

고주파여기 MOVPE법으로 성장한 사파이어 기판위의 InN
단결정의 특성

(A study of InN single crystalline films on sapphire
substrates by microwave-excited MOVPE)

권혁주, 이용현, 三木 修*, 山野 博文*, 吉田 明*

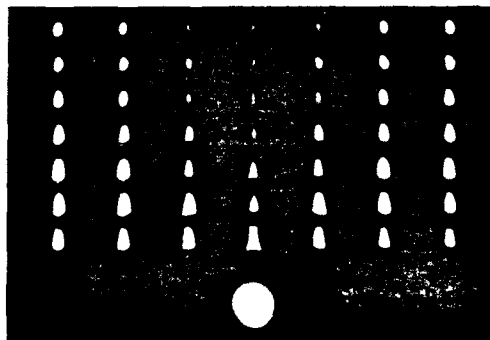
경북대학교 전자공학과, *日本 豊橋技術科學大學

Ⅲ족 질화물 반도체중에서 GaN, AlN 및 InN를 적당히 화합한 3원소화합물반도체는 직접천이형으로 그 에너지갭이 1.9~3.4eV ($\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$) 혹은 3.4~6.2eV ($\text{Ga}_x\text{Al}_{1-x}\text{N}$)이다. 특히 이 질화물반도체를 이용한 광소자는 가시광의 전영역의 빛을 낼 수 있으며 이에 대한 연구는 매우 활발히 진행중이다. GaN를 이용한 청색 LED는 시판이 되고 있으며 청색 laser도 시제품이 나오고 있다. 가시광 전영역의 광소자의 제조를 위해서는 InN 단결정의 성장이 이루어져야한다. InN는 해리온도가 낮기 때문에 단결정을 얻기가 매우 어려우며 좋은 결정성을 가지는 InN 단결정은 아직 얻어지지 않고 있다. 그러나 InN 단결정의 성장조건에 따른 연구를 통하여 보다 나은 단결정을 성장시킬 수 있다. 본 연구에서는 결정을 성장시키기 이전의 기판의 질화조건, 성장시의 온도, 고주파 전력 및 유기금속인 TMI와 질소의 유량비에 따른 단결정의 특성을 조사하였다.

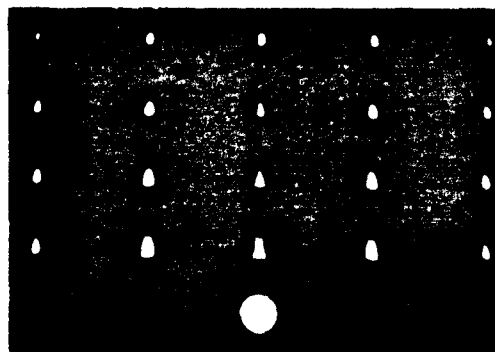
본 연구에서는 ME-MOVPE (microwave-excited metal-organic vapor phase epitaxy) 장치를 사용하여 InN 단결정을 성장시켰다. 사용된 Ⅲ족 및 V족원료는 TMI(tri-methyl-indium)와 질소를 각각 사용하였다. In의 원료가 되는 TMI는 17℃의 항온조에 넣어서 bubbler를 통하여 주입되고 사파이어 기판위에서 열분해(450~550℃)된다. 질소는 2.45GHz의 고주파로 해리된 후 기판위에서 In원소와 반응하여 InN 결정이 되게 한다. (0001) α -Al₂O₃ 기판은 Ti 서셉터 위에 놓고 IR-lamp를 사용하여 가열된다. 기판의 세척은 단결정 성장에 매우 큰 영향을 끼치는데 TCE, acetone, methanol에서 각각 5분씩 2회 세척한 후 H₂SO₄:H₃PO₄(3:1)에서 5분동안 세척한 후 chamber내에서 H₂ 분위기에서 720℃에서 20분동안 가열한 후 실험을 행하였다. RHEED 분석과 XRC 분석을 행하여 성장시의 조건에 따른 단결정의 특성을 비교하였다.

질화온도에 따른 결정성을 조사해본 결과 700℃까지는 그 결정성이 개선되었으나 700℃ 이상에서는 온도에 따른 변화를 뚜렷이 관찰할 수가 없었다. 질화처리시간에 따른 결정성은 10분에서 15분 사이에서 가장 좋은 특성을 보였다. 이는

질화처리 동안에 생기는 섬들(islands)의 분포가 최적화되는 조건으로 생각된다. 고주파 전력에 따른 특성을 조사해본 결과 150W에서 가장 좋은 단결정이 나타났다. 전력이 낮은 경우는 여기질소의 공급이 불충분하여 생기는 것으로 사료되며 전력이 높은 경우에는 고주파 전력의 손상에 의한 영향으로 생각된다. 질화시의 질소의 유량이 200sccm이었을 경우 성장막의 표면거칠기가 좋지않아서 RHEED 상에서 단결정은 나타났으나 streak상은 나타나지 않았고 100sccm이었을 경우는 streak상이 미약하게 나타났다. InN 성장시의 분위기압에 따른 성장특성을 조사해본 결과 1.0Torr에서는 450℃에서 성장한 경우가 결정성이 가장 양호하였으며 1.3Torr에서는 500℃에서 성장한 경우가 결정성이 가장 양호하였다. 이는 성장압력이 낮을수록 낮은 온도에서 성장막중의 질소의 해리가 생기기 쉽기때문으로 생각된다. 성장시 온도가 높은 경우에는 기관으로부터 질소의 해리에 의한 영향으로 결정성이 매우 나빠졌다. 그림 1은 최적질화조건에서 질화를 한 후 500℃에서 45분동안 1.3Torr 분위기에서 성장된 막의 전자빔의 입사방향에 따른 RHEED 사진을 나타낸 것이며 단결정임을 알 수 있다.



(a) $[10\bar{1}0]$ azimuth



(b) $[1\bar{2}10]$ azimuth

그림 1. InN 박막의 RHEED 사진