

CMOS 공정으로 구현한 고 전력 LIGBT 소자의 전기적 특성

이 주욱, 박 훈수*, 구 진근, 강 진영

한국전자통신연구원 IT 융합부품 연구소, *위덕대학교 반도체전자공학부

Electrical Characteristics of High-Power LIGBT Devices Implemented by CMOS Process

Ju Wook Lee, Hoon Soo Park*, Jin Gun Koo, and Jin Yeong Kang

Dept. of IT Convergence & Component Lab., ETRI, *Dept of Semiconductor Eng., Uiduk University

Abstract : The electrical characteristics of high power LIGBT implemented by CMOS process are described and compared with those of high voltage LDMOSFET with the same device dimensions. LIGBT has exhibited approximately 8 times superior current drive capability than LDMOSFET. The proposed p+/n+ anode structure resulted in the significant increase of on-state breakdown voltage of LIGBT. Therefore, LIGBT suggested in this paper is one of the promising candidate for smart power IC applications.

Key Words : LIGBT, LDMOSFET, Power device

1. 서 론

Silicon-On-Insulator (SOI) 기술을 이용한 전력 반도체 소자는 고속 동작특성, 고 집적도 및 신뢰성이 높은 장점이 있다. 특히, SOI 기술은 절연격리 (dielectric isolation)가 용이하므로 smart power IC 제작에 응용할 경우 저 전압 CMOS 회로와 고 전압 전력소자를 구조적으로 분리할 수 있고 스위칭 속도를 향상시킬 수 있는 장점이 있다[1]. SOI 기술로 구현한 수평형 IGBT (Lateral Insulated Gate Bipolar Transistor)는 MOS 구동형 바이폴라 트랜지스터로 on-저항이 낮고 입력 임피던스가 크며 항복전압이 높은 장점이 있다[2,3]. 또한, SOI LIGBT 소자는 평면 구조이므로 CMOS 소자와 동일 칩상에 집적화가 용이하여 smart power IC 응용에 적합한 전력소자이다. 반면 SOI LIGBT는 항복전압이 낮고 구조적으로 기생 thyristor가 존재하여 높은 전류에서 latch-up이 발생하여 게이트 제어가 불가능한 문제가 있다[4].

본 연구에서는 SOI 기판과 trench isolation 기술을 이용하여 LIGBT를 제작하고 전기적 특성을 분석하였다. 또한 동일 크기로 설계된 고 전압 LDMOSFET의 전기적 특성과 비교하고, on-상태 항복전압이 높은 애노드 (anode) 구조를 제안하였다.

2. 실험

그림 1은 SOI 기판으로 제작한 LIGBT 전력소자의 단면도이다. 그림의 구조와 같이 LIGBT 소자는 애노드 전극이 p+ 확산으로 구성된 점을 제외하면 LDMOSFET 구조와 동일하다. 사용된 기판은 비저항 30-50 Ω·cm인 p-형 기판이고 두께 3μm인 매몰 산화막 위에 비저항 30 Ω·cm, 두께 8.5μm의 p-형 활성층을 성장하였다. 활성층내의 deep n-well 농도는 LDMOS 및 LIGBT 소자의 항복전압 및 on-

저항특성을 결정하는 중요한 요인으로 인 (phosphorous)을 이온주입하고 1200℃에서 1차 열처리한 후 붕소 (boron)를 이온주입하여 도핑 농도를 감소시켰다. LIGBT의 채널을 형성하는 p-well은 BF₂를 이온주입하고 1150℃에서 열처리하여 형성하였고, 마스크 설계상 채널길이는 2.4μm이다. 게이트 산화막 두께는 300Å으로 동일 칩상에 구현한 0.8 μm CMOS 소자와 동일한 두께로 성장하였다. 게이트 형성이후의 공정은 기존 CMOS 공정과 동일한 과정으로 제작하였다.

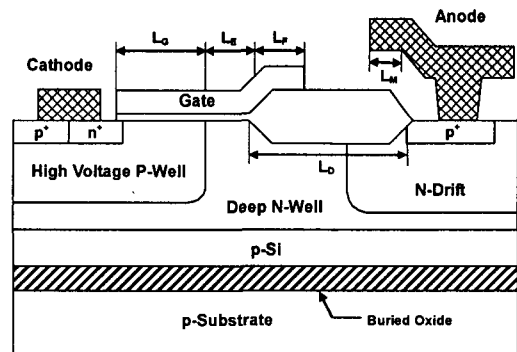


그림 1. SOI 기판으로 제작한 LIGBT 소자 구조

3. 결과 및 검토

그림 2는 HP4156B로 측정된 drift 길이 (Ld)가 18μm, 채널 폭이 458μm인 LIGBT의 I-V 특성곡선으로 양호한 특성을 나타내고 있고, 문턱전압은 약 1.1V로 측정되었다. I-V 특성곡선에서 원점에서부터 약 0.6V의 dff-set 전압을 나타내는 것은 베이스-에미터 접합의 turn-on 전압으로 LIGBT의 일반적 특성이다. 본 연구에서는 동일크기와 공정조건으로 제작한 LIGBT와 LDMOSFET의 전기적 특성을 비교 분석하였다. 그림 3은 동일 크기의 LIGBT와 LDMOSFET의 포화전류를 비교한 결과로 포화전류는 게

이트 전압 4V와 에노드/드레인 전압 40V가 인가된 상태에서 측정하였다. LDMOSFET의 포화전류가 drift 길이가 증가함에 따라 포화전류가 증가하는 것은 원형 형태로 설계한 소자에서 Ld를 크게 설계하면 채널 폭이 증가하기 때문이다. 그림과 같이 LIGBT 소자의 포화전류는 LDMOS 소자에 비하여 약 8배 큰 것으로 나타났다. 이것

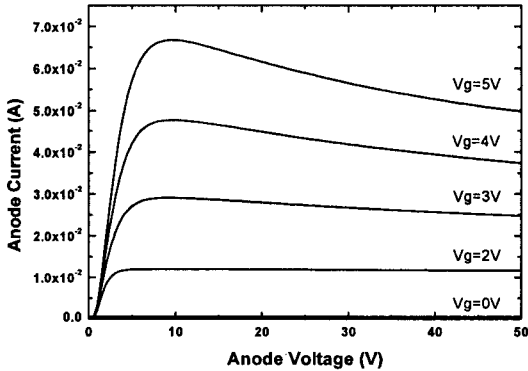


그림 2. 제작한 LIGBT 소자의 I-V 특성(Ld=20, W=458μm)

은 LIGBT 내의 기생 바이폴라 트랜지스터의 전류증폭 작용으로 인한 결과이다. 다음으로 LIGBT의 항복전압은 그림 4와 같이 drift 길이에 거의 선형적으로 비례하여 증가하는 특성을 보였고, LDMOS 소자에 비하여 약 50V 낮은 특성을 나타냈다.

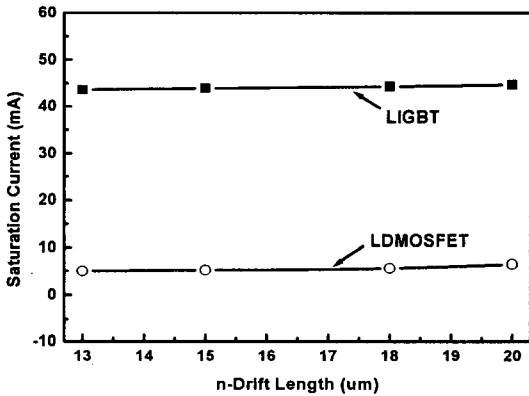


그림 3. 동일 크기의 LIGBT 및 LDMOS의 포화전류

다음으로 본 연구에서는 바이폴라 래칭 (latching) 현상에 의한 LIGBT의 on-상태 항복전압을 증가시키기 위하여 에노드에 n+ 확산을 추가하고 p+확산과 buried contact을 형성한 소자를 제작하였다. 그림 5는 p+/n+ 에노드 구조와 p+ 만으로 구성된 LIGBT의 on-상태 항복전압을 비교 측정한 그래프이다. 그림과 같이 p+/n+ 에노드 구조의 LIGBT의 on-상태 항복전압이 p+ 에노드 구조에 비하여 약 2배 증가하였다. 이것은 n+확산이 p+ 에노드와 동일 전압을 유지하여 p+와 n-drift 접합의 turn-on을 억제한 결과로 사료된다.

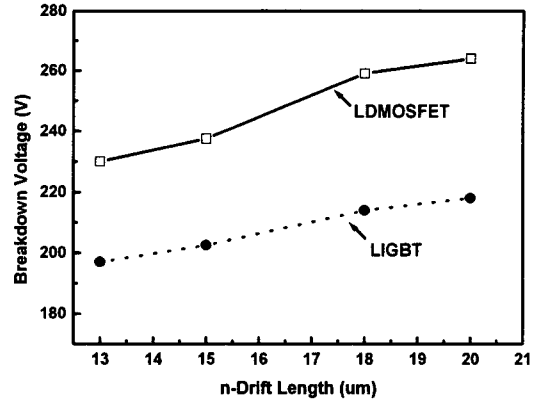


그림 4. Ld에 대한 LIGBT 및 LDMOS의 포화전류

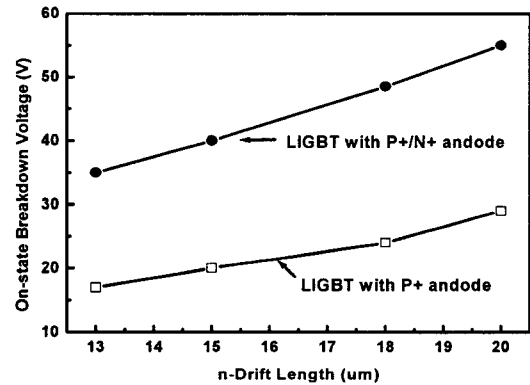


그림 5. P+/n+ 및 n+ 에노드 LIGBT의 on-상태 항복전압

4. 결론

본 연구에서는 SOI 기판과 trench isolation 기술을 이용하여 LIGBT를 제작하고 전기적 특성을 분석하였다. 제작한 LIGBT 소자의 포화전류는 LDMOS 소자에 비하여 약 8배 커서 전류구동 능력이 우수함을 알 수 있었다. 항복전압은 Ld=18um 일 때 215V 였다. 특히, p+/n+ 에노드 구조의 LIGBT에서 n+확산이 p+와 n-drift 접합의 turn-on을 억제한 결과 on-상태 항복전압이 p+ 에노드 구조에 비하여 약 2배 증가하였다. 따라서, 본 연구에서 제안한 LIGBT는 높은 전류구동과 on-상태 항복전압이 요구되는 smart power IC 기술에 광범위하게 응용될 수 있을 것으로 판단된다.

참고 문헌

- [1] R. P. Zingg and R. Bonne, Proc. IEEE Semiconductor Manufacturing Conference, p.65, 2001
- [2] J. M. Park, Ph.D dissertation, p.67, 2004
- [3] N. Fujihira, et al, Proc. of ISPSD, p.143, 2001
- [4] W. B. Choi et al, J. of Korean physical Society, Vol. 40, p.645, 2002