

1,200 V급 Floating Island IGBT의 관한 연구

강이구^a

극동대학교 태양광공학과

Study of the 1,200 V-Class Floating Island IGBT

Ey Goo Kang^a

Department of Photovoltaic Engineering, Far East University, Eumseong 27601, Korea

(Received August 7, 2016; Accepted August 24, 2016)

Abstract: This paper was researched about 1,200 V level floating island IGBT (insulated gate bipolar transistor). Presently, 1,200 V level IGBT is used in Inverter for distributed power generation. We analyzed and compared electrical characteristics of the proposed floating island IGBT and conventional IGBT. For analyzing and comparison, we used T-CAD tool and simulated the electrical characteristics of the devices. And we extracted optimal design and process parameter of the devices. As a result of experiments, we obtained 1,456 V and 1,459 V of breakdown voltages, respectively. And we obtained 4.06 V and 4.09 V of threshold voltages, respectively. On the other hand, on-state voltage drop of floating island IGBT was 3.75 V. but on-state voltage drop of the conventional IGBT was 4.65 V. Therefore, we almost knew that the proposed floating island IGBT was superior than the conventional IGBT in terms of power dissipation.

Keywords: Planar gate, Floating island, NPT IGBT, Breakdown voltage, On-state voltage drop

1. 서론

전력용 반도체소자의 발전은 전력분야, 사업기기, 정보통신 가정용 기기에 이르기까지 모든 분야에 걸쳐서 폭넓게 이용되고 있다. 1950년경 개발된 트랜지스터를 정점으로 현재까지 전력용 반도체 소자는 놀랄만한 성장을 하였으며 다양한 응용제품이 출시되고 있다. 사이리스터(thyristor)계열로는 사이리스터(thyristor), 트라이악(triac), 게이트 턴 오프 사이리스터(gate turn-off thyristor, GTO), 스테틱 인덕션 사이리스터(static induction transistor, SIT) 등이 있으며 트랜지스터는

고속 스위칭 기술이 접목된 전력용 트랜지스터로 개발되고 있다. MOS 계열로 전력 MOSFET, IGBT 등이 1970년대에 등장했으며 전력소자의 모듈화가 진행되고 있다. 또한 저가격, 고성능, 고 집적회로의 실현을 위한 지능형 전력전자 소자 및 구동용 IC들이 개발되고 있다. 파워 반도체 소자는 스위칭 동작을 제공하는 제어 소자이기 때문에 전력 소모가 적어야 한다. 그 중 IGBT는 BJT의 높은 전류구동 능력과 MOSFET의 빠른 스위칭을 이용한 전력 반도체 소자이다.

본 연구에서는 T-CAD tool을 사용하여 1,200 V급 플래너 게이트(planar gate) 구조와 동일한 파라미터를 가지는 플로팅 아일랜드(floating island IGBT) 소자를 설계하고 최적화를 진행하였다. 플래너 IGBT와 플로팅 IGBT 두 가지 구조에 대하여 특성 결과를 비교 분석한 다음, IGBT의 항복전압 감소 없이 온-저항을 감소시킬 수 있는 방안을 제시하였다.

a. Corresponding author; keg@kdu.ac.kr

2. 실험 방법

본 연구에서는 비교 대상인 기본적인 플래너 게이트 IGBT에 플로팅 아일랜드(floating island) 영역을 삽입하여 기본적인 플로팅 아일랜드 IGBT를 설계하였다.

그림 1은 이러한 플로팅 아일랜드 IGBT 구조를 보여주고 있으며, 플로팅 아일랜드 영역은 드리프트 영역에 존재하게 된다.

표 1은 소자 및 공정 시뮬레이션을 위한 소자 및 공정 파라미터를 제시하고 있다.

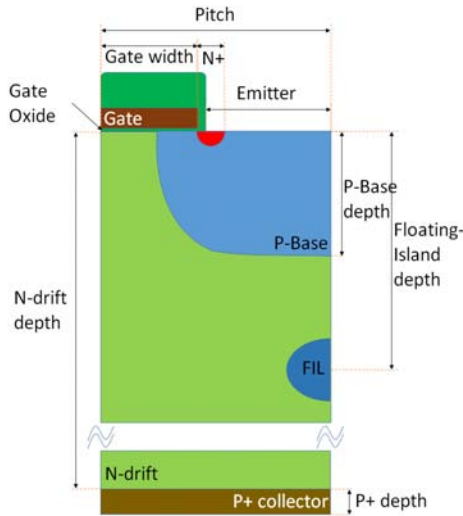


Fig. 1. Planar type floating island IGBT parameter.

Table 1. Planar type 1,200 V floating island IGBT parameter.

Name	Parameter	
Pitch	12	μm
Depth	320	μm
Resist	24.2	Ω
JFET dose	1e12	cm ²
P-base dose	6.4e13	cm ²
Gate width	5	μm
N+ width	1	μm
Emitter width	6.68	μm
Gate oxide depth	900	Å
P-base depth	3.43	μm
P+ depth	0.5	μm
N-drift depth	319.5	μm
FIL(floating dose)	5e13	cm ²
Floating depth	28	μm

2.1 플로팅 아일랜드 깊이에 따른 특성 분석

플로팅 아일랜드의 깊이를 20 μm ~ 38 μm까지 변화시키면서 실험을 진행하였으며, 이러한 변수에 따라서 항복전압과 온 상태 전압 강하의 전기적인 특성을 분석하였다.

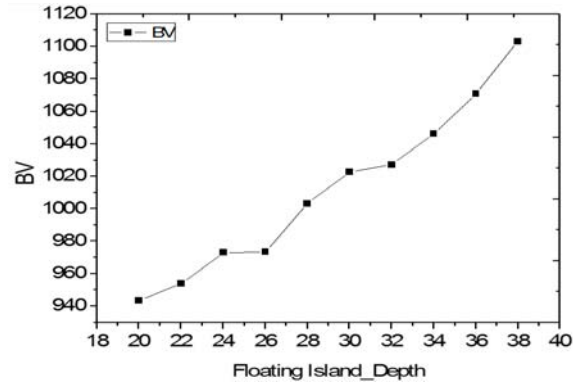


Fig. 2. The breakdown characteristics according to depth of floating island of IGBT.

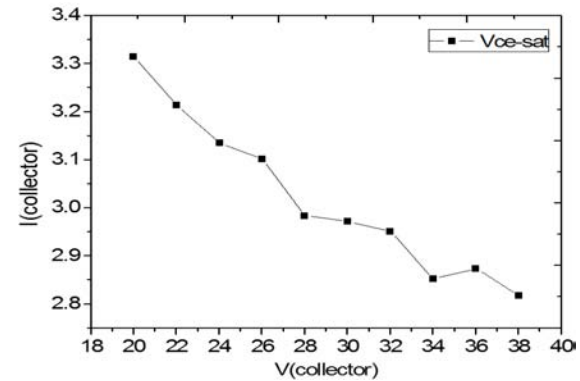


Fig. 3. The on state voltage drop characteristics according to depth of floating island of IGBT.

그림 2는 플로팅 아일랜드의 깊이에 따른 항복전압 특성을 보여주고 있다. 그림에서 보여준 것처럼 깊이가 증가하면 할수록 항복전압도 증가하는 경향을 보여주는 것을 알 수 있다. 이는 플로팅 아일랜드 영역이 전계 분포를 완만하게 해주어 펀치 스루 항복이 천천히 일어나게 해 주는 것을 알 수 있다.

그림 3은 플로팅 아일랜드의 깊이에 따른 온 상태 전압강하 값을 보여주고 있다. 깊이가 깊어질수록 온

상태 전압강하 값이 줄어드는 것을 알 수 있으며, 이는 소자가 온(on) 되었을 때 전력 소모량이 줄어든다는 것을 알 수 있다. 일반적으로 소자의 파라미터를 변화시키면 항복전압과 온 상태 전압강하는 트레이드 오프(trade-off) 관계에 있는데, 플로팅 아일랜드 구조는 그러한 현상을 보여주지 않는 특성을 갖고 있다.

2.2 플로팅 아일랜드 영역의 농도에 따른 실험

그림 4는 플로팅 아일랜드 영역의 농도를 변화시키면서 소자의 핵심 특성인 항복전압과 온 상태 전압 강하 특성을 동시에 보여주고 있다. 그림에서 나타낸 것처럼, 항복전압은 플로팅 아일랜드 영역의 농도가 10^{13} cm^{-2} 일 때 가장 높은 항복전압을 보여주고 있으며, 본 연구에서 개발하고자 하는 1,200 V급을 목표로 했을 때는 10^{12} cm^{-2} 일 때 가능할 것으로 판단되었다. 이때, 온 상태 전압 강하 값은 3.8 V임을 알 수 있었다.

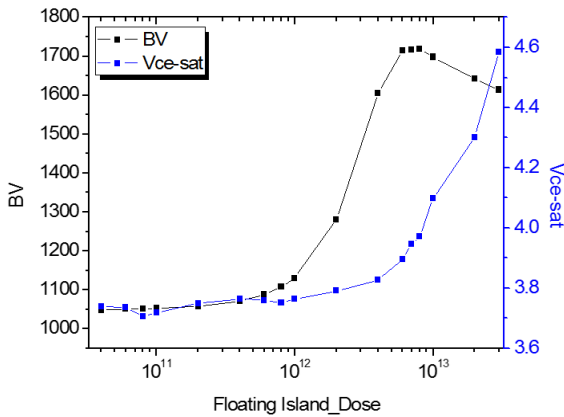


Fig. 4. The breakdown and on state voltage drop characteristics according to depth of floating island of IGBT.

3. 결과 및 고찰

본 논문에서는 플래너 게이트 IGBT에 플로팅 아일랜드 구조를 적용하여 1,200 V급 플로팅 아일랜드 IGBT를 설계하여, 최적화를 수행하였으며, 그에 따른 문턱전압, 온 상태 전압 강하 및 항복전압 값을 표 2에서 간략하게 정리하였다. 동시에 이러한 전기적 특성 그래프는 각각 그림 5, 6, 7에서 제시하였다. 표와 그림에서 알 수 있듯이 항복전압은 기존의 구조 및 제안한 구조 모두 30%의 마진을 두고 설계한 결과 1,456

Table 2. The electrical characteristics of floating island and planar gate IGBT.

	Floating island IGBT	Planar gate IGBT
BV	1456.32 V	1459.08 V
Vth	4.00 V	4.04 V
Vce-sat	3.75 V	4.60 V

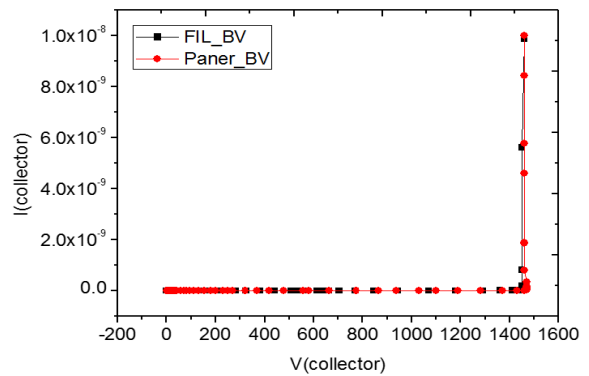


Fig. 5. Floating island and planar compare with the BV.

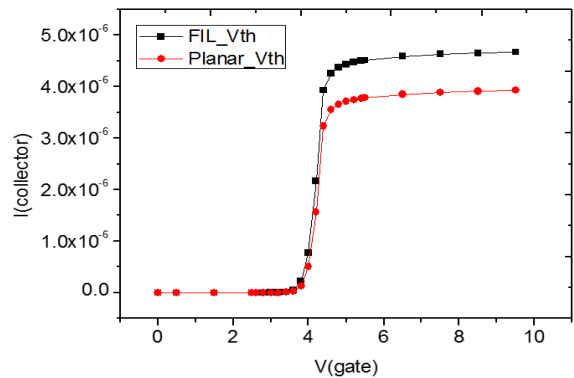


Fig. 6. Floating island and planar compare with the Vth.

~1,459 V의 값을 보여주고 있으며, 크게 변화가 없는 것을 알 수 있다. 또한 문턱전압도 그대로 유지되는 것을 알 수 있다. 그러나 소자의 스위칭 온 시 전력 소모량을 알 수 있는 온 상태 전압 강하값은 줄어들어 특성 향상을 가져오는 것을 알 수 있다. 기존의 구조는 4.6 V인데 반하여 플로팅 아일랜드 구조는 3.75 V로 약 0.9 V의 감소 효과를 가져왔다. 공정상의 어려움만 극복한다면, 매우 효율적인 구조라는 것을 알 수 있다.

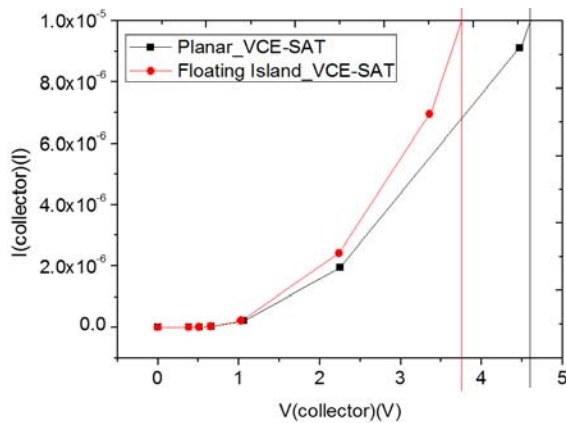


Fig. 7. Floating island and planar compare with the Vce-sat.

4. 결론

본 논문에서는 신재생에너지의 분산 발전 및 산업용 인버터에 사용되는 1,200 V급 플로팅 아일랜드 IGBT를 제안하여 항복전압, 문턱전압 및 온 상태 전압 강하 등과 같은 전기적인 특성에 있어서 일반 NPT IGBT와 비교 분석하였다. 전기적인 특성을 분석한 결과 항복전압과 문턱전압은 두 소자 모두 각각 1,450 V, 4.0 V의 값을 얻을 수가 있었으며, 크게 변화가 없음을 알 수 있었다.

반면에 온 상태 전압 강하에 있어서는 기존의 일반 IGBT 소자는 4.6 V인데 반하여, 제안한 플로팅 아일랜드 구조는 3.75 V로 약 0.95 V의 감소를 가져왔으며, 23%의 효율 향상을 가져 온 것을 알 수 있었다.

REFERENCES

- [1] MOSFET Basics - Fairchild Semiconductor, 2000
- [2] G. P. Sim, B. S. Ann, Y. H. Kang, Y. S. Hong, and E. G. Kang, *J. Korean Inst. Electr. Electron. Mater. Eng.*, **26**, 190 (2013). [DOI: <http://dx.doi.org/10.4313/JKEM.2013.26.3.190>]
- [3] P. J. Verlinden, R. M. Swanson, T. Iwata, K. Handa, H. Ogasa, and D. L. King, *Proc. 12th EC Photovoltaic Solar Energy Conference* (Amsterdam, 1994) p. 1304.
- [4] T. J. Nam, H. S. Chung, and E. G. Kang, *J. Korean Inst. Electr. Electron. Mater. Eng.*, **24**, 713 (2011). [DOI: <http://dx.doi.org/10.4313/JKEM.2011.24.9.713>]
- [5] J. H. Lee, E. S. Jung, E. Y. Kang, *J. Korean Inst. Electr. Electron. Mater. Eng.*, **25**, 270 (2012). [DOI: <http://dx.doi.org/10.4313/JKEM.2012.25.4.270>]
- [6] P. J. Verlinden, R. M. Swanson, and R. A. Crane, *Prog. in Photovoltaic and Applications*, **2**, 143 (1994). [DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/pip.4670020209>]