

20 nm급 T-형 게이트 제작을 위한 2단 전자 빔 노광 공정

이강승*, 김영수, 이경택, 홍윤기, 정윤하
포항공과대학교 전자전기공학과

Two-step electron beam lithography to fabricate 20 nm T-gate

Kangsung Lee*, Youngsu Kim, Kyungtaek Lee, Yunki Hong, Yoonha Jeong
Department of Electronic and Electrical Engineering
Pohang University of Science and Technology
E-mail : *kaslee@postech.ac.kr

Abstract

In this paper, we have proposed a novel process using two-step electron beam lithography to fabricate 20 nm T-gates for high performance MODFETs. Two-step lithography reduces electron forward scattering by defining the foot on a thin (100 nm) bottom-layer of polymethyl methacrylate (PMMA) at the second step, the T-gate head having been developed at the first step. Adopting a low temperature development technique for the second step reduces the detrimental effect of head exposure on foot definition. We have shown that 20 nm T-gate can be patterned with this process.

I. 서론

T-형 게이트는 게이트 길이를 줄이면서도 작은 게이트 저항을 유지할수 있는 잇점으로 인하여 III-V 화합물 기반 소자에서 많이 사용된다. 50 nm 이하의 게이트 발을 갖는 T-형 게이트 노광 공정에서는 전자의 순방향 산란과 머리 노광에 의한 악 영향에 의하여 게이트 발의 해상도가 결정되게 된다[1]-[3]. 바닥 레지스트의 민감도를 줄임으로써 머리 노광에 의한 악 영향을 줄일수 있다. 레지스트는 저온에서 현상하면 민감도가 줄어든다는 것이 잘 알려져 있지만[4], 아직 T-형 게이트 제작에는 응용되지 않고 있다.

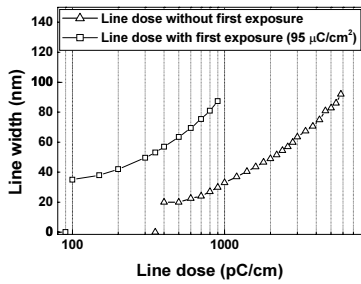
본 논문에서는 20 nm 급 T-형 게이트를 제작하기 위한 리소그래피 기법으로써 저온 현상을 이용한 새로운 2 단 전자 빔 노광 공정을 제시하고, 20 keV 전자 빔을 이용하여 20 nm 급 T-형 게이트를 노광하였다.

II. 본론

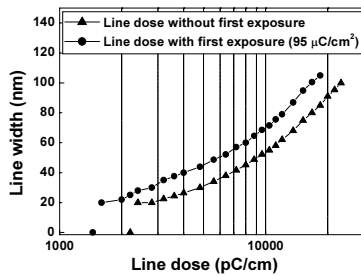
Karl Zeiss 사의 SUPRA 35 전자 현미경에 RAITH 사의 레이저 스테이지와 패턴 형성기를 부착하여 노광하였다. 20 keV의 가속 전압과, 10 μm의 조리개를 사용하였다.

20 nm 급 T-형 게이트 제작을 위한 2 단 전자 빔 노광 공정은 다음과 같다. 먼저 PMMA, PMGI, PMMA-MAA 순으로 각각 100 nm, 500 nm, 200 nm의 레지스트를 쌓는다. 첫번째 노광 공정은 95 μC/cm²의 세기로 노광한 다음, MIBK:IPA(1:3)용액에 담구어 가장 윗층의 PMMA-MAA를 선택적으로 현상하고, 이후 PMGI 101 현상 용액에 담구어 중간 층의 PMGI를 선택적으로 현상한다. 두번째 노광 공정에서는 첫번째 노광 공정에서 형성된 T-형 게이트의 머리부분의 가운데에 정렬하여 노광한다. 그리고 MIBK:IPA(1:3) 용액을 이용하여 저온에서 현상을 한다. 2 단 노광 공정에서 게이트 발의 노광 공정은 머리 부분이 모두 현상되고 남은 얇은 바닥 PMMA 층만 있는 부분에 전자빔이 조사 되므로 레지스트에 의한 순방향 산란이 줄어들게 된다. 그리고 2 단 노광 공정에서 저온에서 현상함으로 인하여 바닥층 PMMA의 민감도가 줄어들어 첫번째 노광에 의한 악 영향이 줄어드는 장점이 있다. 따라서, 저온 현상을 이용한 2 단 전자빔 노광 공정은 20 keV 가속 전압을 이용하여 20 nm 급 T-형 게이트 제작을 가능하게 한다.

T-형 게이트의 머리부분 노광이 게이트 발 형성에 미치는 악영향을 분석하기 위해서 PMMA만 쌓은 시료에 머리 부분의 노광과 게이트 발 부분의 노광을 같이



(a) 상온(20°C) 에서 현상한 경우



(b) 저온(-20 °C)에서 현상한 경우

그림 2. 상온(20°C) 과 저온(-20°C)에서 현상한 경우의 전자빔 조사량에 따른 선폭

조사한 시료와 머리 부분의 노광 없이 게이트 발 부분만 노광을 한 시료를 준비하였다. 각각의 샘플들은 비교를 위하여 상온(20°C)에서 현상하거나 저온에서 (-20°C)에서 MIBK:IPA (1:3)용액에 30 초간 현상하였다.

그림 2 에는 상온과 저온에서 현상한 경우의 전자빔 조사량에 따른 선폭을 나타내었다. 그림 2(a) 에서 볼수 있듯이 상온에서 현상한 경우에는 머리 노광의 영향이 있는 경우에 구현 가능한 최소 게이트 선폭이 100 pC/cm 에서 35 nm 이고, 90 pC/cm 에서는 완전하게 현상되지 않았다. 그리고 머리 노광의 영향이 없는 경우에 구현 가능한 최소 게이트 선폭은 400 pC/cm 에서 20 nm 이고, 360 pC/cm 에서는 완전하게 현상되지 않았다. 따라서 상온에서 현상한 경우에는 머리 노광의 영향에 의해서 구현가능한 최소 게이트 선폭이 20 nm 에서 35 nm 로 커진다. 그림 2(b)에서 볼수 있듯이 저온에서 현상한 경우에는 머리 노광의 영향이 있는 경우에 구현 가능한 최소 게이트 선폭은 1600 pC/cm 에서 20 nm 이고, 머리

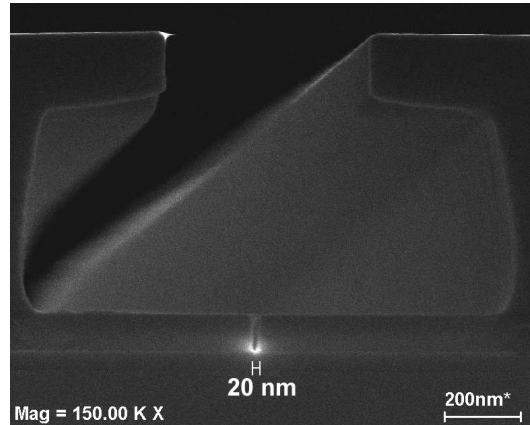


그림 3. 저온 현상을 이용한 2 단 노광 공정으로 제작한 20 nm 급 T-형 레지스트 단면 사진

노광의 영향이 없는 경우에 구현 가능한 최소 게이트 선폭은 2400 pC/cm 에서 20 nm 였다. 따라서 저온에서 현상한 경우에는 머리 노광의 영향에 의해서 구현가능한 최소 게이트 선폭이 변하지 않았으므로, 머리 노광의 악영향이 줄어들었음을 알수 있다. 이러한 2 단 노광 공정을 이용하여 제작한 20 nm 급 T-형 게이트 노광 결과를 그림 3 에 보였다. 20 nm 의 게이트 발을 갖는 T-형 레지스트 구조가 잘 형성되었음을 볼수 있다.

III. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서는 20 nm 급 T-형 게이트 제작을 위하여 저온 현상을 이용한 2 단 노광 공정을 제시하였다. 그리고, 순 방향 산란과 머리 노광에 의한 악영향이 줄어들어 20 keV 가속 전압을 갖는 전자 빔을 이용하여 20 nm 급 T-형 게이트를 노광할수 있음을 보였다. 현재 이 공정을 이용하여 GaAs pHEMT 를 제작하고 있다.

참고문헌

[1] K. Elgaid, et. al., IEEE Electron Device Lett. vol. 26, pp. 784, 2005.
 [2] I. Thayne, et. al., Proc. IEEE Conference on Nanotechnology, pp. 95, 2004.
 [3] K. Shinohara, et. al., IEEE Electron Device Lett., vol. 25, pp. 241, 2004.
 [4] W. Hu, et. al., Proc. IEEE Conference on Nanotechnology, pp. 602, 2003.