

고에너지 이온주입에 의한 Gettering에 관한 연구 (A Study on Gettering by High Energy Ion Implantation)

홍익대학교 금속·재료공학과 장윤택, 허태훈, 노재상

1. 서론 :

최근 초고집적 CMOS 소자 제조에 고에너지 이온주입에 의한 retrograde well 및 buried layer 형성 기술이 주목받고 있다. 또한 고에너지 이온주입기술은 doping 기술 이외에도 소자구동영역에 존재하는 격자결함과 모재내에 존재하는 oxygen 등의 impurity들을 gettering하는 기술로 응용범위를 넓히고 있다. 고에너지 이온주입 기술을 이용한 gettering 기술에는 크게 proximity gettering과 self-gettering으로 나뉜다. proximity-gettering은 모체의 전기적 성질에 영향이 없는 Si, C 등의 원소를 주입하여 gettering site를 형성하는 방법을 말한다. self-gettering은 buried layer 형성시 사용되는 dopant을 이온주입함으로써 이때 생성되는 결함층을 gettering site로 사용하는 방법인데 누설전류는 $1 \times 10^{14}/\text{cm}^2$ 의 조사량까지는 증가하나 이후 급격히 감소하는 특이한 현상을 보인다. 이온주입을 이용한 gettering 기술은 retrograde well 및 buried layer 형성시 보다 고에너지-고조사량을 요구하므로 이때 발생하는 격자결함의 생성거동 연구는 실제 공정의 적용에 중요한 의미를 갖는다. 본 연구에서는 2 MeV Si⁺ 자기이온주입하여 Si 모재원자와 전기·화학적 상호 작용이 배제된 intrinsic한 결함 생성 거동을 관찰하였고 1.5 MeV B⁺의 조건에서 조사량을 변화시켜 발생하는 결함 형성 거동과 전기적 특성을 관찰하였다.

2. 실험방법 :

P-type, (100) 실리콘 wafer ($O_i \cong 14 \sim 15$ ppma)를 사용하여 1.5 MeV B⁺, $3 \times 10^{13} \sim 3 \times 10^{14}/\text{cm}^2$ 과 2 MeV Si⁺ $1 \times 10^{15} \sim 1 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ 의 조건으로 이온주입 하였다. 이때 이온주입에 의한 이차결함 및 이차결함의 형성거동은 XTEM과 DCXRD를 통해 관찰하였으며 주입된 이온 및 oxygen의 농도 분포는 SIMS를 사용하여 분석하였다. boron 이온 주입시 XTEM 상으로 관찰이 용이하지 않은 결함(threading dislocation)의 분포를 관찰하기 위해 defect etching(Secco etching)하여 광학 현미경으로 관찰하였다. 전기적인 성질은 조사량 변화에 따른 latchup과 누설전류 밀도를 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰 :

2 MeV Si⁺ 이온주입된 시편의 격자결함은 R_p 부근에 집중되어 있었고 표면층의 격자결함은 XTEM으로 관찰이 용이하지 않았다. 임계조사량($3 \times 10^{14} \sim 5 \times 10^{14}/\text{cm}^2$) 이상에서 as-implanted 상태의 결함층은 TEM상에서 EOR 부근에서 dark band 형태로써 나타났으며 열처리에 의해 이차결함으로 그 형태를 달리 하였다. SIMS 분석 결과 열처리후 형성된 이차결함은 Si 모재내에 존재하는 oxygen impurity을 gettering함을 관찰하였다. 1.5 MeV B⁺를 이온주입한 경우는 latchup 특성은 매우 향상됐으나 누설전류는 조사량 증가에 따라 증감하는 특이한 거동을 나타내는 것을 관찰하였다. 조사량 $1 \times 10^{14}/\text{cm}^2$ 혹은 $3 \times 10^{14}/\text{cm}^2$ 의 조건에서 as-implanted 상태에서 XTEM 상으로 dark band가 관찰되지 않더라도 열처리에 의해 이차결함이 관찰되었다. 이는 as-implanted 상태에서 XTEM 상으로 dark band가 관찰될 경우에만 열처리에 의해 이차결함이 관찰되는 Si 자기이온주입의 경우와 다른 결과이다. R_p 근처에 형성된 이차결함을 생성하는 요체는 Si self-interstitial인데 self-interstitial의 유동도는 이온종류에 민감한 것으로 본 실험의 결과로 부터 유추할 수 있다. Defect etching 후에 실시한 광학현미경 관찰 결과 이온주입에 의해 형성된 결함의 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. SIMS 분석 결과에서 $3 \times 10^{14}/\text{cm}^2$ 이상에서 oxygen이 gettering되는 것으로 보아 관찰된 결함은 wafer내 과포화된 oxygen과 관계가 있는 것으로 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) T. Kuroi, Y. Kawaski, S. Komori, K. Fukumoto, M. Inuishi, K. tsukamoto, H. Shinyashiki and T. Shingyoji Jpn. J. Appl. Phys. 1993, p303