

GaCl₃를 사용한 연속 증착 HVPE법에 의한 GaN 후막 성장

이수민, 김영훈, 정수진
서울대학교 재료공학부

GaN는 Wurzite 구조(공간군 P6₃mc, 상온에서 격자상수 $a = 3.189\text{\AA}$ $c = 5.185\text{\AA}$)를 가지는 질화물 반도체로서 가시광선의 청색 파장대에 해당하는 3.4 eV의 직접천이형 밴드갭을 가진다. 또한 완전 고용체를 형성하는 InN, AlN 등을 사용하여 조성을 조절하면 자유롭게 광원의 파장을 조절할 수 있는 이점을 가지고 있어서 현재 청색표시 및 발광소자재료로서 가장 각광 받고 있는 물질이다. 그러나 각종 광전 소자 제작에 있어서 GaN 박막 증착에 적절한 기판이 없다는 문제점이 아직까지는 남아 있다. 이러한 문제를 근본적으로 해결하기 위해 독립된 형태(free standing)의 GaN 기판을 얻고자 하는 시도가 계속되어 왔으며, 산업적 응용을 고려할 때 HVPE(Hydride Vapor Phase Epitaxy)법이 현재까지 가장 활발하게 연구되고 있다.

HVPE법을 이용한 GaN 후막증착의 경우에도 GaN 박막성장에 사용되었던 기술들을 채용하는 추세이며, 질화처리, 완충층성장 및 SAG(Selective Area Growth) 등의 방법들을 경쟁적으로 시도하고 있다. 하지만, 많은 연구자들은 아직도 MOCVD 또는 스퍼터링법 등으로 이미 완충층이 증착된 사파이어 기판을 사용하여 HVPE성장을 하는 것을 선호하고 있으며, 상대적으로 HVPE법 자체를 사용한 완충층 증착에 대해서는 보고된 바가 적은 것이 사실이다. 그러나 이러한 HVPE법에 의한 완충층 증착으로 GaN 기판 또는 후막 증착 공정이 간편해지고, 원료 등의 절감효과가 기대된다는 점에서 상당한 기술적인 의의가 있다.

본 연구에서는 수평형의 HVPE 장비를 자체 제작하여 GaN 후막성장을 시도하였으며, 전술한 대로 HVPE법을 사용한 완충층을 증착해 후막공정자체가 연속 공정이 될 수 있도록 하였다. 5족 원소로는 NH₃, 3족 원소로는 GaCl₃를 사용하여 실험의 재현성을 높였으며 이송가스로는 질소를 사용하였다. 다양한 조건에서 완충층을 증착하고, 증착 조건의 최적화를 위해 AFM, XRD을 이용하여 증착된 완충층의 결정화, 표면 거칠기 등을 관찰하였다. 완충층의 실제 후막성장온도에서의 변화를 예상하기 위해서 900℃ 열처리 후 냉각하여 다시 AFM과 XRD로 관찰하였다. 승온 중에 비정질이었던 GaN상이 결정화되는 것을 관찰하였고, 표면형상의 변화도 확인하였다. 표면형상과 결정화도의 변화로부터 완충층 증착 최적조건을 결정하였으며, 이를 기반으로 하여 HVPE 후막성장을 시도하였다. 500℃에서 70초간 완충층을 증착하였을 때 가장 우수한 후막이 증착됨을 확인하였다.