

이중에피층을 갖는 SOI LIGBT의 항복전압 특성분석

김형우, 김상철, 서길수, 김은동
한국전기연구원 전력반도체연구그룹

Analysis of the breakdown characteristics of SOI LIGBT with dual-epi layer

Kim Hyoung Woo, Kim Sang Cheol, Seo Kil Soo, and Kim Eun Dong
Power Semiconductor Group, KERI

Abstract

This paper describes the analysis of the breakdown voltage characteristics of SOI LIGBT with dual epi-layer. In case of SOI LIGBT with dual epi-layer, if we used high doping concentration in epi-layer, we obtained higher breakdown voltage compared with typical device because of charge compensation effect, and we obtained low on-state resistivity characteristic in the same breakdown voltage.

In this paper, we analyzed on-state and off-state characteristics of SOI LIGBT with dual epi-layer. Breakdown voltage of proposed LIGBT was shown 125V when $T_1 = T_2 = 2.5 \mu\text{m}$, $N_1 = 7 \times 10^{15}/\text{cm}^3$ and $N_2 = 3 \times 10^{15}/\text{cm}^3$, respectively. Although we used high doping concentration and thin epi-layer thickness, breakdown voltage was increased compared with conventional devices.

Key Words : LIGBT, Breakdown voltage, dual-epi, RESURF

1. 서론

SOI(Silicon-On-Insulator) LIGBT(Lateral Insulated Gate Bipolar Transistor)는 절연격리가 쉽고, 누설전류가 낮기 때문에 고전압 IC에 많이 사용되어 왔으며, VLSI 공정에 적합하고 다른 소자들과의 집적이 용이하다는 장점 또한 가지고 있다.[1]

LIGBT와 같은 고전압 소자의 설계에 있어서 주요한 설계변수로 항복전압과 순방향 전압강하가 있다. 일반적인 고전압 소자의 경우 낮은 순방향 전압강하를 얻기 위해서는 높은 에피층 농도를 사용해야 하지만 높은 에피층 농도를 사용할 경우 항복전압의 감소가 일어나게 된다. 따라서 기존의 소자들의 경우 설계시 소자의 항복전압 및 순방향 전압강하 사이의 관계를 고려하여 적절한 에피층의 농도를 갖도록 설계하여야 한다. 하지만 이중에

피층을 가지는 소자의 경우 전하보상효과에 의해 높은 에피층 농도에서도 높은 항복전압을 얻을 수 있으며, 낮은 순방향 전압강하 특성을 나타낼 수 있는 장점이 있다.

본 논문에서는 이중에피층을 가지는 SOI LIGBT의 on 및 off 상태에서의 특성에 대해 연구하였다. 제안된 소자는 전하 보상효과를 얻기 위해 n-/p-의 이중에피층 구조를 사용하였으며, 균일한 전류분포를 얻기 위해 *trenched anode* 구조를 채택하였다. N- 에피층의 농도를 $7 \times 10^{15}/\text{cm}^3$ 을 사용한 경우 소자의 항복전압은 순방향 전압강하의 감소없이 125V 정도를 얻을 수 있었으며, 이는 기존의 소자에 비해 약 50%정도 향상된 결과이다. 소자의 특성은 2차원 공정 simulator인 ATHENA와 소자 simulator인 ATLAS를 이용해 검증하였다.[2]

2. 본 론

2.1 소자의 구조

그림 1에 제안된 SOI LIGHT소자의 구조를 나타내었다. 균일한 전류 특성을 얻기 위해 *trenched drain* 구조를 사용하였으며, 높은 항복전압을 얻기 위해 n-에피층의 도핑농도를 높이는 대신 이중에피층 구조를 사용하였다. 이중에피층 구조는 에피층간의 전하보상효과를 이용하여 높은 항복전압을 얻도록 해주는 구조이다.[3,4]

제안된 구조에서 n-/p- 에피층의 농도를 각각 $N_1=7 \times 10^{15}/\text{cm}^3$, $N_2=3 \times 10^{15}/\text{cm}^3$ 로 고정하여 simulation을 수행하였으며 각각의 에피층 두께는 $2.5\mu\text{m}$ 를 사용하였다. *trenched anode*의 깊이는 $5\mu\text{m}$ 를 사용하였다. 또한 각각의 에피층의 두께는 $2.5\mu\text{m}$ 로 고정하였으며, 게이트 및 매물 산화막층의 두께는 각각 1000\AA , $2\mu\text{m}$ 를 사용하였다.

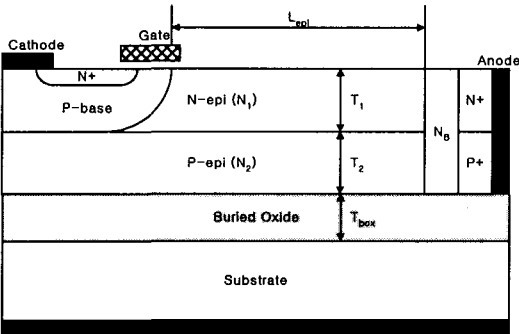


그림 1. Simulation에 사용된 소자의 구조도.

2.2 Simulation 결과 및 분석

On 및 off 상태에서의 LIGHT의 특성은 이차원 소자 simulator인 ATLAS를 이용하여 검증하였다. 그림 2에 제안된 소자 및 기존 소자의 on 상태에서의 특성을 나타내었다. 제안된 소자의 경우 에피층의 두께가 얇아졌음에도 이중에피층 구조와 높은 n- 에피층의 농도로 인해 기존 구조에 비해 약간 증가된 순방향 전압강하 특성을 나타내고 있음을 알 수 있다.

그림 3에 제안된 구조를 가지는 LIGHT에 $V_G=15V$, $V_A=10V$ 를 인가한 경우 소자내에서의 전류흐름 분포를 나타내었다. 이때 각각의 에피층의 두께는 $2.5\mu\text{m}$ 를 사용하였고, 에피층의 농도

는 $N_1=7 \times 10^{15}/\text{cm}^3$, $N_2=3 \times 10^{15}/\text{cm}^3$ 을 사용하였다. 그림에서 *trenched anode* 구조로 인해 n- 에피층 영역 전반에 걸쳐 전류가 고르게 흐르고 있음을 알 수 있다.

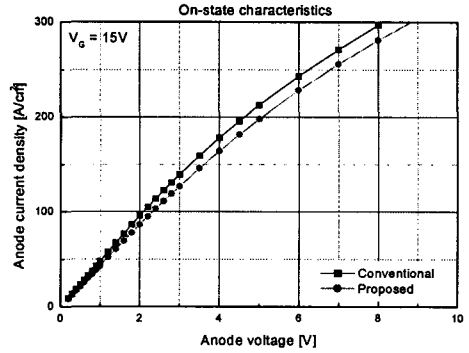
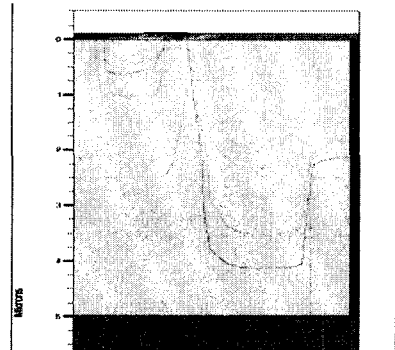
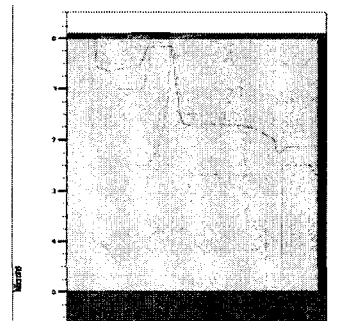


그림 2. 제안된 소자와 기존 소자의 순방향 전도 특성.



(a) 기존의 LIGHT



(b) 제안된 LIGHT

그림 3. 기존 및 제안된 구조를 가지는 소자의 전류흐름도.

그림 4의 (a)에 기존 및 제안된 소자의 항복전압 특성을 나타내었다. 제안된 소자의 경우 n-, p- 에피층의 두께는 각각 2.5 μm 를 사용하였고, $N_1=7 \times 10^{15}/\text{cm}^3$, $N_2=3 \times 10^{15}/\text{cm}^3$ 를 사용하였다. 전하 보상효과에 의해 제안된 소자의 n- 및 p- 에피층이 기존의 소자에 비해 더 많이 공핍되며 따라서 제안된 소자의 항복전압이 기존의 소자에 비해 더 높게 나타나게 된다.

애노드에 55V를 인가한 경우에 소자의 표면전계 분포를 그림 4-(b)에 나타내었다. 그림에서 볼 수 있듯이 제안된 구조를 갖는 LIGBT의 peak 전계의 크기가 기존의 구조를 갖는 소자에 비해 낮게 나타남을 알 수 있다. 이는 전하 보상효과에 의해 제안된 소자의 공핍층의 폭이 기존의 소자에 비해 더 넓어지게 되고, 따라서 전계를 지탱해줄 수 있는 영역이 더 넓어졌기 때문이다.

3. 결론

이중에피층을 가지는 SOI LIGBT의 on 및 off 상태에서의 특성을 알아보았다. 제안된 구조의 경우 *trenched anode* 구조로 인해 on 상태에서 n- 에피층 전체에 걸쳐 전류가 균일하게 흘러가기 때문에 에피층의 두께가 얇아졌음에도 낮은 순방향 전압강하 특성을 나타낸다. 또한 n-/p- 의 이중에피층 구조를 가지기 때문에 전하 보상효과로 인해 에피층의 농도를 낮추지 않고도 높은 항복전압을 얻을 수 있게 된다.

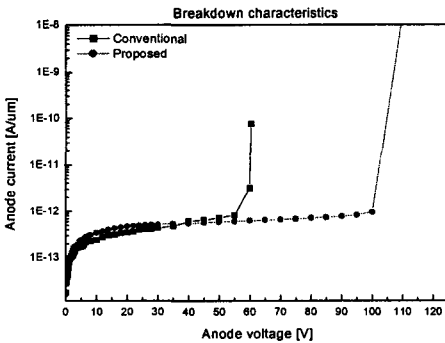
제안된 구조의 경우 에피층의 두께 $T_1=T_2=2.5\mu\text{m}$, $N_1=7 \times 10^{15}/\text{cm}^3$, $N_2=3 \times 10^{15}/\text{cm}^3$ 를 사용한 경우 125V의 항복전압을 얻을 수 있었으며, 이중에피층 구조와 높은 에피층 농도로 인해 얇은 에피층 두께를 사용했음에도 낮은 순방향 전압강하 특성을 나타내었다.

감사의 글

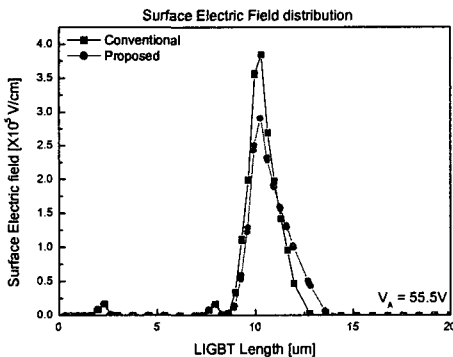
본 논문은 과학기술부 중점국가연구개발사업의 전력용 반도체 기술개발 사업의 일환으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고 문헌

- [1] B. Murari, F. Bertotti, and G. A. Vignola, *Smart Power ICs*, New York, Springer, 1995.
- [2] *Silvaco TCAD Manuals*, Atlas, Silvaco International, Co. USA.
- [3] Tihanyi, US-patent 5,438,215, 1995.
- [4] Yusuke Kawahuchi et al., "Predicted Electrical Characteristics of 4500V Super Multi-Resurf MOSFET", Proc. 11th ISPSD, pp. 95-98, 1999.



(a) 항복전압 특성



(b) 표면 전계분포

그림 4. 제안된 소자와 기존 소자의 항복전압 특성 및 표면전계 분포.