

GaN계 질화합물 반도체의 습식식각 연구

윤관기*, 이선대*, 이일형*, 최용석**, 유순재**, 이진구*

* 동국대학교 전자공학과, 서울, 100-715

** 선문대학교 전자공학과, 아산, 336-840

Studies on Chemical Wet Etching of GaN

K.K.Youn*, S.D.Lee*, I.H.Lee*, Y.S.Choi**, S.J.Yu**, J.K.Rhee*

* Dept. of Electronics Eng., Dongguk Univ.

** Dept. of Electronics Eng., Sunmoon Univ.

Abstract

In this paper, the etching studies for n-GaN were carried out using the wet chemical, the photo-enhanced-chemical, and the electro-chemical etching methods. The experimental results show that n-GaN is etched in diluted NaOH solution at room temperature and the etched thickness of n-GaN was linearly increased with mass of NaOH and electron concentrations. The etching rate of n-GaN with $n \approx 1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ was 104 Å/min by the photo-enhanced-chemical etching method. n-GaN samples with $n \approx 0.5 \sim 1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ were used to compare the photo-enhanced-chemical etching with the electro-chemical etching methods. The removed thickness was 680 Å/25min by the electro-chemical etching method and 784 Å/25min by the photo-enhanced-chemical etching method. The patterns are $100 \mu\text{m} \times 100 \mu\text{m}$ rectangulars covered with SiO_2 film. It is shown that the profile of etched side-wall of the pattern is vertical without dependance of the n-GaN orientations.

I. 서 론

GaN계 화합물 반도체는 고온 등의 극한 환경에서 안정된 동작특성을 갖기 때문에 자동차의 엔진 분야 및 우주항공 분야 등에 활용하기 위하여 전자소자 제작을 위한 연구가 활발하게 진행되고 있다.[1] 전자소자 제작을 위한 단위공정 중 식각공정은 매우 중요한 기술이다.[2] 그러나 GaN계 반도체는 화학 용액에 매우 안정적이며, 산성 수용액에 거의 식각되지 않은 것으로 알려져 있다.[3] 또한, 알칼리성 수용액에는 식각이 되지만 식각율이 매우 작고 식각면이 균일하지 않기 때문에 전자소자 제작시 패터닝공정에 이용하기가 어렵다.[4] 따라서 GaN계 재료의 식각기술은 대부분 RIE(Reactive Ion Etching), ECR(Electron Cyclotron Resonance), CAIBE(Chemically Assisted Ion Beam Etching) 및 MRIE(Magnetron Reactive Ion Etching) 등의 건식식각 기술이 주로 연구되어 왔다. 본 논문에서는 이러한 GaN계 재료의 식각 연구를 위하여 n-GaN 기판을 NaOH 수용액으로 식각하여 식각용액의 조성비 및 GaN 기판의 전자농도에 따른 식각율의 변화를 연구하였다. 또한, 광조사 및 인가된 전하량에 따른 식각율의 변화를 연구하였다. 선택적 식각을 위한 패터닝 재

료는 SiO₂ 유전막을 이용하였다. 식각된 n-GaN 식각면의 방향성, 계면 특성 및 평탄성을 연구하였다.

II. 광조사 및 전기 화학 습식식각

광조사 및 전기 화학 습식식각 실험에 사용된 n-GaN 에피 웨이퍼는 ECR-MBE를 이용하여 sapphire(1000) 기판 위에 성장시켰다. 성장된 GaN 기판의 전자이동도는 100 cm²/V·S를 얻었다. GaN 기판의 식각 패턴 재료는 SiO₂ 박막을 PECVD(Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition)로 2000 Å 적층하였다. SiO₂ 적층막 위에 PR을 도포한 후 패턴을 형성하여 buffered oxide HF 용액으로 SiO₂를 식각하여 패턴을 형성하였다. 최적의 광조사 화학 습식식각의 수용액 조성비를 얻기 위하여 NaOH : H₂O : H₂O₂ = x g : 20 cc : 5 cc의 조건에서 NaOH의 질량을 x = 1~8 g으로 변화시켜 NaOH 질량에 따른 n-GaN 기판의 식각율을 연구하였다. 또한, 광조사 화학 습식식각시 n-GaN 기판의 전자농도 변화에 따른 식각율 변화를 연구하기 위하여 전자농도가 5×10¹⁶, 1×10¹⁷ 및 1×10¹⁸ cm⁻³인 n-GaN 기판을 사용하였다. 광조사를 위한 광원으로는 수은램프를 사용하였다. 사용된 수은램프의 UV 파장은 250~600 nm이며 100 W의 출력을 갖는다.

NaOH 질량과 GaN 기판의 전자농도에 따른 n-GaN 기판의 식각율의 변화를 그림 1에 보였다. 그림 1에서 GaN 기판의 전자농도가 높을수록 식각율이 증가하였으며 NaOH의 질량이 증가할수록 식각율이 증가하다가 NaOH의 질량이 5~6 g 일 때 포화점을 보이고 다시 감소하는 결과를 볼 수 있었다. NaOH의 질량이 6 g이고 n-GaN 기판의 전자농도가 1×10¹⁸cm⁻³ 일 때 최고 104 Å/min의 식각율을 얻었다. 또한, NaOH의 질량이 5 g이고 n-GaN 기판의 전자농도가 1×10¹⁷ 일 때 식각율은 9.6 Å/min를 얻었으며, n-GaN 기판의 전자농도가 5×10¹⁶ 일 때 식각율은 5.5 Å/min의 결과를 얻었다. GaN 웨이퍼의 식각에 기여하는 물질은 NaOH가 주를 이루며, 불순물의 농도가 높아질수록 GaN내의 전자농도 증가와 불순물에 의한 결합으로 인해 식각이 잘 되는 것으로 사료된다.

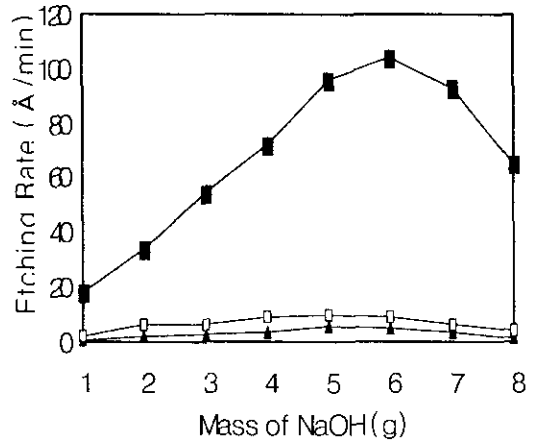


그림 1. GaN 도핑농도와 NaOH

질량에 따른 식각을 변화

(■ 1×10¹⁸ cm⁻³, □ 1×10¹⁷ cm⁻³, ▲ 5×10¹⁶ cm⁻³)

NaOH 수용액내의 시료에 광조사 및 전기 화학 습식식각의 식각조건에 따른 식각율의 변화를 연구하기 위하여 앞서 사용한 n-GaN 기판과는 다른 n-GaN 기판을 ECR-MBE로 성장시켜 사용하였다. 사용된 n-GaN 기판의 전자농도는 0.5~1×10¹⁹이다. 광조사 및 전기 화학 습식식각에 사용된 NaOH 수용액의 조성비는 NaOH : H₂O : H₂O₂ = 5 g : 20 cc : 5 cc를 사용하였다. 전기 화학 식각을 위한 전극은 흑연 및 Cu를 사용하였으며 5 V의 전압으로 0.2~0.5 A의 전류를 인가하여 식각을 실시하였다. 그림 2에서 식각 초기에는 광조사 화학 습식식각의 식각두께가 컸지만 10~15분 사이에서는 전기 화학 습식식각의 식각두께가 커짐을 알 수 있다. 또한, 식각시간이 20분 이상 경과하면 광조사 화학 습식식각의 식각두께가 전기 화학 습식식각 두께 보다 커짐을 알 수 있다. 광조사 화학 습식식각의 경우 25분 식각하여 680 Å의 식각두께를 얻었으며 전기 화학 습식식각의 경우 25분 식각하여 784 Å의 식각두께를 얻었다.

광조사 화학 습식식각 및 전기 화학 습식식각은 조사된 UV와 인가된 바이어스에 의해 GaN내의 전자들이 활성화 되어 식각율을 높이는데 기여한 것으로 사료된다.

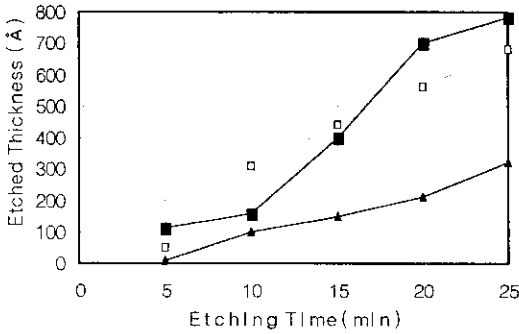
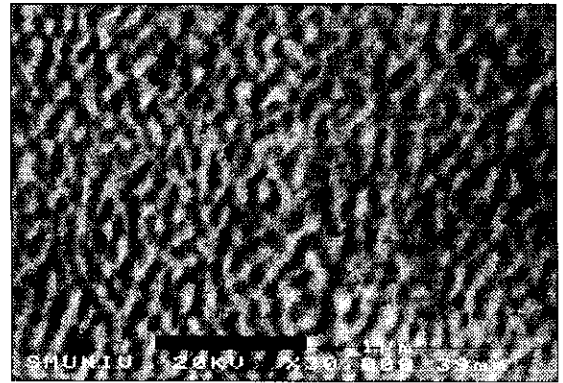


그림 2. 식각방법에 따른 식각두께의 변화
(□NaOH+Electric, ■NaOH+UV, ▲Only NaOH)

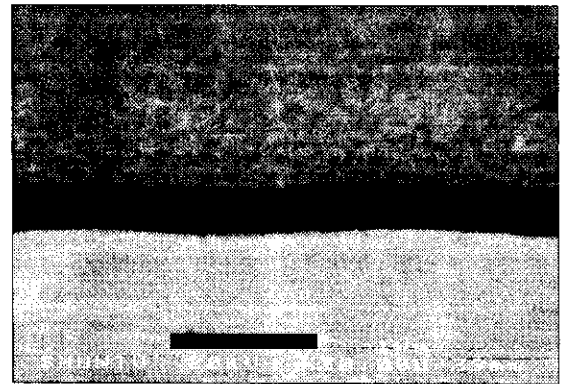
전자소자 제조공정에 적용 할 수 있는 습식 식각 공정은 식각 표면의 결함이 적고 균일성이 양호한 식각 상태가 요구된다. 본 논문에서 실시한 각종 습식 식각을 실제 공정에 적용할 수 있는지를 검증하기 위하여 식각계면 및 식각면의 균일성을 검토하였다. 그림 3(a)는 ECR-MBE로 성장된 n-GaN(1000) 표면 SEM 사진이며, 그림 3(b)에서 식각계면 상태는 약 3000 Å 정도 깊이의 식각된 면을 나타내는 데 계면이 수직에 가깝게 식각 되었으며 매우 균일한 식각계면을 볼 수 있다.

III. 결 론

본 논문에서는 ECR-MBE로 성장시킨 GaN의 습식화학 식각을 광조사 및 전기 화학 방법을 이용하여 식각하였다. 광조사 화학 식각의 경우 최적의 NaOH 수용액 조성비는 NaOH : H₂O : H₂O₂ = 6 g : 20 cc : 5 cc로서 n-GaN 기판의 전자농도가 1×10¹⁹cm⁻³ 일 때 최고 104 A/min의 식각율을 얻었다. 광조사 및 전기 화학 습식식각의 비교를 위하여 전자농도가 0.5~1×10¹⁹cm⁻³인 n-GaN 기판을 사용하여 NaOH 수용액(NaOH : H₂O : H₂O₂ = 5 g : 20 cc : 5 cc)에 식각을 수행하였다. 연구결과 광조사 화학 습식식각의 경우 25분 식각하여 680 Å의 식각두께를 얻었으며 전기 화학 습식식각의 경우 25분 식각하여 784 Å의 식각두께를 얻었다. 식각된 n-GaN 기판의 식각계면은 수직에 가깝고 방향성에 무관하여 식각율의 증가와 재현성 확보를 통해 전자소자 제작에 적용할 수 있을 것으로 사료된다.



(a) 습식식각전의 GaN 표면 SEM 사진



(b) 습식식각후 식각표면과 계면 SEM 사진

그림 3. 습식식각 전후의 표면SEM 사진

[* 본 연구는 '97 정보통신부 산·학·연 공동기술개발사업의 연구비 지원을 받아 수행되었음.]

참고문헌

[1] M. S. Minsky, M. White, and E. L. Hu, Appl. Phys. Lett., **68** (1996) 1531
 [2] I. Adesida, A. Mahajan, E. Andideh, M. Asif. Khan, D. T. Olsen, and J. N. Kuznia, Appl. Phys. Lett., **63** (1993) 2777
 [3] M. E. Lin, Z. F. Fan, Z. Ma, L. H. Allen, and H. Morkoç, Appl. Phys. Lett., **64** (1994) 887
 [4] R. Khare and E. L. Hu, J. Electrochem. Soc., **138** (1991) 1516