

## CMOS Retrograde Well 및 Buried Layer 형성시 누설전류 임계거동에 영향을 주는 결함에 관한 연구

홍익대학교 금속·재료공학과    잠운택, 허태훈, 노재상

### 1. 서론 :

고에너지 이온주입( $\geq 1$  MeV)은 CMOS 소자 제조시 공정의 단순화 및 소자의 전기적 특성을 향상시키는 기술로 크게 주목받고 있다. 지금까지의 고에너지 이온주입에 관한 연구는 이온주입시  $R_p$  부근에 형성되는 결함거동에 관하여 집중되어 왔다. 그러나 고에너지 이온주입 기술을 이용한 buried layer 형성시 약  $10^{14}/\text{cm}^2$  이상의 비교적 높은 조사량이 요구되므로 소자구동영역에도 상대적으로 많은 격자결함이 유발되며 이것은 누설전류를 급격히 증가시키는 주된 원인으로 작용한다. 따라서 소자의 누설전류를 감소시키기 위해서는 고에너지 이온주입시 소자구동영역내의 결함거동을 이해하는 것이 중요하다. 본 연구에서는 buried layer 형성시 조사량에 따른 latchup 특성 및 누설전류밀도의 변화를 측정하였다. 또한 이온주입전 three step annealing을 수행한 시편을 통하여 누설전류의 임계거동을 유발하는 주요 인자를 규명하였고 소자구동영역의 결함거동이 분석되었다.

### 2. 실험방법 :

P-type, (100) 실리콘 wafer ( $O_i \approx 14\sim 15$  ppma)에  $1.5$  MeV  $B^+$ ,  $3 \times 10^{13} \sim 3 \times 10^{14}/\text{cm}^2$ 의 조건으로 buried layer를 형성하였다. 이온주입후  $900\sim 1000^\circ\text{C}$ 에서 60분간  $N_2$  분위기를 유지한 관상로에서 열처리하였다.  $1100^\circ\text{C}/1\text{hr} \rightarrow 700^\circ\text{C}/10\text{hrs} \rightarrow 950^\circ\text{C}/4\text{hrs}$ 의 조건으로 three step annealing을 수행하였다. 256M DRAM test pattern을 제작하여 latchup 및 누설전류밀도를 측정하여 비교하였다. 이온주입에 의한 이차결함 및 이차결함의 형성거동은 XTEM을 통해 관찰하였다. 누설전류의 임계거동에 영향을 주는 소자구동영역내 존재하는 결함(threading dislocation)의 분포를 분석하기 위하여 defect etching후 광학현미경 관찰을 수행하였다.

### 3. 실험결과 및 고찰 :

$1.5$  MeV  $B^+$  이온주입에 의한 buried layer 형성시 latchup 특성은 향상되었으나 누설전류밀도가 조사량  $1 \times 10^{14}/\text{cm}^2$  일때까지는 증가하나 이후 감소하는 임계거동을 관찰할 수 있었다. Buried layer 형성시 누설전류 임계거동에 영향을 주는 인자가 불순물과 격자결함 중 어떤 것인지를 규명하기 위하여 three-step-annealing을 통한 internal gettering을 이온주입 전에 수행하였다. Internal gettering은 모재 내부에서 빠르게 확산하는 금속 불순물을 포획하는데 효과적인 gettering 방법이므로 누설전류에 미치는 모재내 금속 불순물들에 의한 영향을 제거하려 하였다. 만약 누설전류 임계거동을 유발하는 주된 인자가 불순물이라면 internal gettering을 수행한 경우에 임계거동이 관찰되지 않아야 할 것이며 반대로 격자결함이 주된 인자라면 internal gettering을 수행하여도 여전히 임계거동이 관찰될 것이라 판단하였다. 조사량에 따른 누설전류밀도는 internal gettering에 의해 누설전류밀도가 약간 감소하였지만 여전히 임계거동이 나타나는 것을 관찰할 수 있었다. 따라서 buried layer 형성시 누설전류의 증감은 이온주입에 의해 생성된 격자결함과 밀접한 관계가 있음을 알 수 있었다.  $1.5$  MeV  $B^+$  이온주입시 조사량이 증가함에 따라 시편의  $R_p$  부근에서 이차결함의 밀도가 더욱 증가하고 있는 모습을 볼 수 있다. 따라서 XTEM상으로 관찰되는 이차결함으로는 소자의 누설전류 증감의 임계거동을 설명할 수 없다. Dislocation의 선택도가 다소 높은 Secco etching후 광학현미경 분석에 의하여  $R_p$  부근에 형성된 이차결함으로 부터 뻗어나온 threading dislocation을 관찰하였다. Threading dislocation은 as-implanted 상태에서는 관찰되지 않았는데 이는 threading dislocation이 열처리과정 중 형성되기 때문이라 판단된다. 관찰된 etch pit의 밀도는 누설전류 증감과 동일하게 조사량 증가에 따라  $1 \times 10^{14}/\text{cm}^2$ 의 조사량에서 최대치( $8 \times 10^5/\text{cm}^2$ )를 나타내었으며 그 후 조사량 증가에 따라 감소하는 임계거동을 보이고 있었다. 또한 SIMS 분석을 통하여  $3 \times 10^{14}/\text{cm}^2$ 의 조사량에서 모재내의 산소가  $R_p$  부근에 gettering되는 것을 알 수 있었다.

### 4. 결론 :

$1.5$  MeV  $B^+$  이온주입에 의해 buried layer 형성시 소자의 latchup 특성은 매우 향상되었으나 조사량 증가에 따른 누설전류 밀도는 증가 또는 감소하는 특이한 거동을 보였다. 누설전류 임계거동은 모재내 존재하는 불순물보다 이온주입에 의해 생성된 이차결함으로 부터 뻗어나온 threading dislocation에 의해 직접적인 영향을 받는 것으로 확인하였다. 이런 threading dislocation의 형성은 모재내에 과포화되어 있는 산소 농도와 상호관계가 있는 것으로 판단된다.