

Sapphire위에 증착된 단결정 GaN 성장메커니즘에 관한 연구

양민호, 이정욱, 유지범, 양철웅
성균관대학교 금속·재료공학부

Wide bandgap을 특성으로 하는 3-5족 화합물 반도체의 하나인 GaN은 자외선 영역대의 빛을 발하는 물질로 이미 차세대 LD, LED 소자로 쓰이고 있다. 용융 단결정 성장의 어려움으로 GaAs계와 같은 CVD의 증착법으로 현재 여러 곳에서 2인치 사파이어 기판위에 균일한 경면의 GaN이 생산되고 있다. 이러한 GaN의 성장기구에 관한 연구는 현재까지 Akasaki의 것이 널리 사용되고 있으며, GaN성장 초기상태(즉 fault zone) 연구의 심화를 통해 보다 더 명확한 성장기구가 제시되어야 한다. 성장초기상태의 결정학적, 형태학적 해석은 TEM을 통해 이루어지며, 결합들이 밀집된 fault zone내의 미세결정들의 형태는 특히 고분해능 관찰로 가시화할 수 있다.

Sapphire는 Wurtzite structure로 GaN과 동일한 결정구조를 가진 물질로 둘 사이의 lattice mismatch(GaN(0001)//Sapphire(0001))는 13%이다. Akasaki가 사용한 AlN완충층은 lattice mismatch 감소, seed site 제공을 위해 Sapphire 기판위 600°C magnetron sputtering으로 약 50Å 두께까지 증착되어 amorphous와 poly crystal의 중간형태를 띠고 있다. 이 위에 올려진 GaN column들은 geometry selection, 최저 계면에너지 실현을 위해 기판(0001)에 수직인 (0001)면으로 성장한다. 결정방향의 일치성 때문에 모든 column들은 병합되며 이때의 grain boundary는 단결정 내에 존재하는 전위정도의 수준으로 치부할 수 있을 만큼 현저히 감소한다. 이러한 성장기구를 그림1에 나타내었다.

현재 GaN 결정성은 공정조건의 개선으로 대단히 향상되어 있다. HVPE로 약 $10^4/\text{cm}^2$ 까지의 GaN기판이 생산되고 있는 상황이다. 따라서 AlN등 완충층 근처의 GaN 형태 또한 1986년 Akasaki의 것과 차이가 있고 그 형태는 성장에 따른 '점차적인 개선'이 아닌 초기상태부터 '완성된 단결정과 그 성장'이다.

본 연구는 완충층의 역할을 재고하기 위한 것으로 CVD로 성장시킨 GaN(0001)/LT-GaN/Sapphire(0001)과 GaN(0001)/bare-Sapphire(0001)의 두 시편을 비교

관찰한것이다. GaN(0001)/LT-GaN/Sapphire(0001)에서 LT-GaN은 poly crystal의 형태를 띄고 있다. 그 위로 GaN column들이 grain boundary를 이루며 수직 성장하였다. HR image이나 DF image에서 LT-GaN 바로 위의, 결정방향이 다른 nano-crystal은 드물게 존재하며 GaN column들은 처음부터 일정한 방향으로 정렬되어 있는 것을 관찰할 수 있었다. trapezoidal pyramid 또한 보이지 않고 따라서 fault zone, transition region은 이 시편에 해당되지 않는 성장 절차이다. 완충층에 관해서는 LT-GaN grain들이 단결정을 기대할 수 없을 만큼 서로 다른 방향을 향하고 있다.

한편 GaN(0001)/bare-Sapphire(0001)는 LT-GaN 완충층을 썼을 때와 결정결합의 차이를 제외하고는 동일한 형태이다.

완충층이 GaN의 결정성을 향상시키는 것은 효과가 있다고 판단된다. fault zone, transition region 각각의 면에서 Akasaki의 성장기구는 의심이 소지가 많다. 이는 Sapphire-완충층-GaN으로 이어지는 방향성의 전이가 매개물을 통해야만 한다는 배경 탓으로 생각된다. 그러나 LT-GaN의 무방향성을 고려할 때 이 전이는 완충층인 LT-GaN을 넘어서 이루어진다고 보는 편이 더욱 이유있는 성장기구이다. 즉 완충층은 seed site와 lattice mismatch 보완 역할만 하고 있으며 단결정 성장의 필수조건인 방향성에 있어서는 GaN과 맞닿지 않은 - 매개물이 없는 - 상태의 단결정 Sapphire 영향 때문인 것으로 판단된다.

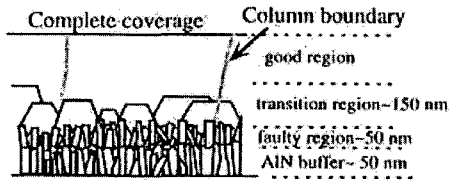


그림 1 Akasaki의 GaN성장기구

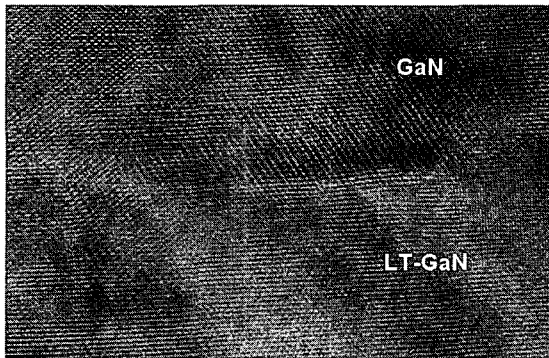


그림2 GaN(0001)/LT-GaN 계면 HR image.
LT-GaN위에 (0001)GaN column이 성장되고 있다.

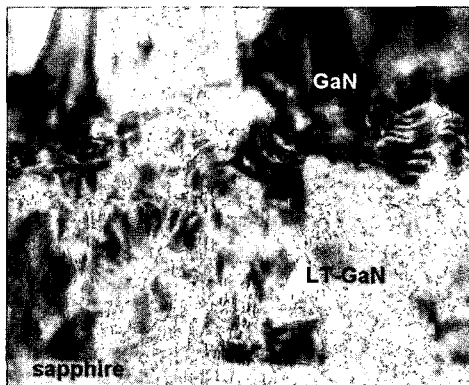


그림3 GaN/LT-GaN/Sapphire 계면의 DF image. LT-GaN의 결정방향 편차가 심하다.