퍼를 제작하는 과정은 PECVD를 이용하여 GaAs 기판의 상층부에 일정한 두께의 산화막을 형성하며 양질의 SiO₂ 얻기 위한 열 확산로에서의 산화막 공정, 일정한 두께의 GaAs 박막을 분리하기 위해 양성자를 산화막 두께보다 깊이 주입하는 이온주입 공정⁽²⁾, 이온 주입된 웨이퍼를 다른 Si 기판에 붙이는 웨이퍼 접합 공정⁽³⁾, 접합된 웨이퍼를 고온에서 열처리 함으로서 양성자 이온이 주입된 층이 분리되는 열처리 공정, 분리된 박막 표면을 연마하는 공정으로 구성된다.

본 논문은 SMART-CUT 기술의 웨이퍼 직접 접합 방법을 응용한 GaAs 웨이퍼를 Si 기판에 붙이기 위하여 GaAs와Si 표면에 양질의 SiO₂ 형성 시키 위한 열 산화막 조건과 접합력 향상을 위한 열처리 조건을 연구 하였다.

웨이퍼 접합에 사용된 GaAs와 Si 웨이퍼의 결정방향은 모두 (100)이고, 웨이퍼 크기는 2인치이다. 또한 GaAs와Si 웨이퍼는 각각 반절연과 p-type 이다. PECVD를 이용하여 GaAs 표면에 일정한 두께의 SiO₂ 박막이 증착되었다. 양질의 SiO₂ 박막을 얻기 위해서 열 산화막 공정을 수행되어 진다. [그림 2]는 SiO₂ 박막 두께와 열 산화 온도에 따라 SiO₂ 표면에 크랙의 유무를 보여 준다. 크랙이 일어난 시료는 표면 평탄도가 일정 하지 않기 때문에 웨이퍼 직접 접합에 사용 할 수가 없다. 본 실험에서는 열 확산로의 조건은 700 °C에서 3시간 열 산화막 작업을 한 GaAs/SiO₂ 웨이퍼가 사용 되었다. Si 표면 역시 열 확산로를 이용하여 일정한 두께의 열 산화막이 형성되었다.

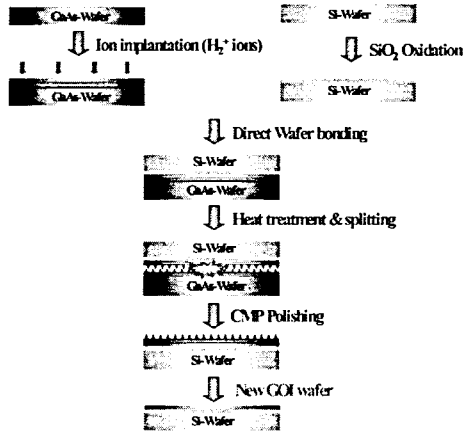


그림 1 GOI 웨이퍼 제작 과정

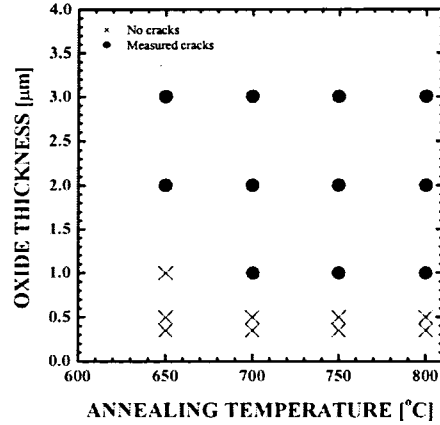


그림 2 양질의 GaAs/SiO₂ 형성 조건

세척된 Si 과 GaAs 웨이퍼는 Modified RCA (NH₄OH : H₂O₂ : H₂O = 1 : 4 : 6) 용액에서 수 분씩 담귀침으로서 표면에 OH기가 형성되어 친수성이 된다. 그리고 각각의 시료는 산화막막이 마주보게 포개어진 상태에서 시료 중심부분에 압력이 인가된다. 이 과정에서 OH⁻기들 사이의 초기 접합된 두 시료는 Van der Waals 힘에 의해 서로 떨어지지 않는다. 접합력을 향상시키기 위해 초기 결합된 시료는 자체 제작한 흑연 시료 고정 장치에 장착된다. 그리고 흑연 시료 고정 장치는 RTA (Rapid Thermal Annealing, 10/min) 장비에서 온도의 함수로 열처리 된다.

결론적으로 SiO₂ 박막이 이용되면 보다 향상된 접합력을 얻을 수 있는 GaAs/SiO₂/Si 웨이퍼를 제작 할 수 있다. PECVD에서 증착된 SiO₂ 박막은 양질의 SiO₂ 박막을 얻기 위해 열 산화로에서 열 산화막 작업이 수행 되어 진다. GaAs/SiO₂ 웨이퍼는 Si 웨이퍼와 직접 접합 기술을 이용하여 광소자 제작을 위한 GaAs/SiO₂/Si 웨이퍼 제작이 연구 되었다. 상기 결과는 GaAs를 기반으로 하는 SOI (Semiconductor-on-Insulator) 시료 제작에 이용될 뿐만 아니라 도파로형 광소자 제작에도 응용될 수 있다.

References

- (1) A. Auberton-herve, C. Maleville, A. Wittkower: Conference on Ion Implantation Technology, pp.269-272 (2000).
- (2) I. Radu, I. Szafraniak, R. Scholz, M. Alexe, and U. Gösele. Jour. Appl. Phys. Vol. 82 No. 15 pp. 2413-2415 (2003).
- (3) M. K. Lee, M. Y. Yeh, S. J. Guo and H. D. Huang, Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 38 Part 1, No. 7App. 4041-4042 (1999).