

Metamorphic HEMT에서 low-k Benzocyclobutene (BCB)를 이용한 표면 passivation 비교 연구

백용현, 오정훈, 한민, 최석규, 이복형, 이성대, 이진구
동국대학교 밀리미터파 신기술 연구센터

Comparative study of surface passivation for Metamorphic HEMT using low-k Benzocyclobutene(BCB)

Yong-Hyun Baek, Jung-Hun Oh, Min Han, Seok-Gyu Choi, Bok-Hyung Lee,
Seong-Dae Lee and Jin-Koo Lee**
Millimeter-wave INnovation Technology Research Center (MINT)
Dongguk University
E-mail: jkrhee@dongguk.edu

Abstract

The passivation technology is very important, because this technology can protect a device against the influence of ambient environment, and prevent the performance reduction. In this paper, we fabricated the 0.1 μm Γ -gate InAlAs/InGaAs metamorphic high electron mobility transistors (MHEMTs) on GaAs substrates using the low-k benzocyclobutene (BCB) and Si_3N_4 as a passivation and we performed the comparisons of characteristics of the MHEMTs. After passivation, the DC and RF measurement results were decreased either the conventional Si_3N_4 or BCB layers. The decrement of the BCB passivation was smaller than the Si_3N_4 passivation.

I. 서론

최근에 W-band (75~110 GHz) 대역인 94GHz 대역이 신호 흡수 감쇠가 적어 레이더 및 센서 등에 새로운 적용으로 부각되고 있다. 이러한 대역에서의 응용을 위해 InAlAs/InGaAs Metamorphic HEMT's(MHEMT)는 비슷한 에피 구조를 갖는 InP HEMT보다 많은 장점을 갖는다 [1]. 그러나 이러한 HEMT 소자들은 표면 효과에 매우 민감해 주변의 환경으로부터 습기나 이온의 흡수로 인해서 trapping 효과를 발생시켜 소자의 성능을 저하시키는 표면 준위의 발생을 억제하기 위해서

passivation 기술이 매우 중요한 역할을 한다 [2].

BCB는 낮은 유전 상수(2.7), 낮은 loss tangent(0.0008), 낮은 curing 온도(300 $^{\circ}\text{C}$ 이하), 간단한 공정 방법, 낮은 수분 흡수 성질, 플라즈마에 의해 야기되는 표면 피해를 피할 수 있는 등의 많은 장점을 갖는다. 이것은 passivation 후에 발생하는 기생 성분들의 증가를 제한하기 때문에 높은 주파수 응용을 위해 동작하는 소자에서 이익을 가져다 준다 [3]. 본 논문에서는 BCB와 Si_3N_4 를 이용한 passivation을 실시하여 MHEMT의 DC, RF 특성을 비교 분석하였다.

II. 소자의 제작

0.1 μm Γ -gate MHEMT를 다음과 같은 순서로 제작하였다. 먼저 전기적인 격리를 위해서 $\text{H}_3\text{PO}_4/\text{H}_2\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}$ (1:1:60)의 식각 용액을 이용하여 200 nm의 두께를 식각하였다. 그리고 소스-드레인 간의 오믹 접촉 형성을 위해서 AuGe/Ni/Au (140/30/170 nm) 금속을 증착하고, RTA (Rapid Thermal Annealing) 에서 320 $^{\circ}\text{C}$ 로 60초 동안 열처리 하였다. 오믹 공정 후에 게이트 리세스 (Recess) 식각을 위해서 succinic acid/ $\text{H}_2\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}$ (1:5:10) 용액을 이용하였다. E-beam을 이용하여 Γ -gate의 형태의 레지스트 패턴을 형성하고, Ti/Au (50/400 nm)를 증착하였다. 게이트 공정 후에는

표면 보호를 위해서 BCB (2.5 μm)와 Si₃N₄ (1082Å)로 각각 passivation을 수행하였다.

III. 측정 결과

제작된 각각의 MHEMT는 passivation 전 후를 구분하여 HP 4156A DC parameter analyzer를 이용하여 DC 특성을, Anritsu사의 ME7808A Vector Network Analyzer를 이용하여 0.5 ~ 50 GHz 대역의 RF 특성을 측정하였다. 각각의 측정 결과들은 표 1과 표 2에 요약하였으며, 측정된 핀치 오프 전압 (V_p)은 -1.2 V로 동일한 특성을 나타내었다.

Table 1. MHEMT의 DC 측정 결과

Device	I _{dss}		g _{m,max}	
	mA	감소량	mS/mm	감소량
Si ₃ N ₄ 전(前)	61	13%	507	8%
Si ₃ N ₄ 후(後)	53		462	
BCB 전(前)	63	6.9%	531	6.8%
BCB 후(後)	59		495	

Table 2. MHEMT의 RF 측정 결과

Device	S ₂₁		f _T		f _{max}	
	dB	감소량	GHz	감소량	GHz	감소량
Si ₃ N ₄ 전(前)	8.4	12%	131	13%	286	12%
Si ₃ N ₄ 후(後)	7.4		114		252	
BCB 전(前)	7.45	7.4%	113	8.8%	279	9.7%
BCB 후(後)	6.9		103		252	

IV. 결론

본 논문에서는 고주파 응용을 위한 MHEMT 소자에서 표면 준위가 trapping 효과를 발생하여 DC와 RF 특성을 감소시키는 단점을 보완하고, PECVD 과정에서 플라즈마에 의해 필수적으로 나타나는 표면 피해를 줄이기 위해서 유전율이 낮은 BCB를 passivation 물질로 사용하였다. 그 결과 전통적으로 사용하는 Si₃N₄를 사용했을 경우보다 소자 성능의 감소량이 적게 나타났다. Si₃N₄에 비해서 BCB는 낮은 유전 상수와 공정 방법에

서 플라즈마 공정을 피하고, 상대적으로 낮은 curing 온도를 갖기 때문에 passivation 공정 후 발생하는 기생 커패시턴스의 증가량이 상대적으로 적고, 플라즈마 공정에 의해서 야기되는 표면 준위도 적기 때문에 소자의 성능 저하가 상대적으로 작은 것으로 판단된다.

ACKNOWLEDGEMENT

본 연구는 동국대학교 밀리미터파 신기술 연구센터 (MINT)를 통한 한국과학재단의 우수연구센터의 지원에 의하여 수행되었습니다. (R11-1999-058-02006-0)

참고문헌

- [1] D.M. Gill, B.C. Kane, S.P. Svensson, D.W. Tu, P.N. Uppal, and N.E. Byer, "High performance, 0.1 μm InAlAs/InGaAs high electron mobility transistors on GaAs," IEEE Electron Device Lett., vol. 17, pp. 328-330, Jul. 1996.
- [2] Bruce M. Green, Kenneth K. Chu, E. Martin Chumbes, Joseph A. Smart, James R. Shealy, and Lester F. Eastman, "The Effect of Surface Passivation on the Microwave Characteristics of Undoped AlGaIn/GaN HEMT's," IEEE Electron Device Lett., vol. 21, pp. 268-270, Jun. 2000.
- [3] Hsien-Chin Chiu, Shih-Cheng Yang, and Yi-Jen Chan, "Low-k BCB Passivated Al_{0.5}Ga_{0.5}As/ In_{0.15}Ga_{0.85}As Enhancement- Mode pHEMTs," IEEE GaAs Dig., pp. 269-272, 2001.