

## P<sup>+</sup> Buried Layer 형성시 발생하는 Threading Dislocation 제거기술에 관한 연구

(Elimination of Threading Dislocations Generated by P<sup>+</sup> Buried Layer Formation)

홍익대학교 금속·재료공학과 허태훈, 장윤택, 노재상  
현대전자 메모리 연구소 오재근, 이길호, 조병진, 김종철

### 1. 서론 :

반도체 소자의 집적도가 증가함에 따라 고에너지 이온주입을 사용한 well 및 buried layer 형성 기술에 관한 연구의 중요성이 부각되고 있다. 다단계 고에너지 이온주입을 이용하여 profiled retrograde well 을 제조함으로써 소자의 전기적 특성을 향상시킬 수 있으며, 나아가 well 하단부에 고농도 doping 층인 buried layer를 형성함으로써 소자의 latchup 특성을 더욱 향상시킬 수 있다. 따라서 buried layer 형성 기술은 design rule 이 감소하는 초고집적 메모리 소자 뿐만 아니라 비메모리 반도체 소자에서의 latchup 억제 를 위한 중요한 기술중의 하나로 인식되고 있다. 그러나 고에너지 이온주입을 사용하여 buried layer를 형성할 경우 조사량이 비교적 높기 때문에 누설전류가 증가하는 등의 문제가 발생할 수 있다. Buried layer 형성에 의해 조사량  $1 \times 10^{14}/\text{cm}^2$  을 전후하여 약 100배 정도의 누설전류 밀도의 증감이 나타나는 임계거동이 나타난다. 이러한 누설전류의 임계거동은 Rp 영역으로부터 표면으로 뻗어있는 threading dislocation과 관계가 있으며 threading dislocation의 형성은 모재내 존재하는 interstitial oxygen과 깊은 관련이 있는 것으로 보고되고 있다. 본 연구에서는 1.5 MeV B<sup>+</sup> 이온주입을 통한 buried layer를 형성시 발생하는 threading dislocation의 제거를 위한 연구가 수행되었다.

### 2. 실험방법 :

P-type, (100) 실리콘 wafer ( $O_i \approx 14 \sim 15$  ppma)를 사용하여 1.5 MeV B<sup>+</sup>,  $3 \times 10^{13} \sim 3 \times 10^{14}/\text{cm}^2$  조건으로 이온주입 하였다. CMOS 소자를 제조하여 조사량 변화에 따른 latchup과 누설전류 밀도를 측정하였다. Threading dislocation의 밀도 및 분포는 defect etching(Secco etching)하여 Normarski 현미경으로 관찰하였으며 주입된 이온 및 oxygen의 농도 분포는 SIMS를 사용하여 분석하였다. 열처리에는 관상로를 사용하였으며 N<sub>2</sub> 분위기에서 행하였다. Two-Step-Annealing은 low(700°C)-high(900~1000°C) temperature의 순서로 수행되었다.

### 3. 실험결과 및 고찰 :

1.5 MeV B<sup>+</sup>를 이온주입하여 buried layer를 형성함으로써 latchup 특성이 매우 향상되었다. p+/n+ spacing이 6 $\mu\text{m}$  인 경우 latchup holding voltage가 소자 구동 전압(3.3V) 이상인 소자를 제조하기 위해서 최소  $3 \times 10^{13}/\text{cm}^2$  이상의 조사량으로 형성된 buried layer가 요구됨을 알 수 있었다. 또한 p+/n+ spacing이 6 $\mu\text{m}$  이하인 경우  $1 \times 10^{14}/\text{cm}^2$  이상의 조사량으로 형성된 buried layer가 요구됨을 알 수 있었다. 그러나 누설전류는 조사량에 따라 증가하다 감소하는 임계 거동을 보이는 것을 관찰하였다. Defect etching 후에 실시한 광학현미경 관찰 결과 이온주입에 의해 모재 표면에 형성된 결함(threading dislocation)의 밀도는 누설전류 증감과 동일하게 조사량 증가에 따라  $1 \times 10^{14}/\text{cm}^2$ 의 조사량에서 최대치( $\sim 10^6/\text{cm}^2$ )를 나타내었으며 그 후 조사량 증가에 따라 감소하였다. 조사량  $1 \times 10^{14}/\text{cm}^2$ 의 경우 Rp 부근에 형성된 이차결함층에 oxygen이 gettering 되지 않았지만 조사량이  $3 \times 10^{14}/\text{cm}^2$ 의 경우 gettering 됨을 SIMS 결과로 관찰 할 수 있었다. 조사량이  $3 \times 10^{14}/\text{cm}^2$ 일 경우 이차결함이 interstitial oxygen을 gettering 함으로써 소자구동영역의 interstitial oxygen의 농도가 낮아졌기 때문에 threading dislocation의 형성이 억제되었다고 판단된다. SiOx 석출물 형성을 통해 interstitial oxygen 농도를 감소시키고자 two-step-annealing을 이온주입 후에 수행하였는데 조사량이  $1 \times 10^{14}/\text{cm}^2$ 인 경우에도 threading dislocation이 형성되지 않음을 관찰할 수 있었다. 그러나 two-step-annealing을 수행할 경우 소자구동영역내에도 석출물이 형성될 수 있기 때문에 석출물과 누설전류와의 상호관계에 관한 연구가 추후 수행되어야 한다고 판단된다.

### 4. 참고문헌 :

- 1) T. Kuroi, S. Komori, H. Miyatake, K. Tsukamoto and Y. Akasaka, Extended Abstract of the 1990 conf. on Solid states Devices and Materials, Sendai 1990, p441
- 2) J. Y. Cheng, D. J. Eagleshem, D. C. Jacobson, P. A. Stolk and J. L. Benton, J. Appl. Phys. 80(4), (1996) p2105