

# 광소자용 GaAs-on-Si 웨이퍼 제작을 위한 웨이퍼 직접 접합에 관한 연구

## Study on Direct Wafer Bonding for Fabrication of GaAs-on-Si Wafers for Optical Devices

박종국, 김형권, 김선호, \*박진우, 변영태

한국과학기술연구원 광기술연구센터, \*고려대학교 전자컴퓨터공학과,

e-mail 주소: prideofsgi@hotmail.com

반도체 hybrid 집적화 기술을 개발하기 위해 Si 이외의 GaAs나 InP를 기반으로 하는 단결정 박막이나 다층의 에피박막이 격자상수가 다른 기판에 형성되는 연구가 활발히 이루어지고 있다. 단결정 물질은 각종 분야, 특히 반도체 분야에서 고성능 미세 전자소자 또는 광전자 소자를 제조하기 위해 필요하다. 많은 경우 10 nm 내지 수  $\mu\text{m}$  수준의 얇은 표면층만이 단결정 물질로 만들어 지고, 본체의 나머지 부분은 임의의 적당한 물질로 이루어질 수 있다. 에피택셜 (epitaxial) 층이 위에 형성되어 있는 기판이 단결정인 동시에 그것이 위에 형성된 표면의 격자 상수와 근접한 격자 상수를 갖는 경우 에피택셜 층은 잘 확립된 에피택셜 방법에 의해 성장될 수 있다.

반면에 기판 위에 형성되는 얇은 박막이 기판과 매우 상이한 격자 상수를 갖거나, 다결정성 (poly crystal-line), 또는 비결정성 (amorphous) 일 때는 에피택셜 방법에 의해 성장될 수 없다. 이를 해결하기 위하여 두 기판을 접합하는 방법을 이용하여 기판 위에 얇은 박막을 형성하는 방법이 연구 되어왔다. 즉, 단결정성 GaAs 기판과 상이한 격자상수를 가지는 Si 기판을 접합 한 후, 얇은 단결정 박막을 제외한 나머지 GaAs 기판을 제거하는 방법으로 GaAs 기판에서 Si 기판으로 얇은 단결정 박막을 전달하므로, Si 기판 상에 단결정 층을 형성할 수 있다. GaAs 박막을 Si 기판 위에 형성하기 위하여 SMART-CUT<sup>(2)</sup> 기술이 이용될 수 있다. 이 경우 SMART-CUT 기술은 SiO<sub>2</sub> 절연층 위에 GaAs 박막을 형성하여 SOI 웨이퍼를 제작하는 기술로서 우선 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 공정, 이온 주입된 웨이퍼를 다른 Si 기판에 붙이는 웨이퍼 접합 공정<sup>(1)</sup>, 접합된 웨이퍼를 고온에서 열처리함으로써 양성자 이온이 주입된 층이 분리되는 열처리 공정, 분리된 박막 표면을 연마하는 공정을 거친다. 본 논문에서는 SMART-CUT 기술의 세 번째 공정인 GaAs 웨이퍼를 Si 기판에 붙이기 위하여 GaAs 웨이퍼의 표면처리 조건과 초기 접합이 이루어진 웨이퍼의 접합력 향상을 위한 열처리 온도 조건에 관한 연구 결과들이 설명된다.

웨이퍼 접합에 사용된 시료는 결정방향이 (100)이고, 3인치의 반절연 GaAs 웨이퍼와 비저항이 12~18  $\Omega \cdot \text{cm}$ 이고 결정방향이 (100)인 p-type의 2인치 Si 웨이퍼이다. 각각의 시료는 따듯한 유기 용매제인 TCE, 아세톤, 메탄올을 이용하여 세정된 후 DI water (18 M $\Omega$ )로 깨끗하게 세척되고 질소 가스로 수분이 완전히 제거되었다. Si 웨이퍼는 BOE(HF : H<sub>2</sub>O = 1 : 10)에서 자연 산화막이 제거된 후 modify RCA(NH<sub>4</sub>OH : H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> : H<sub>2</sub>O = 1 : 4 : 6)용액에서 2 분 동안 담귀 표면에 OH-기를 형성하여 친수성으로 만들었다. 그리고 GaAs 웨이퍼는 일정 비율로 섞은 용액(H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> : H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> : H<sub>2</sub>O = 1 : 1 : 5)에 담귀 표면

을 소수성으로 만들어 준 뒤 modified RCA 용액에 1분 동안 담궈 표면에 OH-기를 형성하여 친수성으로 만들었다. Modified RCA 용액으로 세정된 시료는 흐르는 탈 이온수를 이용하여 5분 이상 충분히 헹구어진 후 질소 가스를 이용하여 시료 표면의 수분이 제거되었다. 그리고 각각의 시료는 거울 면이 마주 보게 포개어 놓은 상태에서 트위저를 이용하여 시료 중심부분에 압력이 인가되었다. 이 과정에서 OH-기들 사이의 산소 결합이 형성되어 초기 접합된 두 시료는 Van der Waals 힘에 의해 서로 떨어지지 않는다. 그림 1은 표면 처리에 의해 초기 접합된 시료의 접합력을 측정한 것이다. 두 시료 접합면의 균일성과 접합력을 향상시키기 위해 산소 결합된 시료는 자체 제작한 흑연 시료 고정 장치(그림 2)에 장착된다<sup>(3)</sup>. 그리고 흑연 시료 고정 장치는 RTA (rapid thermal annealing) 장비에서 온도에 따라 열처리된다. 그림 3은 각각의 온도에서 한 시간 동안 열처리 한 후 접합력을 측정한 것이다. 초기 접합이 이루어졌을 때 12 N의 접합력을 가지고 있었던 시료는 100 °C에서 열처리 하였을 경우 접합력이 약 30 N까지 올라갔다. 그러나 200 °C 이상으로 열을 가하게 되면 접합된 웨이퍼가 분리되는 것을 볼 수 있다<sup>(4)</sup>.

결론적으로 초기 접합을 통해 형성된 시료는 150 °C 이하로 열을 가하였을 경우 접합력이 증가되지만, 그 이상으로 열을 가하게 되면 두 물질간의 열팽창 계수의 차로 인하여 접합력이 약해지는 것을 알 수 있었다(GaAs와 Si의 열팽창계수는 각각  $5.73 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 와  $2.6 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 이다.). 따라서 저온에서 접합력을 향상시킬 수 있는 웨이퍼 표면 처리 조건을 찾는 연구가 추후 진행될 예정이다.

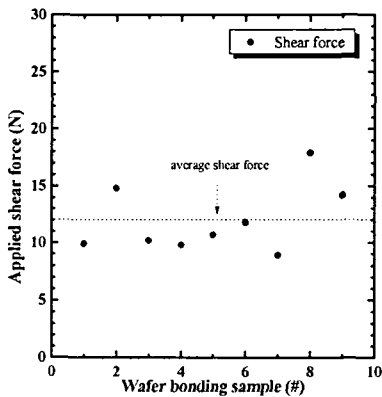


그림 1. 초기 접합에 의한 접합력

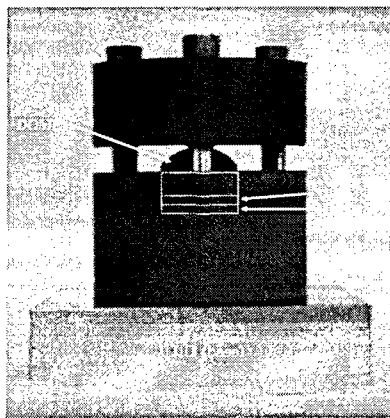


그림 2. 흑연 시료 고정 장치

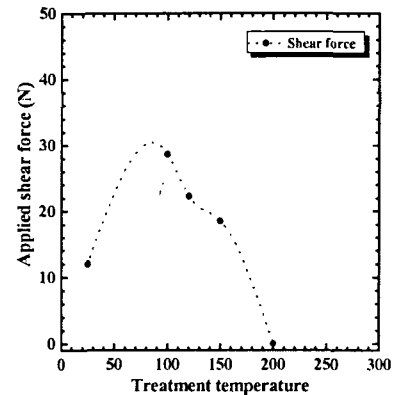


그림 3. 열처리 온도에 따른 접합력

참고문헌

- (1) M. K. Lee, M. Y. Yeh, S. J. Guo and H. D. Huang, Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 38 Part 1, No. 7A pp. 4041-4042 (1999).
- (2) A. Auberton-herve, C. Maleville, A. Wittkower : Conference on Ion Implantation Technology, pp.269-272 (2000).
- (3) 변영태, 김재현, 이석, 김선호, 한국, 특허출원번호 10-2003-0017651, (2003).
- (4) V. Lehmann, K. Mitani, R. Stengle, T. Mii and U. Gosele : Jpn. J. Appl. Phys. 28. L2141 (1989).