

Remote Plasma ALD법으로 제작한 Al₂O₃/GaN MIS 커패시터의 전기적 특성

곽노원, 윤형선, 이우석, 김가람, 김광호
 청주대학교

Electrical properties of Al₂O₃/GaN MIS capacitor deposited by Remote Plasma ALD

No-Won Kwak, Hyeong-Sun Yun, Woo-Seok Lee, Ka-Lam Kim, Kwang-Ho Kim
 Cheongju University

Abstract : Al₂O₃ thin films were deposited on GaN (0001) by remote plasma atomic layer deposition (RPALD) technique using trimethylaluminum (TMA) precursor and oxygen radicals in the temperature range of 25 ~ 500 °C. Growth rate per cycle was varied with substrate temperature from 1.8 Å/cycle at 25 °C to 0.8 Å/cycle at 500 °C. The chemical structure of the Al₂O₃ thin films was studied using X-ray photo electron spectroscopy (XPS). Excellent electrical properties of Al₂O₃ /GaN MIS capacitor were grown at 300°C process temperature.

Key Words : Remote Plasma Atomic Layer Deposition(RPALD), Aluminum oxide, GaN MIS

1. 서 론

넓은 에너지 밴드 구조와 빠른 전자 포화 속도, 높은 열적 안정성 등의 우수한 물리적 특성을 갖는 차세대 화합물 반도체 재료인 Gallium Nitride(GaN)는 HEMTs, GaN MISFET과 같은 고온, 고주파, 고전력 소자를 위한 응용분야에 많은 주목을 받고 있다[1]. 그러나 GaN의 높은 게이트 누설전류로 인하여 GaN기반 소자의 성능에 많은 제약을 받고 있으며 이에 대한 연구 및 개선이 필요한 시점이다[2]. GaN를 기반으로 한 소자분야에서 게이트 절연막으로 SiO₂[3], Si₃N₄[4] 그리고 Al₂O₃[5] 등의 많은 절연막이 연구되고 있다. 이 중 산화알루미늄은 넓은 에너지밴드(9eV)와 높은 유전률(8~9)등의 특성을 갖기 때문에 주목받고 있는 물질 중의 하나이다[6].

최근 많은 연구가 진행되어지고 있는 Atomic Layer Deposition(ALD)은 표면 반응을 이용하여 원자층 단위로 박막을 성장시키며 cycle 수에 따라 증착되는 박막의 두께가 결정되기 때문에 두께 조절에 용이하고 박막의 뛰어난 균일성과 재현성을 보여주고 있다[7]. 몇몇 방식의 ALD 중 Remote Plasma Atomic Layer Deposition (RPALD)는 플라즈마를 이용하여 상대적으로 낮은 온도에서 박막의 증착이 가능하며 플라즈마가 발생하는 영역과 기판사이의 거리가 떨어져 있기 때문에 플라즈마로 인한 기판의 손상이 적은 장점이 있다.

이에 본 논문에서는 RPALD를 이용하여 산화알루미늄 박막을 증착한 후 GaN MIS 커패시터를 제작하여 이에 따른 전기적, 구조적 특성을 평가하고 그 결과에 대해 논의하고자 한다.

2. 실험

본 실험에서는 RPALD 방법을 이용하여 산화알루미늄 박막을 25~500°C까지 공정온도를 변화시켜 증착하였다. 반응가스로는 trimethylaluminum(TMA)소스와 플라즈마에 의해 해리된 O₂가스가 사용되었고, 퍼지가스로 99.999% 순도의 Ar을 사용 하였다. 준비된 GaN 기판은 유기 클리닝 후 황산과 과산화수소를 4:1로 혼합시킨 용액에 10분, 염산과 DI Water를 1:1로 혼합시킨 용액에 10분 동안 클리닝을 진행한 후 즉시 챔버에 장착하여 공정온도와 TMA 및 산소가스의 주입시간에 변화를 주어 산화알루미늄을 증착 하였다.

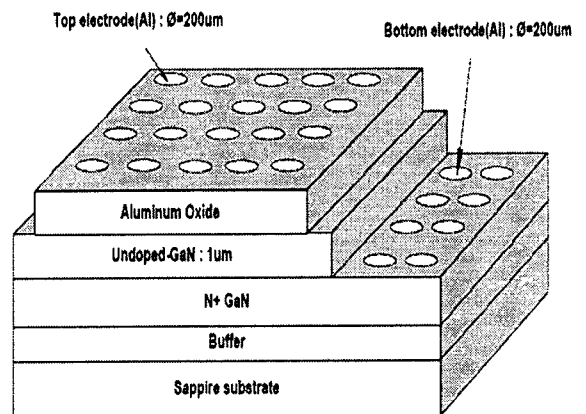


그림 1. 제작된 GaN MIS 커패시터의 간략도

증착 후 열 증착기(thermal evaporator)를 이용하여 알루미늄(6N-Al)을 직경 200 μ m 의 원형 금속마스크를 이용하여 증착하였고, N₂ 분위기에서 10분간 금속화 후 열처리를 수행하였다. 그림1은 제작된 GaN MIS 커패시터의 간략도를 보이고 있다.

박막의 두께와 굴절율은 파장이 632.8nm인 엘립소미터(RUDOLPH RESEARCH/Auto EL)를 이용해 측정하였으며, Al₂O₃박막의 구조적 특성을 확인하기 위해 X-ray photo electron spectroscopy (XPS)를 사용하였다. 또 GaN MIS 커패시터의 용량-전압 특성을 평가하기 위하여 정밀 LCR 측정기인 HP4284A를 사용하였으며, 게이트 누설전류를 측정하기 위해서 pA meter인 HP4140B를 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

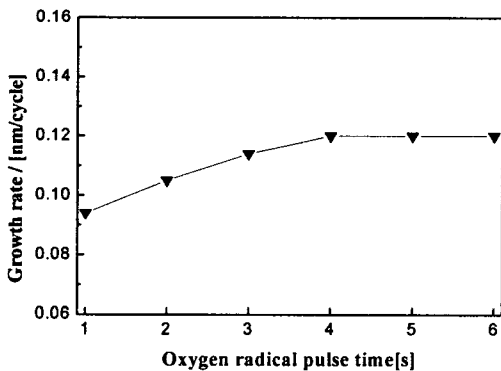


그림 2. 산소가스 주입시간 변화에 따른 산화알루미늄의 증착 속도

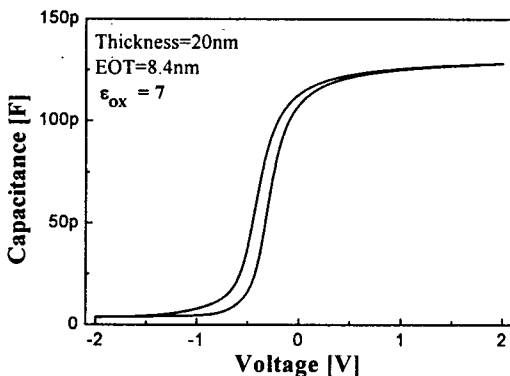


그림 3. 산화알루미늄/GaN 커패시터의 1MHz 용량-전압 특성 곡선.

그림 2는 산소가스의 주입시간 변화에 따른 산화알루미늄 박막의 증착속도의 변화를 보여주고 있다. 공정온도 300°C에서 산소가스의 주입시간이 4초가 될 때 이후부터 산화알루미늄의 증착률이 포화 되는 것을 볼 수 있다.

또한 TMA 주입시간에 따른 증착률의 포화는 2초부터

나타났다. 그렇기 때문에 이 후 각각 반응가스들의 주입 시간은 2/3/4/3(TMA/Ar/O₂/Ar) s/cycle 고정하여 실험을 진행하였다.

그림 3은 공정온도 300°C에서 제작한 산화알루미늄/GaN MIS 커패시터의 용량-전압 특성 곡선을 보인다. 위 용량-전압 특성 곡선으로부터 계산된 산화알루미늄의 유전상수는 약 7이었고, equivalent oxide thickness(EOT)는 약 8.4nm였다.

4. 결론

RPALD 방법을 이용하여 산화알루미늄 박막을 25~500°C까지 공정온도를 변화시켜 증착하였다. 반응가스로는 trimethylaluminum(TMA)소스와 플라즈마에 의해 해리된 O₂가스가 사용되었고, 퍼지가스로 99.999% 순도의 Ar를 사용 하였다. 각각의 가스 주입시간은 2/3/4/3 (TMA/Ar/O₂/Ar) s/cycle로 고정하여 실험을 진행하였다. 공정온도 300°C에서 제작된 산화알루미늄/GaN MIS 커패시터의 용량-전압 특성 곡선으로부터 계산된 산화알루미늄의 유전상수는 약 7이었고, equivalent oxide thickness(EOT)는 약 8.4nm였다.

감사의 글

본 연구는 교육과학기술부와 한국산업기술재단의 지역 혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과이다.

참고 문헌

- [1] T.P. Chow, R. Tyagi, IEEE Electron Devices Lett, 41, 1481 (1994).
- [2] B. Gaffey, L.J. Guido, X.W. Wang, and T.P. Ma, IEEE Electron Devices Lett, 48(3), 458 (2001).
- [3] M. Asif Khan, X. Hu, G. Sumin, A. Lunev, J. Yang, R. Gaska, and M. S. Shur, IEEE Electron Devices Lett., 21, 63 (2000).
- [4] Simin G., Hu X., Ilinskaya N., Zhang J., Tarakji A., Kumar A., Asif Khan M., Shur M. S., and Gaska R., IEEE Electron Devices Lett., 22, 53 (2002).
- [5] P. D. Ye, B. Yang, K. Ng, J. Bude, G. D. Wilk, S. Halder, and J. C. M. Hwang, Appl. Phys. Lett., 86, 063501-1 (2005).
- [6] M. D Groner, J. W Elam, F, H Fabreguette, S, M George, Thin Solid Films 413, 186 (2002).
- [7] Jae hyoung Koo, Seok hoon Kim, Sang min Jeon, Hyeong tag Jeon, Yang do Kim and Young do Won, J. Korean Phys. Soc. 48, 131 (2006).