

# 연마 조건에 따른 GaAs/Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>/SiO<sub>2</sub>/Si 웨이퍼의 접합력 비교

## Depending on Polishing Conditions of GaAs/Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>/SiO<sub>2</sub>/Si Wafers to Compare with Bonding Forces

박종국, 김선호, 박진우\*, 변영태

한국과학기술연구원 광기술연구센터, 고려대학교 전자컴퓨터공학부\*

prideofsgi@hotmail.com

### 1. 서론

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 직접 접합하는 방법<sup>(1)</sup>을 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 위해서는 Smart-Cut<sup>(2)</sup> 기술이 이용될 수 있다. 본 논문에서 GaAs 웨이퍼를 Si 기판위에 붙이는 직접 접합 공정 전단계인, SiO<sub>2</sub> 박막이 증착된 GaAs 웨이퍼 표면에 대한 연마 조건과 웨이퍼 직접 접합 후에 고온에서 열처리 조건에 따른 접합된 웨이퍼의 접합력이 비교 측정 되었다.

### 2. 실험 방법 및 결과

웨이퍼 접합에 사용된 GaAs와 Si 웨이퍼의 결정방향은 모두 (100)이고, 웨이퍼 크기는 2인치이다. 웨이퍼 접합 공정에 사용된 시료의 크기는  $1 \times 1 \text{ cm}^2$  이다. 또한 GaAs와 Si 웨이퍼는 각각 반절연과 p-type 이다. GaAs-on-Si (GOS) 웨이퍼의 접합력을 최적화시키기 위해서 GaAs는 PECVD (Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition)를 이용하여 GaAs 표면에 일정한 두께의 Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>의 보호막과 SiO<sub>2</sub> 박막이 증착되고, Si는 열확산로를 이용하여 일정한 두께의 열 산화막이 형성되었다. GaAs 표면에 증착된 SiO<sub>2</sub>는 열처리 과정 후 표면 편평도를 향상시키기 위해서 CMP (Chemical-Mechanical Polishing) 공정을 거친다. 각각의 시료는 초기 세척된 후 Si/SiO<sub>2</sub> 과 GaAs/Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>/SiO<sub>2</sub> 웨이퍼는 Modified RCA (NH<sub>4</sub>OH : H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> : H<sub>2</sub>O = 1 : 4 : 6) 용액에서 수분씩 담귀짐으로서 표면에 OH<sup>-</sup> 기가 형성되어 친수성이 된다. Modified RCA 용액에서 꺼내진 시료의 표면은 바로 질소 가스로 건조된다. 그리고 각각의 시료는 산화박막이 마주보게 포개어진 상태에서 시료 중심부분에 압력이 인가된다. 이 과정에서 OH<sup>-</sup> 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 장치<sup>(3)</sup>에 장착된다. 그리고 흑연 시료 고정 장치는 RTA (Rapid Thermal Annealing) 장비에서 온도의 함수로 열처리 된다.

PECVD를 이용하여 GaAs표면에 약 5000 Å의 두께로 증착된 SiO<sub>2</sub>의 표면 평탄도는 박막 두께를 측정

할 수 있는 nano spec으로 측정된 결과 약 10~100  $\text{\AA}$  (4) 차이가 나기 때문에 표면 평탄화를 위해서 연마 공정이 수행 되었다. 반면에 열확산로를 이용하여  $\text{SiO}_2$  박막이 증착된 Si 웨이퍼의 표면 평탄도는 약 10  $\text{\AA}$  정도로 상용화된 Si 웨이퍼의 평탄도와 거의 같기 때문에 연마 공정이 불필요 하다. GaAs/Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>/SiO<sub>2</sub>의 연마 조건은 연마공정 수행 시 시료에 가해지는 무게와 연마 시간을 변수로 해서 연마 공정이 수행 되었다. [그림 1]에서 시료에 가해지는 최소 무게는 177 g 과 최대 무게는 610 g로 정하고 연마 공정이 수행 되었고, 두 시료는 화학 처리 후 직접 접합 되었다. 그림 1과 같이 최대 무게로 연마 공정이 수행 되어 지면 400~500 °C에서 약 80 N의 강한 접합력을 얻을 수 있었다. 하지만, 최소 무게로 연마 공정이 수행 되어 지면 400 °C에서 약 70 N의 접합력을 얻을 수 있었지만, 그 이상의 고온에서는 접합된 웨이퍼의 분리가 일어났다. 또한 [그림 2]에서는 연마 시 가해지는 압력은 고정 하고, 연마 시간에 따른 접합력의 비교이다. 그림 2와 같이 열처리 온도가 300 °C 일 때는 각각의 시간에서 약 60 N 이상의 강한 접합력을 얻었지만, 열처리 온도가 상승 할수록 연마 시간이 5 분과 15 분 일 때 접합된 웨이퍼가 분리가 일어났다. 그러나 연마 시간이 10 분 일 때는 400~500 °C에서 약 80 N의 접합력을 얻을 수 있었다.

### 3. 결과 및 결론

결론적으로 연마 조건에 따른 산화막의 두께의 변화는 GaAs/Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>/SiO<sub>2</sub>, SiO<sub>2</sub>/Si 웨이퍼 직접 접합 시 접합력에 영향을 준다는 것을 알 수 있었다. 본 실험에서 이상적인 조건의 연마 조건은 610 g의 연마 무게와 연마 시간이 10 분 일 때 400~500 °C에서 가장 강한 접합력을 얻을 수 있었다. GaAs/Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>/SiO<sub>2</sub>/Si 웨이퍼를 이용 하여 광도소자를 제작 시 ohmic 전극용 열처리 과정에서 접합된 웨이퍼의 분리가 일어나지 않은 조건을 찾았기 때문에 상기 결과는 GaAs를 기반으로 하는 SOI (Semiconductor-on-Insulator) 시료 제작에 이용될 뿐만 아니라 도파로형 광소자 제작에도 응용될 수 있다.

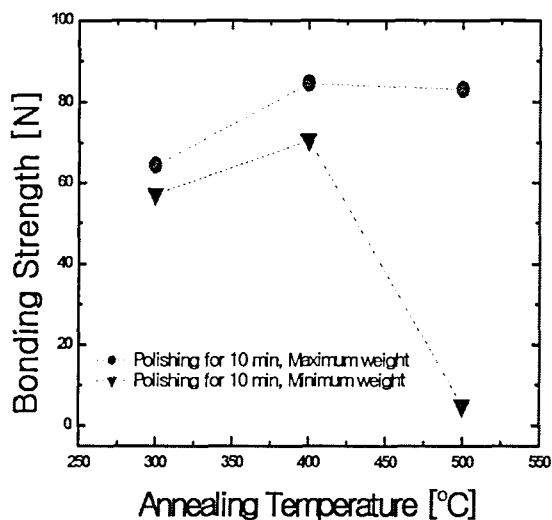


그림 1. 연마공정 수행 시 압력에 따른 GaAs/Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>/SiO<sub>2</sub>/Si 웨이퍼의 접합력 비교

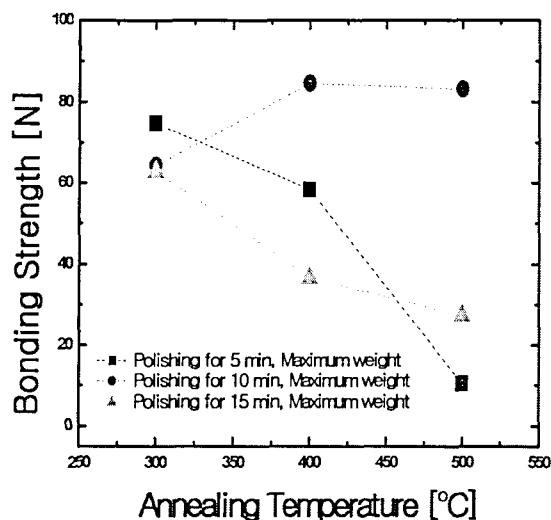


그림 2. 연마공정 수행 시 연마 시간에 따른 GaAs/Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>/SiO<sub>2</sub>/Si 웨이퍼의 접합력 비교

#### 참고문헌

- [1] Q-Y Tong, U.M. Gösele, "Semiconductor Wafer Bonding : Science and Technology", John Wiley & Sons, Inc, pp.47 (1999)
- [2] M. Bruel, et al, Electron. Lett. Vol. 35, pp. 1024 1025, (1999)
- [3] 변영태, 김재현, 이석, 김선호, 한국, 특허출원번호 10-2003-0017651, (2003)
- [4] 박종국, 김선호, 박진우, 변영태, 2005 COOC, 1A 4T, (2005)