

SIPOS를 이용한 SOI RESURF 다이오드의 항복전압 특성

°신동구, 한승엽, 최연익, 정상구
아주대학교 전기전자 공학부

Breakdown Voltage Characterization of SOI RESURF Diode Using SIPOS

°Dong-Goo Shin, Seung-Youp Han, Yearn-Ik Choi, Sang-Koo Chung
School of Electrical and Electronics Engineering, Aju Univ.

Abstract - The breakdown voltage of SOI RESURF (REduce SURface Field) diode using a SIPOS (Semi Insulating POLycrystalline Silicon) layer is verified in terms of n-drift layer length and surface oxide thickness by device simulator MEDICI, and compared with conventional SOI RESURF diode. Increasing the n-drift layer length, the breakdown voltage of SOI RESURF diode using the SIPOS layer have increased and saturated at $8\mu\text{m}$. And it has decreased with increasing the surface oxide thickness.

2. 소자의 구조 및 시뮬레이션 결과

2.1 소자 구조

그림 1.은 SIPOS층이 있는 SOI RESURF 다이오드의 단면도이며 시뮬레이션에서 SIPOS층은 불순물 농도 10^{13} cm^{-3} 인 n 혹은 p형 진성반도체와 에피층과 이 진성반도체 사이에 두께 T_{ox} 인 산화층으로 구현 시켰다. 표 1은 시뮬레이션에 사용한 소자 변수들의 값이다.

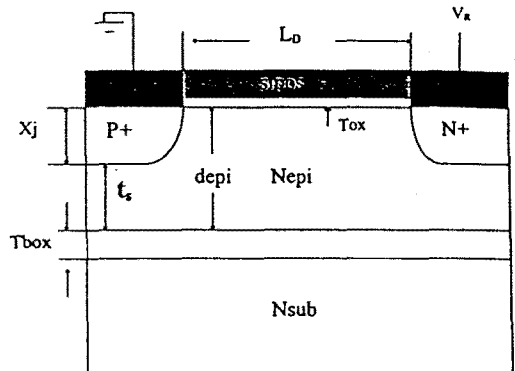


그림 1. 소자 구조

1. 서 론

SIPOS (Semi Insulating POLycrystalline Silicon) 를 사용하는 이유는 SIPOS가 resistive field plate 로 역할 하여[1],[2] SIPOS층에 인가된 전압이 균 일하게 분포하고 따라서 전위 분포가 선형적으로 형성되어 소자의 표면전계가 일정한 상수로 분포됨 으로 전계의 적분값인 항복전압의 극대화를 이끌어 내는 것이다. 시뮬레이션에서 SIPOS층은 진성반도체 또는 약하게 도핑된 Si로 가정한다.[4]

한편 SIPOS를 이용한 소자는 산화층만을 가지는 소자보다 항복전압이 높은 것이 장점이나 SIPOS 층으로 누설전류가 흐르는 단점이 있다.

전력반도체 소자를 설계할 때 가장 중요한 특성중 의 하나는 항복전압이다. 항복전압은 에피층의 농도가 낮을수록, 또 에피층이 두꺼울수록 높아진다. 따라서 높은 항복전압을 얻기 위해서는 에피층을 두껍게 하고 에피층의 농도를 낮게 해 주어야 한다.

본 논문에서는 SIPOS층이 있는 SOI RESURF 다이오드의 드리프트 길이를 변화 시키며 항복전압의 변화를 조사하였고, 또 표면산화층의 두께를 변화시켜 가며 항복전압에 미치는 영향을 반도체 소자 시뮬레이터, MEDICI를 사용하여 조사하였다.

변 수	값
기판의 농도, Nsub	$3 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$
에피층의 농도, Nepi	$3 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$
에피층의 두께, depi	$4 \mu\text{m}$
매물산화층의 두께, Tbox	$1 \mu\text{m}$
접합깊이, Xj	$2 \mu\text{m}$
SiO ₂ 두께, Tox	$0.1 \mu\text{m}$
SIPOS 두께, Tsi	$1 \mu\text{m}$

표 1. 시뮬레이션에 사용한 변수들

2.2 Simulation 결과 및 고찰

[참고 문헌]

2.2.1 드리프트 길이의 변화에 따른 항복전압 변화

드리프트 길이 (L_D)를 $3\mu\text{m}$ 부터 $10\mu\text{m}$ 까지 증가시키면서 이에 따른 SIPOS층이 있는 SOI RESURF 다이오드 항복전압의 변화를 그림 2에 나타냈으며 그 결과를 SIPOS 층이 없는 SOI RESURF 다이오드의 항복전압과 비교하였다. 드리프트 길이가 $8\mu\text{m}$ 일 때에 항복전압은 포화되어 일정한 값을 가짐을 알 수 있는데, 이것은 항복이 수직방향에서 일어나기 때문이다[3]. 따라서 드리프트 길이가 이 이상 증가하여도 항복전압의 변화는 없다. 드리프트 길이가 $3\mu\text{m} \sim 8\mu\text{m}$ 사이에서는 표면전계에 의하여 항복이 일어나며 이때 항복전압은 드리프트 길이에 선형적으로 비례하여 증가하는 것을 알 수 있으며 SIPOS 소자의 항복전압 값이 동일한 드리프트 길이의 산화층만 가지는 소자보다 높게 나타났다. 그림 3과 그림 4는 드리프트 길이가 $4\mu\text{m}$ 이고 표면산화층 두께가 $0.1\mu\text{m}$ 일 때의 표면 전계 및 전위 분포를 나타낸 것이다.

2.2.2 산화층 두께에 따른 항복전압 변화

표면산화층의 두께를 0.01, 0.1, 1.5로 변화시키면서 두께의 변화에 따른 항복전압의 변화를 그림 5에 나타내었다. T_{ox} 가 증가할수록 항복전압이 감소함을 알 수 있었고 T_{ox} 의 두께에 관계없이 드리프트 길이가 $8\mu\text{m}$ 일 때 모두 포화상태에 도달함을 알 수 있었다.

3. 결 론

본 논문에서는 SIPOS SOI RESURF 다이오드의 항복전압은 표면전계에 의한 항복 일 경우 소자의 드리프트 길이에 따라 선형적으로 증가하나 전극의 길이에 따라서도 예민하게 변화하며 드리프트 길이가 일정한 값에 도달하면 수직전계에 의한 항복전압으로 포화됨을 알 수 있었다. 최적의 변수 값에서는 SIPOS의 효과가 나타났지만 변수 값의 변화에 의해 SIPOS 효과가 나타나지 않는 경우도 있었다. 드리프트 길이가 $8\mu\text{m}$ 일 때가 가장 높은 항복전압을 얻을 수 있었고 SIPOS를 증착시킨 소자가 약 10 V 높은 항복전압을 나타내었다. 이를 통해 그림 1의 소자 구조에서 SIPOS 특성이 잘 나타나고 있음을 알 수 있었다. 그리고 표면산화층의 두께가 증가할수록 항복전압이 감소함을 알 수 있었다.

- [1] D. Jaume, et al., " High-Voltage Planar Devices Using Field Plate and Sem-Resistive Layers", *IEEE Trans. Electron Devices*, VOL. 38. NO. 7, pp. 1681-1684, July 1991.
- [2] A. Yahata, et al., " Transient Voltage Induced Leakage Current in Power Diode with SIPOS Resistive Field Plate ", *Proc. ISPSD'95*, pp. 400-403, 1995.
- [3] S. K. Chung, et al., "An Analytical Model for Minimum Drift Region Length for SOI RESURF Diodes", *IEEE Electron Device Letters*, VOL. 17, NO. 1, pp.22-24, Jan., 1996.
- [4] T.Sakai, et al., " Modeling and Characteristic of SIPOS Passivated, High Voltage, N- and P-Channel Lateral RESURF Type DMOSFETs ", *Proc. ISPSD'92*, pp. 288-292, 1992.

※ 이 연구는 95년도 한국과학재단 연구비 지원에 의한 결과임 (과제번호 : 95-0100-05-01-3)

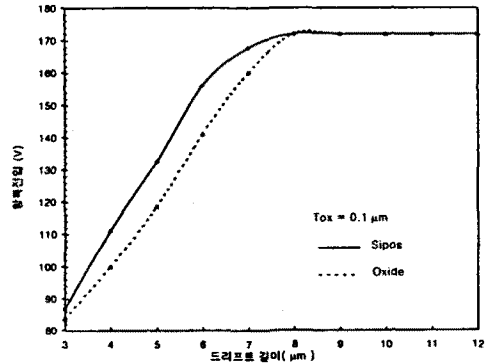
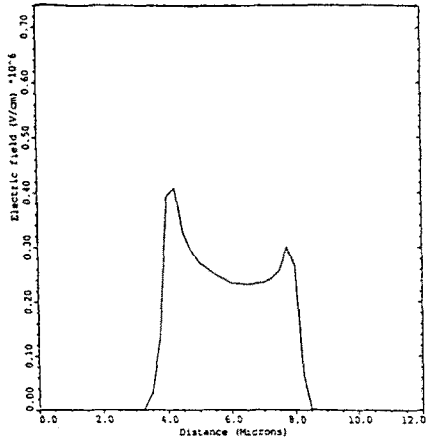
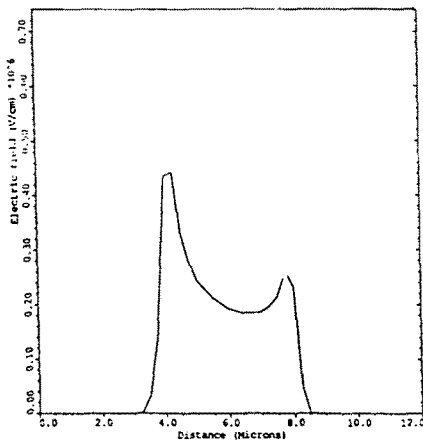


그림 2. 드리프트 길이의 변화에 따른 항복전압 비교

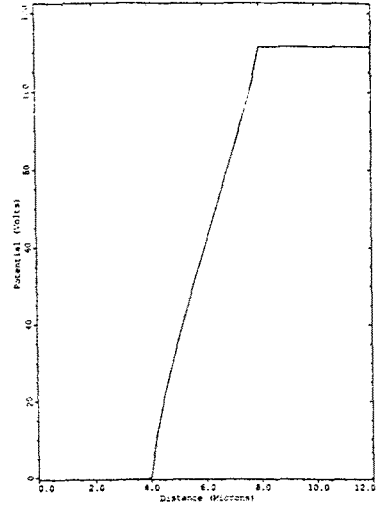


(a)

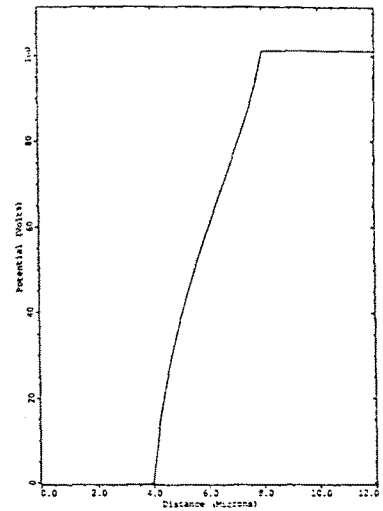


(b)

그림 3. 다이오드의 표면전계 분포
(드리프트 길이 4 μm)
(a) SIPOS층이 있는 구조
(b) SIPOS층이 없는 구조



(a)



(b)

그림 4. 다이오드의 전위 분포
(드리프트 길이 4 μm)
(a) SIPOS층이 있는 구조
(b) SIPOS층이 없는 구조

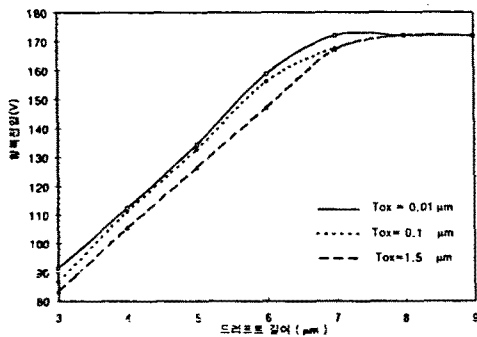


그림 5. 산화층의 두께 변화에 따른
항복전압 비교