

P⁺ Buried Layer 형성시 에너지와 조사량 변화에 따른 소자구동영역내 결함거동에 관한 연구

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

1. 서론 :

고에너지(≥ 1 MeV) 이온주입 기술을 이용하여 소자 제조시 well 하단부에 고농도로 doping된 buried layer를 형성시킴으로써 soft error 및 latchup 특성을 크게 향상시킬 수 있다. 그러나 buried layer 제조시 비교적 높은 조사량($\geq 1 \times 10^{14}/\text{cm}^2$)이 요구됨으로 이온주입시 R_p 부근의 격자결함뿐만 아니라 소자구동영역에도 누설전류를 야기시키는 결함이 형성된다. 따라서 고에너지 이온주입 기술을 실제 공정에 적용하기 위해서는 이온주입에 의한 모재내 결함거동 및 제거에 관한 연구가 선행되어야 한다. 본 연구에서는 이온주입 에너지와 조사량 변화에 따른 소자구동영역에 존재하는 결함거동에 관하여 연구하였다.

2. 실험방법 :

P-type, (100) Si wafer에 1.5 ~ 1.8 MeV, $3 \times 10^{13} \sim 1 \times 10^{15}/\text{cm}^2$ 조건으로 이온주입하여 buried layer를 형성하였다. 열처리는 N₂ 분위기의 관상로에서 수행하였다. CMOS소자를 제조하여 조사량 변화에 따른 latchup과 누설전류 밀도를 측정하였다. XTEM을 통하여 R_p 부근의 격자결함을 분석하였다. 소자구동영역에 존재하는 threading dislocation의 밀도 및 분포는 Secco etching 후 광학현미경으로 관찰하였다. 주입된 이온 및 oxygen의 농도 분포는 SIMS를 사용하여 분석하였다.

3. 실험결과 :

1.5 MeV B⁺ 이온주입에 의한 buried layer 형성시 latchup 특성은 향상되었으나 누설전류밀도가 조사량 $1 \times 10^{14}/\text{cm}^2$ 전후에서 증가하다가 감소하는 임계거동을 관찰하였다. Secco etching 후에 실시한 광학현미경 관찰 결과 이온주입 후 열처리 공정 중 형성된 소자구동영역내의 threading dislocation의 밀도는 누설전류 증감거동과 동일하게 조사량 증가에 따라 $1 \times 10^{14}/\text{cm}^2$ 의 조사량에서 최대치를 보였다가 다시 감소하였다. Threading dislocation은 열처리 공정 중 R_p 부근으로 부터 표면까지 뻗어나온 dislocation이다. 에너지를 1.5 MeV에서 1.8 MeV로 증가시킴에 따라 모든 조사량에서 etch pit 밀도의 감소를 관찰할 수 있었다. XTEM 분석을 통하여 조사량 증가시 R_p 부근에 형성되는 dislocation의 밀도는 증가하나 그 길이는 점점 감소하는 것을 관찰하였다. 즉 고에너지 이온주입시 열처리 후 형성된 dislocation의 밀도나 길이는 조사량에 커다란 영향을 받는다. 동일한 조사량에서 이온주입 에너지 변화에 의해 R_p 값을 증가시키면 표면까지 뻗을 수 있는 threading dislocation의 수가 감소하기 때문이라 판단된다. SIMS 분석을 통하여 boron 이온주입에 의한 buried layer 형성시 $1 \times 10^{14}/\text{cm}^2$ 보다 큰 조사량에서 모재내 oxygen을 gettering하며 threading dislocation의 형성이 모재내 interstitial oxygen과 관계가 있는 것을 알 수 있었다.

4. 결론 :

Buried layer 형성에 의한 누설전류 임계거동은 이온주입에 의해 R_p 영역으로 부터 소자구동영역까지 뻗어있는 threading dislocation에 의해 영향을 받는다. 이런 threading dislocation의 형성은 모재내 과포화된 산소 농도와 깊은 관련이 있는 것으로 판단된다. 이온주입 에너지를 변화시켜 R_p 값을 크게함으로써 소자구동영역까지 뻗은 threading dislocation의 밀도를 감소시킬 수 있다.