

Low-temperature epitaxial Ge layer growth on Si(100) substrate

신건욱, 김현우, 윤의준†
서울대학교 재료공학부
(eyoon@snu.ac.kr†)

Si wafer 위에 성장한 Ge 은 Si 기반의 기술과의 호환성과 근적외선 파장에서의 높은 흡수율로 인해 기존의 화합물 반도체를 이용한 근적외선 광검출기를 대체할 물질로 각광받고 있다. 하지만 Ge 과 Si 의 4% 에 이르는 격자 상수 차이에 의해, 고품질의 Ge 층을 성장시키는 데에는 많은 문제점이 있다. 이를 극복하기 위하여 최근 저온 성장한 Ge 층을 완충층으로 사용하여 그 위에 고온에서 고품질의 Ge 활성층을 성장하는 two-step 성장방법이 대두되었다. 이 방법을 사용하여 얇은 완충막을 이용한 낮은 표면 거칠기와 전위밀도를 갖는 Ge 에피막의 성장이 가능하다. 이러한 two-step 성장은 완충층의 품질에 따라 고온 활성층의 품질이 결정될 것으로 보이며 이번 연구에서는 Ge 성장온도와 압력을 조절하여 성장 거동을 이해하고, 이를 바탕으로 two-step 성장에 이용가능한 최적의 저온 완충층을 성장하였다.

Ge 박막은 초고진공화학기상증착법을 이용하여 성장하였으며 성장온도는 300 ~ 500 °C , 성장압력은 0.34 mTorr, 1.7 mTorr, 3.4 mTorr, 17 mTorr로 변화를 주어 실험을 진행하였다. 성장 초기에 Ge 은 Si 과의 격자상수 차이에 의하여 아일랜드 형태의 성장을 보이고, 원자현미경과 주사전자현미경을 이용하여 표면과 단면을 관찰한 결과, 성장온도가 높아짐에 따라 아일랜드 직경과 높이가 증가하고, 밀도가 지수함수적으로 감소하는 것을 관찰 할 수 있다. 300 °C 에서 성장하였을 경우 아일랜드의 형성이 보이지 않고, 이차원적인 성장이 이루어졌다. 원자현미경으로 관찰한 RMS 거칠기는 2.35 nm로 아일랜드가 존재할 때에 비하여 크게 낮아진 것을 볼 수 있으며, threading 전위와 아일랜드의 병합에 의한 pit 을 제외하면 그 값이 더 작아진다. 이는 온도 감소에 따른 표면에서의 원자의 이동도 저하에 의하여 여러 곳에서 핵생성이 일어나기 때문이며, 300 °C 의 저온에서는 다량의 아일랜드의 병합에 의하여 얇은 두께에서도 2차원적인 성장이 가능하였다.

또한 300 °C 로 성장온도를 고정하고 0.34 mTorr ~ 17 mTorr 로 성장 압력을 변화시켜가며 진행한 실험에서 성장압력이 증가할수록 RMS 거칠기가 줄어들다가 일정 압력 이상에서 다시 늘어나는 결과를 얻었으며 1.7 mTorr에서 가장 평평한 막을 얻을 수 있었다. 따라서 300 °C 의 저온에서 성장 압력을 조절함으로써 최적화된 Ge 완충층의 성장이 가능할 것임을 알 수 있었다.

Keywords: Germanium, ultrahigh vacuum chemical vapor deposition

광추출 효율 개선을 위한 p-GaN roughening 에피 성장

진정근†, 정태훈, 백종협
한국광기술원
(achatest@kopti.re.kr†)

질화물계 LED에 주로 사용되는 GaN는 육방정(Wurtzite) 구조를 갖는 재료로서 사파이어 기판과의 큰 격자 부정합과 열팽창 계수의 차이로 인하여 근본적으로 에피 결함을 완전히 제거하는 것은 불가능하다. 이러한 사파이어 기판은 부도체이면서 열전도도가 낮아서 고출력 LED 제작을 위해서는 적절한 공정과 패키지 기술이 추가로 필요하여 비용이 상승하게 된다. 따라서, 중저가형 고휘도 LED 기술을 개발하기 위한 기술 경쟁이 치열해 지고 있는 실정이다.

일반적으로 비평면층을 형성시켜 광추출 효율을 증가 시키는 방법으로는 펌 공정에 의한 roughening 방법과 에피 성장에 의한 roughening 방법이 있는데, 본 연구에서는 에피 성장 중에 Ga, Mg 및 NH3의 유량의 변화와 기타 성장 조건의 변화를 통하여 고온에서 p-GaN 표면에 bump 형태의 비평면층을 형성시켜 광추출 효율을 향상시키고자 한다.

Keywords: p-GaN, roughening, MOCVD