

## 3,000 V급 초접합 필드링을 갖는 초접합 IGBT 제작에 관한 연구

강이구<sup>a</sup>

극동대학교 태양광공학과

### The Fabrication of Super Junction IGBT with 3,000 V Class Super Junction Field Rings

Ey Goo Kang<sup>a</sup>

Department of Photovoltaic Engineering, Far East University, Eumseong 369-700, Korea

(Received August 8, 2015; Revised August 23, 2015; Accepted August 24, 2015)

**Abstract:** This paper was analyzed electrical characteristics of super junction IGBT with super junction field rings. As a result of super junction IGBT with super junction field rings, we obtained 3,300 V breakdown voltage and good thermal characteristics. we obtained shrunked chip size because field ring was decreased than field ring for conventional IGBT, too. And we fabricated super junction IGBT with super junction field rings. As a result of measuring fabricated chip, we obtained 3,300 V breakdown voltage. The fabricated devices were replaced thyristos using high voltage conversion, sufficiently.

**Keywords:** Planar gate, Super high voltage, Super junction, NPT IGBT, Breakdown voltage

#### 1. 서 론

전력 IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) 소자는 중전압에서 고전압용에 해당하는 전 산업분야에 걸쳐서 사용되는 소자이다. 특히 사이리스터 계열이 많이 사용되는 대용량 분야에서 사이리스터 소자를 대체할 수 있는 소자로 각광을 받고 있다. IGBT 소자는 MOS 구동 소자이면서 동작은 바이폴라소자 동작을 하기 때문에 구동능력이 뛰어나기 때문이다. 대용량 소자에서는 높은 전류와 전압에서 동작하기 때문에 소비전력 및 열 특성이 우수해야 하므로 상당히 낮은 온저항 특성을 갖는 초저합 (super junction, SJ) 구조를 갖는 IGBT의 개발에 박차를 가하고 있는 중이다. 특히

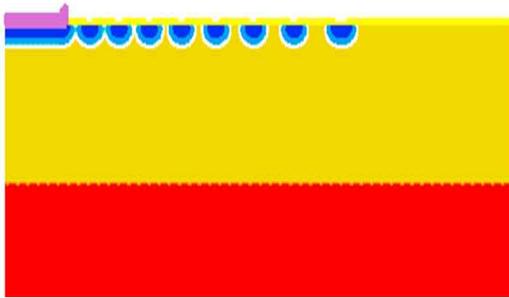
3,000 V 이상을 구현하기 위해서는 활성 소자이외에 전계분포를 완화하기 위해서는 필드링 설계 및 제작이 필수적이다. 따라서 본 논문에서는 초고압(3,000 V 이상)을 유지하면서 온 상태 전압강하를 낮출 수 있으며, 열적 특성이 우수한 대용량 초접합 (super junction, SJ) IGBT 제작을 위해서 3,000 V급 필드링을 초접합 구조를 이용하여 설계하였으며, 이러한 필드링을 갖는 초접합 SJ IGBT를 제작하였다. 이에 따라 제작된 소자의 전기적인 특성을 분석하여 제시하였다.

#### 2. 실험 방법

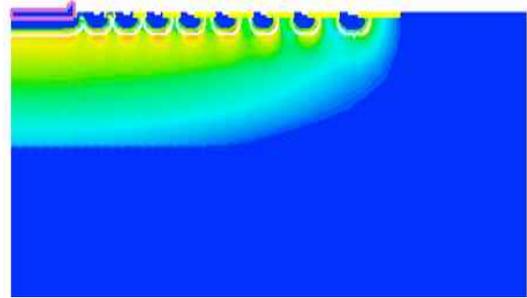
##### 2.1 초접합 3,000 V급 필드링의 설계 및 전기적인 특성

IGBT 단일 소자 chip 설계에서 항복전압을 만족시키기 위하여 주변부에 들어가는 field ring 구조를 3,000 V에

a. Corresponding author; [keg@kdu.ac.kr](mailto:keg@kdu.ac.kr)



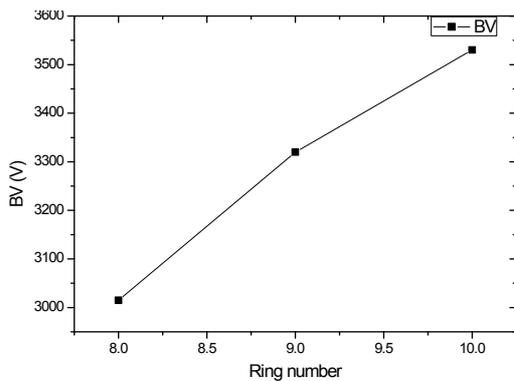
**Fig. 1.** The structure of field rings for conventional NPT IGBT.



**Fig. 3.** The distribution of electric field of field rings for conventional NPT IGBT.

**Table 1.** The design parameters of field ring for conventional NPT IGBT.

Classification	Size ( $\mu m$ )	Classification	Size ( $\mu m$ )
Cell pitch	350	Ring width	26
Field oxide height	3	Buffer width	30
Buffer depth	8	Ring depth	8

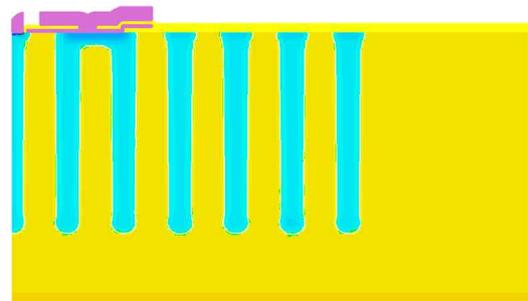


**Fig. 2.** The breakdown voltage characteristics according to field rings of conventional NPT IGBT.

맞추기 위하여 edge termination 부분 설계를 진행하였으며, 기본 구조인 3,000 V field ring을 설계한 후 super junction 구조까지 추가하여 설계하였다.

그림 1에서는 기본적인 초고압 NPT IGBT에 적용되는 필드링의 구조를 보여주고 있다. 필드링의 개수, 필드링의 너비 및 필드링의 깊이에 따라 항복전압은 달라질 수 있다.

표 1에서는 기본적인 초고압 NPT IGBT에 적용되는



**Fig. 4.** The structure of field rings for super junction NPT IGBT.

필드링의 설계파라미터를 보여주고 있다. 이러한 기본적인 설계변수에 의해 필드링의 개수를 8개에서 10개까지 변화시켜 항복전압의 특성을 보여준 것이 그림 2이다.

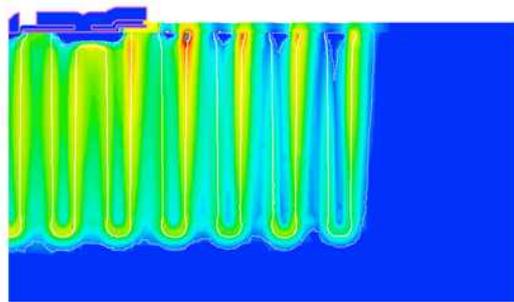
그림 2에서 보여주는 것처럼 항복전압은 3,000 V에서 3,500 V의 변화를 보여주고 있는데, 최적점은 3,300 V를 보여주고 있는 것은 필드링의 개수가 9개에서 최적의 항복전압 특성을 보여주고 있다.

그림 3에서는 기본적인 NPT IGBT에 적용되는 필드링의 전계분포를 보여주고 있으며, 전체적으로 전계분포가 넓게 분포되어 항복전압 특성을 향상시키고 있는 것을 볼 수 있다.

그림 4에서는 초접합 NPT IGBT에 적용되는 필드링의 구조를 보여주고 있다. 표 2에서 제시된 설계 파라미터를 가지고 전기적인 특성을 분석한 결과 기존의 필드링보다 3개가 줄어든 6개의 필드링으로 설계했을 때 3,300 V의 항복전압을 얻을 수 있었으며, 칩 사이즈도 해당되는 길이만큼 줄일 수 있어 효율적인 구조라고 판단된다.

**Table 2.** The design parameters of field ring for super junction NPT IGBT.

Classification	Size ( $\mu\text{m}$ )	Classification	Size ( $\mu\text{m}$ )
Cell pitch	350	Ring width	26
Pillar width	24	Pillar depth	60

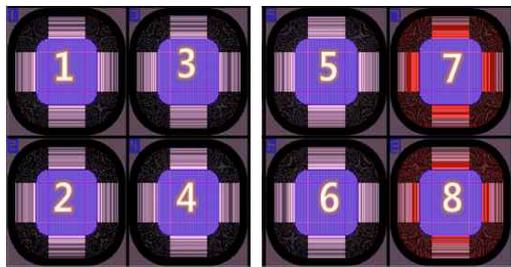


**Fig. 5.** The electric field distribution of field rings for super junction NPT IGBT.

그림 5는 초접합 NPT IGBT에 적용되는 필드링에 대한 전기분포를 보여주고 있다.

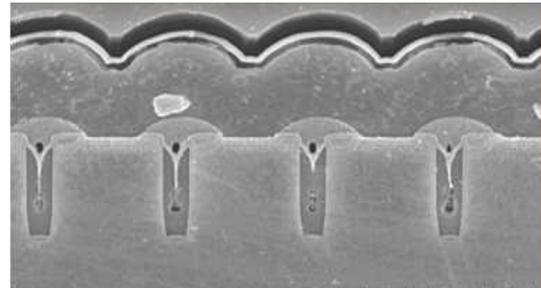
**2.2 초접합 필드링이 적용된 초접합 NPT IGBT의 제작**

앞서 서술한 바와 같이 초접합 IGBT에 적용할 초접합 필드링을 설계한 다음, 초접합 IGBT를 설계 제작한 다음 전기적인 특성을 분석하였다. 본 절에서는 제작된 시제품과 SEM 특성 결과를 서술하고자 한다.

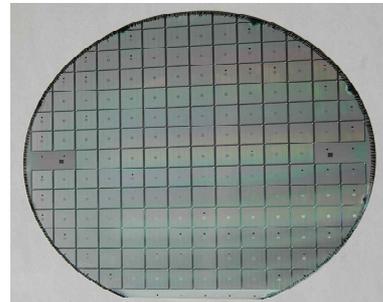


**Fig. 6.** The mask for super junction field ring.

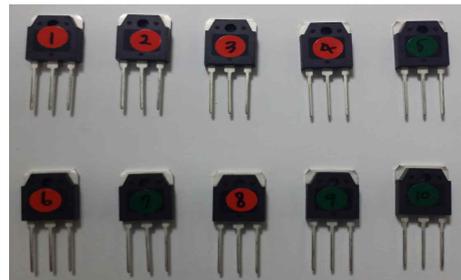
그림 6은 필드링 제작을 위한 마스크를 보여주고 있다. 총 8개의 마스크를 설계 및 제작하여 공정을 진행



**Fig. 7.** The SEM picture of fabricated super junction NPT IGBT.



**Fig. 8.** The wafer of super junction IGBT with super junction field rings.



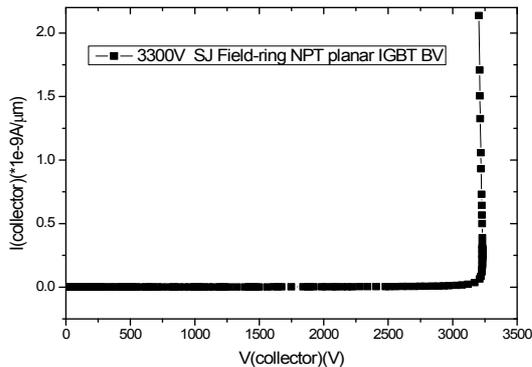
**Fig. 9.** The packaged super junction IGBT with super junction field rings.

하였으며, 1번부터 8번까지 번호를 표시하였다. 그림 6은 제작된 초접합 IGBT의 SEM 사진 특성을 보여주고 있다. 그림에서 보여준 것처럼 초접합의 핵심인 필라(pillar) 층의 형성이 잘된 것을 볼 수 있으며, 초접합 구조의 소자에 대한 공정을 최적화 할 수 있는 가능성을 보여준 것으로 판단된다.

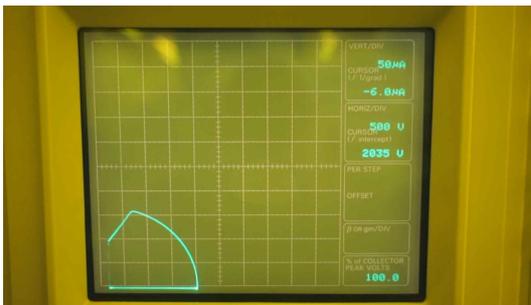
그림 8과 9는 본 연구에서 제시된 초접합 IGBT가 제작된 웨이퍼와 칩 사진을 보여주고 있다.

### 3. 결과 및 고찰

본 절에서는 초접합 공정에 의해 제작된 초접합 필드링을 갖는 초접합 IGBT의 전기적인 특성을 서술하고자 하였다.



**Fig. 10.** The breakdown voltage characteristic of the fabricated super junction IGBT with super junction field rings.



**Fig. 11.** The measured data of super junction IGBT with super junction field rings.

그림 10은 초접합 IGBT의 항복전압 특성을 보여주고 있는데, TCAD로 분석한 결과와 거의 일치하고 있으며, 3,300 V 정도의 항복전압을 나타내고 있다.

그림 11은 실제 고압 I-V 특성장치로 분석한 결과 역시 3,300 V의 항복전압을 보여주고 있다.

### 4. 결론

본 논문에서는 대용량 전력산업에 스위치로 사용되는 3,000 V급 초접합 NPT IGBT 소자에 적용되는 초접합 필드링을 설계하여 전기적인 특성을 분석하였다. 분석한 결과 기존의 범용적인 필드링의 개수보다 3개 적은 6개 필드링으로 3,300 V의 항복전압 특성을 가져올 수 있었으며, 필드링이 줄어들었기 때문에 효율적인 칩 사이즈를 가져올 수 있었다. 아울러 초접합 필드링이 적용된 초접합 IGBT를 제작함과 동시에 패키지까지 수행하여 실제 측정된 결과 설계-분석한 결과와의 일치되는 3,300 V의 항복전압을 나타내었다.

본 연구에서 제작된 초접합 IGBT 소자는 현재 대용량 스위치에 충분히 활용할 수 있어, 공정이 복잡하여 제작하기 어려운 사이리스터 계열의 소자를 대체함과 동시에 단점으로 지적되는 열 특성에 대해서도 충분히 극복할 수 있을 것으로 판단된다.

### 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)
- [3] H. S. Lee, E. G. Kang, A. Shin, H. H. Shin, and M. Y. Sung, *KIEE*, **7** (2006).
- [4] Y. S. Hang, E. S. Jung, and E. Y. Kang, *J. Korean Inst. Electr. Electron. Mater. Eng.*, **25**, 276 (2012).
- [5] J. H. Lee, E. S. Jung, and E. Y. Kang, *J. Korean Inst. Electr. Electron. Mater. Eng.*, **25**, 270 (2012).