

CZ 실리콘에서 산소 석출 현상에 대한 모델링 및 시뮬레이션 Modeling and Simulation of Oxygen Precipitation in CZ Silicon

고봉균, 최성욱, 정홍일, 박재근
한양대학교 첨단반도체소재/소자개발연구소

CZ법으로 성장된 실리콘 결정에는 산소 원자가 상당히 많이($10^{17} \sim 10^{18} 1/\text{cm}^3$) 존재하고 있으며 공정에 있어 중요한 여러 가지 역할을 하게 된다. 이때의 산소 농도는 일반적인 VLSI/ULSI 공정시 인가되는 온도에서의 용해도보다도 훨씬 높게 되어 과포화 상태로 존재하게 되어 여러 가지 형태의 실리콘산화물(SiO_x)을 유발하게 되는데 이를 산소 석출물이라고 한다. 본 논문에서는 CZ 방법으로 성장된 실리콘에서 열처리 공정에서 생성되는 산소 석출물의 성장 및 감소에 대한 현상을 물리적으로 모델링하고 이를 수치해석 방법을 이용하여 시뮬레이션을 행하였다. 먼저 확산 제한 성장 법칙과 DBET(Detailed Balance Equilibrium Theory)를 이용하여 새롭게 성장률과 감소율을 유도하였고, 유도한 수식을 CREs와 FPE이 결합된 식에 적용하였다. 또한 좀 더 정확한 해석을 위하여 표면에서의 조건, 즉 분위기 가스의 영향을 고려할 수 있도록 산소 분위기에서는 산화막 성장 모델과 산소의 용해도 증가의 영향을 도입하였다. 그림 1과 그림 2에서 보는 바와 같이 시뮬레이션을 통하여 실험결과와 비교함으로써 본 모델의 타당성 및 유용함을 입증하였다. 현재 상용 공정 시뮬레이터에서는 산소 석출물에 대해서 전혀 고려하고 있지 않다. 하지만 결합의 생성에 의해 누설 전류의 영향, 다른 불순물들의 비정상적인 확산 현상, 산소 석출물뿐만 아니라 매우 높게 도핑된 불순물의 석출물 생성등을 규명하기 위해서는 좀더 이 분야에 대한 깊은 연구와 공정 시뮬레이터에 포함되어야 한다고 생각된다.

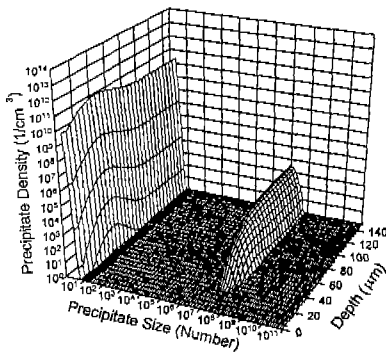


그림 1. HI-LO-HI 어닐링 1100°C(16시간, N₂)+
650°C(16시간, N₂)+1000°C(16시간, O₂)후
산소석출물의 깊이/크기에 따른 분포

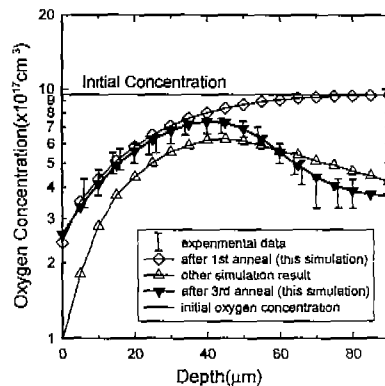


그림 2. HI-LO-HI 어닐링 1100°C(16시간, N₂)+
650°C(16시간, N₂)+1000°C(16시간, O₂)후
격자간 산소 농도의 깊이에 따른 분포

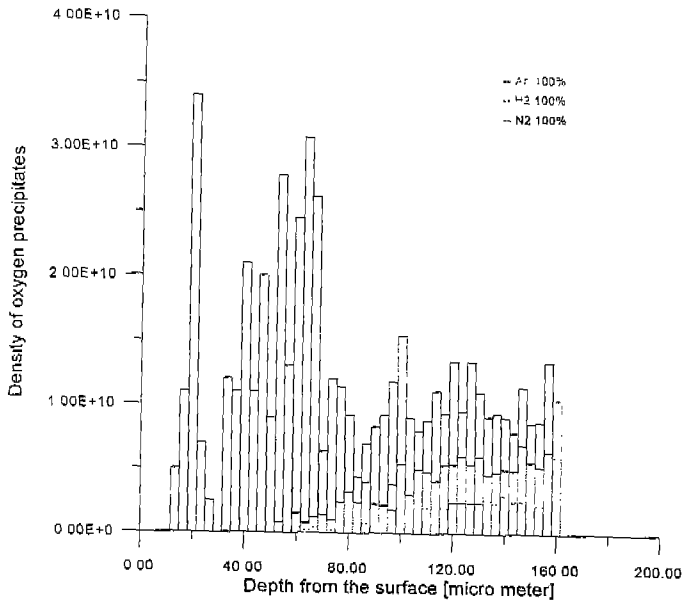


그림1. 산소석출물 형성에 RTA 가스분위기 효과

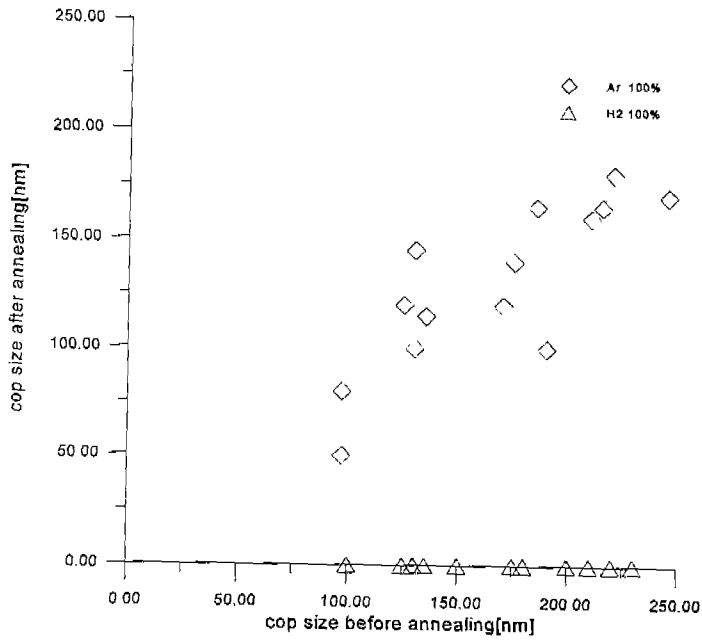


그림2. RTA 가스분위기에 대한 표면 결함 morphology 변화에 대한 효과