

실리콘 Selective Epitaxial Growth에서의 Facet과 결정 결함 및 전기적 특성

삼성전자 신유균, 배대륙, °한민석, 박영욱, 이정규
한양대학교 백수현

1. 서 론

MOS 트랜지스터의 소자분리기술에 있어 소자분리 영역의 면적증가는 집적도를 높이는 데 큰 장애 요인으로 등장하고 있다. 이를 극복하기 위한 방법중의 하나로 SEG (Selective Epitaxial Growth) 기술이 있다.

SEG는 실리콘이 산화막 위에서는 성장하지 않고 실리콘이 노출된 부위에서만 에피층을 이루며 성장시키는 기술이다. SEG는 소자분리 영역의 면적을 줄일 수 있어 고집적화에 유리하나, 산화막 근처에서 실리콘 에피층에 {311} Facet가 나타나 소자영역의 면적감소를 일으키며 산화막과 에피층 계면에 결정결합이 생성되어 전기적 특성 악화를 초래한다.

본 연구에서는 {311} Facet와 결정 결함의 생성기구를 제시하고 공정조건에 따른 이들의 변화를 관찰 하였다.

2. 실험방법

P형의 실리콘 기판위에 열산화막을 0.5 μ m 성장시킨 후 사진 노광작업 및 RIE (Reactive Ion Etching) 방식으로 산화막을 식각하여 실리콘을 노출 시켰다. HF 용액으로 세정을 실시한 후 RF 가열 방식인 Vertical Pancake Reactor를 이용하여 SEG 공정을 진행하였다. SEG 공정은 우선 920 $^{\circ}$ C, H₂ 분위기에서 PRE-BAKE를 진행한 후, 온도 850 $^{\circ}$ C - 890 $^{\circ}$ C H₂-SiH₂Cl₂-HCl 가스계에서 에피층을 성장시켰다.

공정압력과 H₂ 유량은 각각 80torr, 200slm을 고정시키고 SiH₂Cl₂과 HCl 유량은 각각 0.3 - 0.6slm, 0.6 - 1.5 slm 범위에서 진행하였다. 광학현미경, 주사전자현미경, 투과전자현미경을 이용하여 각 공정 조건에서 {311} Facet과 결정 결함을 관찰하였다. SEG로 형성한 에피층에 N⁺/P 접합을 형성하여 누설전류 특성을 관찰하였다.

3. 실험결과 및 고찰

1) {311} Facet과 생성기구

{311} Facet은 측면의 방향이 <110>인 산화막과 평행하게 나타났다. 실리콘 에피층 성장은 표면에 존재 하는 Hollow Bridge Site에 실리콘이 붙으면서 이루어지는데 면에 따라 Hollow Bridge Site 위치 및 밀도가 다르다.

{311}면은 {110}면 성분과 {111}면 성분을 가지므로 {311}면의 성장은 이들면의 표면 성질과 관련이 있다.

{100}면은 두개의 표면층 원자사이에 하나의 Hollow Bridge Site가 있으며 이 위에 실리콘 원자가 붙음으로써 성장한다. {111}면은 {100}면과는 다르게 표면에는 Hollow Bridge Site가 없고 두번째층 원자사이와 첫번째 층과 세번째층 원자사이에 Hollow Bridge Site가 존재하고 이 위치에 원자가 붙음으로써 성장하여 그 속도는 {100}면에 비하여 느리다.

{100}면과 {111}면의 차이를 고려할 때 {311} Facet 생성기구는 산화막 근처의 Hollow Bridge Site에 실리콘 원자가 붙지 못한 상태에서 A, B, C 위치에 실리콘 원자가 연속적으로 붙어 {111}면이 핵생성 되어 성장하여 {111} Facet이 생성되어야 하지만, SEG의 경우, 에피층이 성장을 계속하면서 {111} Facet은 나타나지 않고 <110> 정대축에 속하는 면 중에서 성장속도가 {111}면 다음으로 느린 {311}면이 Facet으로 나타난다.

2) 결정 결함과 생성기구

산화막 근처 에피층의 표면을 주사전자현미경으로 관찰한 결과, 피라미드 모양의 결함이 관찰되었다. 이를 투과 전자현미경으로 관찰한 결과, 여러층의 면결합이 산화막과 에피층 계면에서 생성되어 에피층 성장과 함께 성장한 것으로 판단된다. 결함부위의 Lattice Image를 관찰한 결과, 면 결함은 쌍정이며 이때 쌍정면은 실리콘 {111}면임을 알 수 있었다. 쌍정이 산화막과 에피층 계면에서 생성된 것으로 보아 SEG에서 쌍정은 산화막

의 표면성질과 관계가 있을 것으로 판단된다. RIE 방식으로 식각한 산화막의 측면을 주사전자 현미경으로 관찰한 결과, 산화막 표면이 매우 거친 것을 알 수 있었다. SEG로 에피층을 성장시킬 때 산화막과 에피층 계면에서 쌍정이 생성되는 이유는 산화막의 에칭 표면이 거칠게 될때, 실리콘 원자의 정상적인 위치에 붙는 것이 방해받을 때 쌍정이 생성되고 에피층의 성장과 함께 실리콘 원자도 쌍정의 위치에서 성장하는 것으로 판단된다.

3) 공정조건에 따른 Facet와 결합 밀도및 전기적 특성 변화

Hcl 유량이 증가함에 따라 Facet의 크기는 증가하고 결합밀도는 감소하였다. SEG에서 Hcl 가스가 실리콘을 식각하는 작용을 하는데 Hcl 유량이 증가하면 실리콘의 식각이 많이 일어나므로 {111}면의 핵생성속도가 감소하며 이에 따라 {311}면의 성장속도가 감소하여 Facet 크기가 증가한 것으로 판단 된다. 쌍정밀도의 감소는 정상적인 위치의 원자보다 높은 에너지 상태에 있는 원자가 우선적으로 Hcl 가스에 의해 식각되어 나타난 결과로 판단 된다. 에피층과 산화막 계면에서 생성되는 결정 결합은 에피층에 형성된 소자의 전기적 특성을 악화시킨다. Hcl 유량이 증가함에 따라 누설 전류가 감소 하였다.

4. 결 론

- 1) {311} FACET 생성은 Hollow Bridge Site에 실리콘 원자가 붙어서 에피층이 성장할때 산화막에 의해 방해를 받기 때문이다.
- 2) 산화막과 에피층 계면에서 생성되는 결정 결합은 쌍정이며 산화막의 표면의 거침에 의해 생성된다.
- 3) Hcl 유량이 증가함에 따라 Facet 크기는 증가하였으며 이는 Hcl 가스가 실리콘을 식각하여 {111}면의 핵생성 속도를 늦추기 때문이며 이에 따라 {311}면의 성장속도가 감소하기 때문이다.
- 4) 쌍정밀도와 N+/P 접합 누설전류는 Hcl 유량이 증가함에 따라 감소하며 이로부터 산화막과 에피층 계면의 쌍정이 SEG 전기적 특성 악화의 요인중 하나로 된다.

5. 참고문헌

- 1) N. Endo, K. Tanno, A. Ishitani, Y. Kurogi, and H. Tsuya, IEEE Int. Electron Devices Meeting Tech. Dig. Papers, 387(1981)
- 2) N. Endo, N. Kasai, A. Ishitani, H. Kitajima, and Y. Kukogi, IEEE Trans. on Electron Devices, ED-33(11), 1659(1986)
- 3) N. Kasai, N. Endo, A. Ishitani, and H. Kitajima, IEEE Trans. on Electron Devices, ED-34(6), 1331(1987)
- 4) C.I. Drowlfy, G.A. Reid, and R. Hull, Appl. Phys. Lett., 52(7), 546(1988)
- 5) H. Kitajima, Y. Fujimoto, N. Kasai, A. Ishitani, and N. Endo, Journal of Crystal Growth 98, 264(1989)
- 6) M.C. Arst, K.N. Ritz, S. Redlcar, J.O. Borland, J. Hann, and J.T. Chen, J. Mater. Res., 6(4), 784(1991)
- 7) A. Ishitani, N. Endo, H. Kitajima, and N. Kasai, : Proc. 10th Int. Conf. on Chemical Vapor Deposition (The electrochemical Soc. Inc., Pennington,NJ,1987) 355
- 8) L. Jaskrzebski, Journal of Crystal Growth, 63, 493(1983)