

LPCVD 다결정 실리콘 박막의 SSIC (seed selection through ion channeling)공정에 관한 연구

(A Study on SSIC (seed selection through ion channeling)
Processings of LPCVD Polycrystalline Silicon Films)

홍익대학교 금속·재료공학과

황의훈 정세진 노재상

다결정 실리콘 TFT의 소자구동영역에서의 입계는 전하유동자의 scattering center로 작용하여 소자의 전기적인 성질을 저하시킨다. 빠른 전하 이동도를 갖기 위하여 결정립 크기를 조대화 해야 하고 소자의 집적도가 증가함에 따라 결정립의 균일성 및 배향성 또한 중요하게 부각되고 있다. 이러한 관점에서 결정립 크기를 증가시키고 아울러 결정립의 uniformity를 향상시키는 기술이 개발되었다. 소위 seed selection through ion channeling (SSIC)이라 하는데 Reif 등에 의해 처음으로 연구 개발된 이 기술의 특징은 다결정 박막 증착후 이온주입을 하기 때문에 특정한 결정립에서 채널링 현상이 일어나는데 있다. 열처리시 채널링이 일어난 결정립은 핵 생성의 seed로 작용하여 매우 강한 집합조직을 갖는 조대한 다결정 실리콘 박막이 제조될 수 있다는 것이다. 본 연구에서는 LPCVD법으로 Si₂H₆를 이용하여 다결정 실리콘 박막을 증착한 후 자기 이온주입된 다결정 실리콘 박막의 결정화 거동을 조사하였다.

실험에 사용된 저압화학증착기는 lamp heating에 의한 cold wall system이며 load lock을 구비하여 반응기의 오염도를 최소화 할 수 있고 연속증착이 가능한 장비이다. Si₂H₆를 사용하여 610°C, 0.02Torr(P_{SiH₄}=0.0174Torr, P_{H₂}=0.0026Torr)의 증착조건에서 1000Å 증착된 다결정 실리콘 박막에 이온 에너지 : 50 keV, 조사량 : 1×10¹⁴/cm²~2×10¹⁵/cm²의 조건으로 자기이온 주입을 실시하였다. 이온 주입 조건 설정을 위하여 Monte-Carlo technique을 사용한 TRIM code simulation이 수행되었는데 설정된 50 keV는 1000Å 실리콘 박막의 중간에 최대 손상층을 만들 수 있는 에너지 조건이다. 이온 주입된 다결정 실리콘 박막은 관상로에서 600°C, 47시간 동안 결정화 처리하였다. 증착된 다결정 실리콘 박막과 이온 주입 후의 박막, 이온주입후 열처리에 따른 박막 각각의 집합조직을 관찰하기 위하여 θ -2 θ XRD 분석을 하였고 특정 결정립의 배향성을 관찰하기 위하여 pole figure 분석을 하였다. 또한 결정립의 절대 크기 분석 및 결정화 상태 분석을 위하여 TEM관찰을 하였다.

Si₂H₆가스를 사용하여 610°C, 0.02Torr의 증착조건에서 1000Å 증착된 다결정 실리콘 박막은 약 700Å 정도의 미세한 결정립으로 대부분 (220) 집합조직을 나타내었다. 이러한 (220) 결정립들은 박막에 수직한 방향과 최대 20° 정도의 편차를 가지고 배향되어 있음을 pole figure 분석을 통하여 알 수 있었다. 이러한 배향성을 갖는 다결정 실리콘 박막표면에 수직한 방향으로 이온 주입을 실시하였다. 박막의 중간에 최대 손상을 줄 수 있는 50 keV의 주입에너지에서 1×10¹⁴/cm²~2×10¹⁵/cm²의 조사량 증가에 따른 박막 내부의 결정립의 방사손상정도의 변화와 후열처리를 통한 결정립의 배향성을 pole figure 분석한 결과 세가지의 조사량 영역을 관찰 할 수 있었다. 이온주입효과가 거의 나타나지 않는 저조사량 영역과 SSIC효과가 잘 나타나는 중조사량 영역, 마지막으로 박막이 완전히 비정질화되어 후 열처리시 (111)을 우선방위로 하는 다결정 실리콘이 제조되는 고조사량 영역이 있었다. 1×10¹⁴/cm²~5×10¹⁴/cm²의 저조사량으로 이온주입된 다결정 실리콘 박막을 600°C, 47시간 열처리한 결과 as-deposited상태의 다결정 실리콘과 거의 유사한 결정립 크기를 갖고 있음을 XRD 및 TEM관찰을 통하여 확인할 수 있었다. 즉 다결정 실리콘 박막 내부의 대부분의 결정립들이 이온주입에 의해 손상되지 않았다는 것을 의미한다. 8×10¹⁴/cm²~1.2×10¹⁵/cm²의 중조사량으로 이온주입한 시편들을 열처리한 결과 대부분의 결정립들은 모재표면에 수직하게 잘 배향되어 있는 조대한 (220) 결정립들로서 SSIC효과가 가장 잘 나타난 조사량영역임을 알 수 있었다. 이는 박막 내부의 대부분의 결정립이 이온주입으로 인해 손상되지만 모재표면에 수직하게 놓여 있는 (220) 결정립들중 채널링을 허용한 결정립들만이 열처리시 성장의 seed로 작용한 결과라 판단된다. 한편 1.2×10¹⁵/cm²이상의 고조사량으로 이온주입된 다결정 실리콘 박막의 열처리 결과 pole figure 분석시 모재표면에 수직하게 배향된 (220)결정립을 발견할 수 없었다. 그러나 XRD 분석 결과 강한 (111)집합조직을 갖고 있음을 알 수 있었고 이는 TEM을 통하여 확인할 수 있었다. 이는 조사량이 증가함에 따라 다결정 실리콘 박막은 완전히 비정질화되어 후열처리시 새로운 핵 생성 및 성장의 고상결정화 기구를 통하여 배향성 없는 조대한 (111)결정립을 우선방위로 하는 다결정 실리콘 박막이 제조된 결과라 판단된다.