

SOI 제작을 위한 수소 이온 주입 특성

Characteristics of Hydrogen Ion Implantation for SOI Fabrication

김형권, 변영태, 김태곤, 김선호, *한상국
 한국과학기술연구원(KIST), *연세대학교 전기전자공학과
 ddangky@kist.re.kr

1. 서론

SOI (Silicon on insulator)는 SiO₂와 같은 절연체 위에 실리콘 (Si) 박막층이 놓여있는 구조로서 전자나 광소자들이 실리콘 박막층 위에 만들어진다^[1]. SOI의 기본적인 생각은 기생 정전용량 (parasitic capacitance)을 감소시킴으로서 소자의 스위칭 속도를 더 빠르게 하는 것이다. 최근에 초고속 광소자와 단위 광소자들의 집적을 위해 실리콘 이외의 GaAs, InP, SiC 등의 반도체 박막을 절연층 위에 만드는 연구가 많이 진행되고 있다. 따라서 초기에 절연체 위에 실리콘 박막을 형성하는 Silicon on insulator (SOI) 기술은 다양한 종류의 반도체 박막을 절연체 위에 형성하는 Semiconductor on insulator로 SOI의 의미가 확장되고 있다^[2].

실리콘 단결정 박막을 SiO₂ 절연층 위에 형성한 SOI 웨이퍼를 제작하는 기술은 BESOI (bond and etch back SOI) 기술, SIMOX (separated by implantation of oxygen) 기술, Smart-cut 기술^[3]로 발전되어 왔다. Smart-cut 기술로 SOI 웨이퍼를 제작하기 위해서는 열산화 (thermal oxidation) 공정^[4], 수소 이온 주입 (ion implantation) 공정, blister 형성 공정^[5], 웨이퍼 접합 공정, 접합된 웨이퍼를 고온에서 열처리함으로써 수소 이온이 주입된 층이 분리되는 열처리 공정, 분리된 박막 표면을 연마하는 CMP (chemical-mechanical polishing) 공정을 거쳐야 한다. 본 논문에서는 Smart-cut 기술의 두 번째 공정인 실리콘 기판에 수소 이온을 주입하기 위한 조건이 TRIM(Transport of Ions in Matter) 을 이용한 시뮬레이션으로 조사되고, 이온 주입기(Ion Implanter)를 이용하여 실험적으로 연구되었다.

2. 수소 이온 주입 조건의 전산모사

수소를 주입하기 전에 주입에너지에 대한 주입 깊이를 알기 위해 TRIM 시뮬레이터를 이용하여 모의실험을 하였다. 그림 1은 실리콘 표면에 성장된 SiO₂ 산화막의 두께가 0.5 μm인 시료에 수소가 주입될 때 수소 주입 에너지에 따른 수소 이온의 분포도를 전산모사한 결과이다.

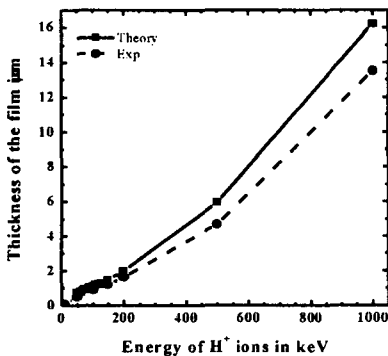


그림 2. 수소의 주입 깊이

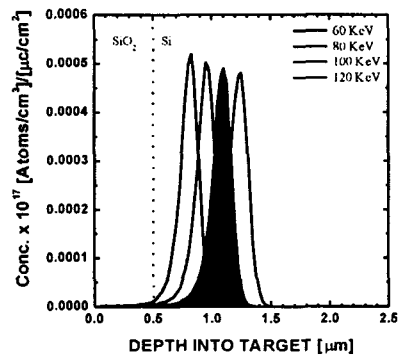


그림 1. 주입된 수소 이온 분포.

수소의 주입량이 1×10^{17} ions/cm² 일 때 주입에너지가 50 keV 이상이면 주입된 수소는 0.5 μm

두께의 열산화막보다 깊게 주입된다. 주입된 수소의 분포는 가우시안 형태이고, 주입 에너지가 증가함에 따라 주입 깊이가 증가한다. 그림 2는 수소 주입 에너지에 대한 주입 깊이의 이론과 실험결과를 보여 준다. 주입 에너지가 1000 keV까지 증가할 때 전반적으로 이론값이 실험값보다 약간 높은 사실을 알 수 있다. 주입 에너지가 200 keV 이하일 때 수소 주입 깊이는 주입 에너지에 거의 비례한다. 그러나 주입 에너지가 200-1000 keV일 때 주입 에너지가 증가함에 따라 주입 깊이가 급격하게 증가함을 알 수 있다.

3. 수소 이온 주입 실험

수소 이온 주입에 사용된 Si 기판은 5인치 Si 웨이퍼로 결정 방향과 비저항은 각각 (100)과 12-18 $\Omega \cdot \text{cm}$ 이고, boron이 도핑된 p-형이다. 수소 주입 실험에 이용될 Si 웨이퍼는 20 mm×20 mm 크기로 잘라 준비된 후 무기물과 유기물 세정이 되었다. 그리고 TRIM을 이용하여 이론적으로 연구된 결과를 근거로 하여 시료는 상온에서 95 keV의 에너지를 가진 수소 이온이 1×10^{17} ions/cm²의 dose로 주입 되었다. 실리콘 표면에 산화막이 있는 경우 channeling 실험을 할 수 없기 때문에 천연 산화막이 있는 실리콘 시료에 수소가 주입된 후 수소 이온의 주입특성이 연구되었다.

그림 3은 이온 주입된 실리콘 시료의 RBS channeling spectrum이다. 그림에서 600-400 채널에 해당하는 부분의 yield가 낮은 것은 이온 주입된 Si 표면에 가까운 쪽의 결정성이 파괴되지 않은 것을 의미한다. 400 채널 근처에서 약간의 폭을 가진 peak는 표면 아래 어느 정도의 깊이에서 결정성이 파괴 되어 결함이 많이 분포함을 의미한다. RBS의 spectrum을 전산모사하여 분석하는 RUMP code를 이용하여 결함이 주로 분포하는 깊이를 분석한 결과 8500Å의 값이 얻어졌다. 마지막으로 250 채널 근처에 보이는 oxygen peak은 Si 표면에 존재하는 native oxide에 의한 신호이다.

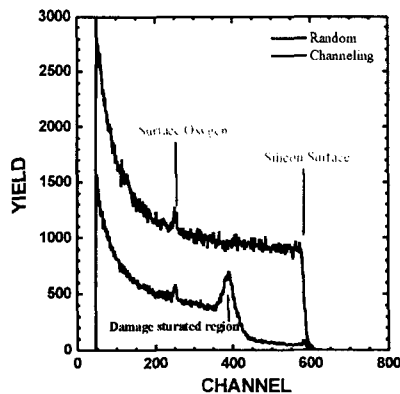


그림 3 이온 주입된 Si 시료의 RBS Channeling Spectrum

결론적으로, 수소 주입 후 RBS 스펙트럼으로 측정된 이온주입 깊이는 웨이퍼 접합과 Layer splitting을 하여 얻은 시료에서 depth profiler를 이용하여 측정된 Si 박막층의 두께와 비교될 것이다.

[참고문헌]

1. J. L. Pelloie et al., Microelectron. Eng., 48, 327 (1999).
2. 변영태, 김형권, 새물리, 46, pp. 297-303 (2003).
3. M. Bruel, Electron. Lett., 31, 1201 (1995).
4. 김형권, 변영태, 김선호, 한상국, 옥성해, 한국광학회 제14회 정기총회 및 2003년도 동계학술발표회, pp. 172-173 (2003).
5. 김형권, 변영태, 한상국, 옥성해, 김재현, 김선호, 우형주, COOC 2003, pp. 469-470 (2003)