

패턴 사파이어 기판 위에 AlN 중간층을 이용한 GaN 에피성장

김남현¹, 이진훈¹, 박성현¹, 김종학¹, 김민화¹, 유덕재¹, 문대영¹, 윤의준^{1,3,4},
여환국², 문영부², 시상기²

¹서울대학교 재료공학부, ²THELEDS Co., Ltd, ³서울대학교 융합기술과학대학원 나노융합학과,
⁴서울대학교 재료공학부 WCU하이브리드 재료전공

3족 질화물계 물질은 발광 다이오드와 같은 광전자 소자 적용에 있어서 매우 우수한 물질이다. 일반적으로, GaN 에피 성장에 있어서 저온 중간층을 삽입한 2 단계 성장 방법은 낮은 결함밀도와 균일한 표면을 얻기 위해 도입된 기술이다. 특히 AlN 중간층은 GaN 중간층과 비교하였을 때 결정성뿐만 아니라 높은 온도에서의 열적 안정성, GaN 기반의 자외선 검출기서의 빛 흡수 감소 등의 장점을 가지고 있다. 또한 패턴 사파이어 기판 위 GaN 에피성장은 측면성장효과를 통해 결함밀도 감소와 광추출 효율을 향상시키는 것으로 알려져 있다. 또한 열응력으로 인한 기판의 휨 현상은 박막 성장 중 기판의 온도 분포를 불균일하게 만드는 원인이 되며 이는 결국 박막 조성 및 결정성의 열화를 유도하게 되고 최종적으로 소자 특성을 떨어뜨리는 원인이 되는데 AlN 중간층의 도입으로 이것을 완화시킬 수 있는 효과가 있다. 하지만, AlN 중간층이 패턴 된 기판 위에 성장 시킨 GaN 에피층에 미치는 영향은 명확하지 않다.

본 연구팀은 일반적인 c-plane 사파이어 기판과 플라즈마 건식 에칭을 통한 렌즈 모양의 패턴 된 사파이어 기판을 이용해서 AlN 중간층과 GaN 에피층을 유기금속 화학기상증착법으로 성장하였다. 특히, 렌즈 모양의 패턴 된 사파이어 기판은 패턴 모양과 패턴 밀도가 성장에 미치는 영향을 연구하기 위해 두 가지 패턴의 사파이어 기판을 이용하였다. AlN 중간층 두께를 조절함으로써 최적화된 GaN 에피층을 90 분까지 4 단계로 시간 변화를 주어 성장 양상을 관찰한 결과, GaN 에피 박막의 성장은 패턴 기판의 trench 부분에서 시작하여 기판의 패턴 부분을 덮는 측면성장을 보이고 있다. 또한 TEM과 CL을 통해 GaN 에피 박막의 관통전위를 분석해 본 결과 측면성장과정에서 성장방향을 따라 옆으로 휘게 됨으로 표면까지 도달하는 결정결함의 수가 획기적으로 줄어드는 것을 확인함으로써 고품질의 GaN 에피층을 성장시킬 수 있었다. 그리고 패턴 밀도가 높고 모양이 불룩할수록 측면성장 효과로 인한 결정성 향상과 난반사 증가를 통한 임계각 증가로 광추출 효율이 향상 되는 것을 확인할 수 있었다. 이러한 결과를 바탕으로 최적화된 AlN 중간층을 이용하여 패턴 기판 위에서 고품질의 GaN 에피층을 성장시킬 수 있었다.