

고에너지 이온주입된 켈리콘에서 이차결합 생성에 미치는 이온종류(Si, P, B)의 효과

The Effect of Ion Species(Si, P, B) on Secondary Defect Formation
in High Energy Implanted Silicon

홍익대학교 금속·재료공학과	조 남 훈*	노 재 상
한국과학기술원 전자재료공학과	장 기 완	이 정 용

초고집적 반도체 소자 제조를 위해 고에너지 이온주입 공정(≥ 1 MeV)이 최근 주목을 받고 있다. 고에너지 이온주입기술을 이용하여 형성된 Retrograde Well 및 Buried Layer 는 소자의 집적도를 증가시키고 동시에 Hot Carrier의 조절, Punchthrough, Latchup 및 Soft Error 방지 등의 좋은 특성을 나타낸다. 또한 고에너지 이온주입기술을 응용함으로써 소자 제조 공정이 간단해질 수 있으며 고온 공정의 생략이 가능하다. 고에너지 이온주입 기술은 Doping 분야 이외에도 소자 내부에 잔존하는 Microdefect 및 불순물들을 Gettering하는 기술로 최근 미국, 일본 등에서 활발한 연구가 진행되고 있다. 고에너지 이온주입시 발생하는 결합은 고온에서 안정하므로 결합거동에 대한 기초적인 연구가 요구된다.

본 연구에서는 Cz P형 (100) 켈리콘웨이퍼에 Tandem Accelerator를 사용하여 1~3 MeV Si, P, B 이온을 $1 \times 10^{14} \sim 1 \times 10^{15}/\text{cm}^2$ 의 조사량으로 이온주입하였다. 이온주입시 +2 개의 이온을 사용하였고 Beam Heating 을 방지하기 위하여 Current Density 를 약 $0.17 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ 로 조절하였다. Channeling 방지를 위하여 Target 은 7° Tilt 하였다. 각각의 시편은 $550^\circ\text{C} \sim 1000^\circ\text{C}$ 에서 30~300분 열처리하였다. 열처리 전후에 시편들은 HRTEM, RBS, Double Crystal XRD 및 SIMS 를 사용하여 격자결합의 미세구조 및 열처리 거동을 관찰하였다. 실험을 통하여 얻어진 결과들은 Monte Carlo TRIM-code 를 사용하여 분석되었다.

고에너지 이온주입에 의해 생성된 격자결합들은 표면 근처에는 매우 희박하고 Rp 부근에 집중되어 있음이 관찰되었다. 이온주입에 의해 생성된 일차결합들은 열처리 온도 증가에 의해 막대모양 결합, 적층결합, 전위루프 등의 이차결합으로 변화하였으며 조사량 증가에 따라 모재 내에는 더욱 고밀도의 이차결합층이 형성되었다. 이차결합들은 고온에서 안정하여 1000°C -300분의 열처리에 의해서도 제거되지 않았다. 열처리시 이차결합은 일차결합이 나타내는 Dark Band를 중심으로 하단부에서 생성됨이 관찰되었다. 모재 원자와 화학적 영향이 전혀 없는 Si 자기이온주입의 경우 $3 \times 10^{14}/\text{cm}^2$, 1000°C -60분 열처리시 이차결합이 관찰되지 않으나 B 이온주입시에는 동일한 열처리 조건에서 $1 \times 10^{14}/\text{cm}^2$ 의 낮은 조사량에서도 이차결합이 발견되었다. 이온에 따라 이차결합의 형태 또한 다르게 관찰되었으며 B, P, Si 순으로 이차결합이 생성되었다. 고에너지 이온주입시 이차결합의 형성은 조사량, 열처리 조건, 이온의 종류 등에 영향을 받으며 특히 이온과 모재원자와의 화학적 영향에 크게 좌우됨이 밝혀졌다.