

**고에너지-고조사량 이온주입된 실리콘내의 결함 생성 및 Gettering 거동  
( Defect Formation and Gettering Behavior in a High Energy-High  
Dose Implanted Silicon )**

홍익대학교 금속·재료공학과    조남훈, 노재상  
한국과학기술원 재료공학과    장기완, 이정용

최근 고에너지 이온주입기술은 고집적회로의 retrograde well 및 buried layer 제조 공정에 사용되고 있다. 또한 고에너지 이온주입기술은 소자구동영역(device active region)내에 존재하는 금속불순물이나 격자결함을 제거하는 proximity gettering 기술로 응용하려는 연구가 활발히 진행되고 있다. 고에너지 이온주입 기술을 사용한 gettering 기술은 낮은 조사량을 갖는 retrograde well 및 buried layer공정에 비하여 고조사량 ( $>10^{15}/\text{cm}^2$ )이 요구된다. 따라서 고에너지-고조사량 이온주입시 발생하는 격자결함 생성거동에 관한 연구는 실제 공정의 적용을 위해 중요한 의미를 갖는다. 본 실험에서는 1.2 ~ 3 MeV 의 에너지로 Si, B, P 및 C 이온주입시 격자결함의 생성 거동이 연구되었다. Czochralski 법으로 성장시킨 p-type (100) Si 웨이퍼에 Tandem Accelerator를 사용하여 이온주입을 실시하였다. 실제 gettering 공정에 사용되는  $10^{15} \sim 10^{16}/\text{cm}^2$  의 비교적 높은 조사량의 이온주입을 실시하였다.

1 ~ 3 MeV  $\text{Si}^+$ ,  $1 \times 10^{15} \sim 10^{16}/\text{cm}^2$  자기이온주입을 실시하여 Si 모재원자와 전기·화학적 상호 작용이 배제된 intrinsic한 결함 생성 거동이 관찰되었다. Si 자기 이온주입시 조사량을  $1 \times 10^{15}/\text{cm}^2$  으로 고정한 경우 모재에 발생하는 격자결함 밀도는 1 MeV 의 에너지에서는 고립된 연속적인 비정질층이 형성되었으나 에너지 증가시 감소하였다. 한편 주입에너지를 2 MeV로 고정하고 조사량을 증가시킨 경우  $1 \times 10^{16}/\text{cm}^2$  의 높은 조사량에서  $2 \mu\text{m}$  깊이에 고립된 연속적인 비정질층이 형성되었다. 고분해능 투과전자현미경 관찰 결과 이온주입시 모재내에는 island 형태의 비정질이 생성되며 조사량이 증가함에 따라 성장 및 병합기구에 의하여 고립된 연속적인 비정질층이 형성됨을 관찰하였다. 열처리에 의해 고립된 비정질층은 550°C의 비교적 낮은 온도에도 SPE 성장하였다. 모든 시편에 발생한 격자결함은 Rp 부근에 집중되어 있었고 RBS 분석을 통하여 표면부근의 격자결함은 쉽게 포화되어 낮은 농도로 유지됨이 관찰되었다. 1.5 MeV  $\text{B}^+$ , 3 MeV  $\text{P}^+$  및 3 MeV  $\text{C}^+$   $1 \times 10^{15}/\text{cm}^2$  이온주입된 시편에서는 이온종류에 따라 상이한 형태의 이차결함이 관찰되었으며 carbon 이온의 경우  $1 \times 10^{16}/\text{cm}^2$  의 높은 조사량에서도 이차결함이 발견되지 않았다. 관찰된 결과들과 TRIM-code simulation을 통하여 이온주입시 발생한 일차결함의 이차결함 형성 기구가 제시되었다. SIMS 분석에 의해 이차결함은 Si 모재내에 존재하는 oxygen 불순물을 gettering함을 관찰하였다. Double crystal XRD rocking curve simulation을 실시하여 격자결함의 열처리 거동이 분석되었고 double implantation ( 3 MeV  $\text{P}^+$ ,  $1 \times 10^{15}/\text{cm}^2$  and 3 MeV  $\text{C}^+$ ,  $1 \times 10^{16}/\text{cm}^2$  ) 에 의한 격자결함 상호간의 작용도 논의되었다.