

[II-2]

Solid-Source Molecular Beam Epitaxy 를 이용한 $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ 박막 성장시 Si^+ 및 Ge^+ 이온의 효과 연구

윤 선진, 이 승창, 김 경수, 박 신종
한국전자통신연구소 반도체연구단

Si와 Ge의 격자상수는 약 4.2%의 부정합을 가지므로 $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ 박막을 Si(100) 기판위에 성장시킬 경우 주로 3차원적 성장 모드를 따르게 된다. 이러한 경향은 특히 Ge 몰농도가 높을수록 성장온도가 높을수록 두드러진다. 3차원적 성장은 성장박막 표면 거칠도를 유발하고 또한 박막내 결함생성의 주요 원인이 된다. 그래서 3차원적 성장모드를 억제하기위한 많은 연구가 수행되고 있는데, 이들 중 partially ionized beam epitaxy, ion-assisted molecular beam epitaxy 등과 같이 하전입자를 이용한 성장법의 경우 격자 부정합을 가지는 이종단결정성장(heteroepitaxy)시 3차원적 성장 모드를 크게 억제하여 표면 평탄도를 개선하고 결함을 감소시키는 장점이 있는 것으로 보고되고 있다.

Solid-source molecular beam epitaxy (SSMBE)에서는 전자빔용융장치로 고상재료를 녹일 때 증기상태의 원자들과 일차전자들과의 충돌에 의해 소량의 이온들이 생성된다. 본 연구에서는 SSMBE을 이용한 $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ 박막성장과정중 전자빔용융에 의해 생성되는 하전입자, 즉 Si^+ 및 Ge^+ 이온들을 Si(100) 기판에 (-) 또는 (+) 전압을 가함으로써 기판을 향해 가속시키거나 반발시켜서 박막 특성에 미치는 영향을 관찰하였다. 그리고 가속효과의 몰농도 및 성장온도에 대한 의존성을 연구하였다.

$\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ 박막의 성장은 3차원적 성장이 주성장모드인 조건 범위 (Ge 몰농도 0.3 이상, 성장온도 $620^\circ\text{C} - 750^\circ\text{C}$) 내에서 수행하였으며, 기판에 가한 전압의 크기는 (-)2.0kV - (+)1.5kV 범위였다. 박막의 표면특성은 reflection high energy electron diffraction과 scanning electron microscopy 를 사용하여 관찰하였으며, He^+ -ion channeling 방법으로 박막 결정성을 분석하였다.

이상의 실험 결과 박막표면 평탄도는 (-)전압을 가한 경우가 전압을 가하지 않거나 (+)전압의 경우보다 크게 개선되는 것을 확인하였다. He^+ -ion channeling 결과 박막의 결정성도 마찬가지로의 경향을 보여줌을 알 수 있었다. 이러한 개선효과는 가속된 이온들이 기판에 입사하여 3차원적 성장 특성을 다소 억제하고 island 들의 coalescence를 촉진함으로써 나타나는 것으로 판단된다. 그리고 (+)전압을 가하여 (+)이온들을 기판표면으로부터 반발시킨 경우는 전압을 전혀 가하지 않은 경우에 비해 박막 특성이 저하되었는데, 이 결과는 Si^+ 및 Ge^+ 이온들이 가속되지 않더라도 박막 특성을 개선하는데 어느 정도 기여함을 보여주는 것이라 할 수 있다.