

P 이온주입한 실리콘의 X-Ray 로킹커브 분석
(X-Ray Rocking Curve Analysis of P-implanted Si)

한국표준과학연구원: 김창수, 김용일, 조양구

한국전자통신연구소: 김상기

현대전자(주): 조윤성

초고집적 반도체 소자의 p-n junction을 만들기 위하여 실리콘에 불순물(As, P, B등)을 도핑(doping)하는 이온주입법이 널리 이용되고 있다. 이온주입된 표면층은 radiation damage로 인해 심하게 손상되어 있고, 높은 주입농도(약 10^{14} ions/cm²) 이상에서는 비정질로 된다. 더구나, 얇은 산화막층(silicon oxide layer)을 통하여 이온주입하는 경우 그 층에 존재하는 산소도 atomic-recoil process에 의하여 실리콘 내부로 주입된다. 손상된 주입층을 단결정으로 회복시키고 불순물을 전기적으로 활성화시키기 위하여 어닐링처리를 한다. 이 경우 잔류결함이 형성되는데 특히 recoil-implanted oxygen은 결함의 종류, 형태, 밀도등에 영향을 미친다. 본 연구에서는, 산화처리 후 P(phosphorus) 이온 주입한 p-형 (100) Si 웨이퍼(dose: 1×10^{15} ions/cm², energy: 160KeV)를 700°C에서 활성화 열처리했을 때 나타나는 잔류결함과 그 결함으로 인한 격자변형(lattice strain)을 DXRD(Double Crystal X-ray Diffractometry), SIMS(Secondary Ion Mass Spectroscopy) 그리고 TEM(Transmission Electron Microscopy)을 이용하여 조사하였다. 또한, 동적회절이론(dynamical X-ray diffraction theory)을 이용한 로킹커브(rocking curve) simulation을 통하여 이온주입층내의 결함으로 인한 strain을 깊이방향으로 측정하였다.

이온주입 후 P 원자의 농도분포는 R_p (projected range) = 145nm, ΔR_p (standard deviation) = 55nm이었고, recoil-implanted oxygen은 표면에서 약 50nm 깊이까지 얇은 층으로 주입되었다. 700°C 어닐링 처리 후, P 원자와 O 원자의 농도분포는 거의 변화가 없었고 이온주입으로 형성된 비정질층은 결정질로 회복되었다. 어닐링처리 전의 비정질/결정질층의 계면(a-c 계면)에서 주로 전위루프(loop)가 형성되었다. 또한 로킹커브에서는 substrate peak 주위에 좌우로 회절강도의 변화가 나타났다. TEM으로서는 a-c 계면에서 나타나는 결함이외의 결함을 확인할 수 없었으나, 로킹커브의 simulation을 통하여 이온주입층내에 다수의 격자변형층(strained layer)을 확인할 수 있었다. 즉, a-c 계면상에 나타나는 전위루프에 의해 격자상수가 증가한 층, P 원자만이 주입되어 격자상수가 감소한 변형층, 그리고 recoil-implanted oxygen의 영향을 받은 최외각 표면층에서는 격자상수가 증가한 변형층이 나타났다. 따라서 전위루프와 산소의 영향으로 형성된 결함은 침입형 형태(interstitial type)로 존재하고 있음을 알 수 있다.

1. M. Tamura, N. Natsuaki, M. Miyao and T. Tokuyama: *Ion Implantation in Semiconductors 1976*, F. Chernow, J.A. Borders and D.K. Brice (Eds.), Plenum Press, New York, 391 (1977)
2. F. Cembali, A.M. Mazzone and M. Servidori: *Radiation Effects Letters*, **87**, 83 (1985)