

# 새로운 전계 제한테 구조를 갖는 탄화규소 기판의 쇼트키 다이오드의 제작과 특성 분석

정희종\* · 한대현\* · 이용재\*

Fabrications and Analysis of Schottky Diode of Silicon Carbide Substrate with novel Junction Electric Field Limited Ring

Huijong Cheong\* · daehyun Han\* · Yongjae Lee\*

## 요약

초고내압용(1,200 V급)의 플래너 접합 장벽 쇼트키 정류기 개발을 위해서 기존의 실리콘 재질 대신에 탄화규소(4H-SiC) 재질을 사용하였다. 기판의 크기는 2인치 웨이퍼이며, 농도는  $3 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 의 n<sup>+</sup>-형이며, 에파층은 두께 12  $\mu\text{m}$ , 농도는  $5 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$  n-형이다. 제작 소자는 접합 장벽 쇼트키 다이오드이며, 항복전압을 개선시키기 위해 고농도의 보론 보호테의 불순물 분포를 사각모양 설계하였으며, 보호테의 폭과 간격을 변화하였다. 정류성 접촉 금속은 Ni(3,000 Å)/Au(2,000 Å) 사용하였다. 결과로써, 소자의 특성은 온-상태 전압이 1.26 V, 온-상태 저항은 45 mΩ/cm<sup>2</sup>으로 낮은 특성과 역방향 항복전압은 1,180 V의 최대값이며, 이 항복 전압의 역방향 누설전류 밀도는  $2.26 \times 10^{-5} \text{ A/cm}^2$ 의 값이며, 전기적 파라미터의 특성 결과가 개선되었다.

## ABSTRACT

We have used the silicon-carbide(4H-SiC) instead of conventional silicon materials to develope of the planar junction barrier schottky rectifier for ultra high breakdown voltage(1,200 V grade). The substrate size is 2 inch wafer, Its concentration is  $3 \times 10^{18} / \text{cm}^3$  of n<sup>+</sup>-type, thickness of epitaxial layer 12  $\mu\text{m}$ , conentration is  $5 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$  of n-type. The fabricated devices are junction barrier schottky rectifier, the guard ring for improvement of breakdown voltage is designed by the box-like impurity of boron, the width and space of guard ring was designed by variation. The contact metals to rectify were used by the Ni(3,000 Å)/Au(2,000 Å).

As a results, the on-state voltage is 1.26 V, on-state resistance is 45 mΩ/cm<sup>2</sup>, maximum value of improved reverse breakdown voltage is 1180V, reverse leakage current density is  $2.26 \times 10^{-5} \text{ A/cm}^2$ . We had improved the measureme nt results of the electrical parameters.

## 키워드

탄화규소, on-state resistance, leakage current density, Field limited ring

## I. 서 론

최근, 초고내압용의 재질에서 기존의 물질인 실리콘으로는 고압과 열의 한계 때문에 이를 대체하여 양산을 위한 물질로 연구되는 것이 탄화규소 재질의 소자들이다. 초고내압용 소자에서 실리콘을 소재로 한 소자는 역방향

항복 전압의 한계로 인해 초고압 및 고 전류에서 견딜 수 있는 재료가 절실히 요구되고 있다. 이를 위해 실리콘보다 에너지 밴드 캡이 넓은 물질과 열전도도, IGBT 성능지수가 좋은 소재가 요구된다. 이런 물질의 일환으로 탄화규소(SiC)는 2.2~3.3eV의 넓은 에너지 캡을 갖고 있으며, 이는 고전압 소자의 응용 시에 높은 고온에서의 열적 안

정성과 빠른 열전도성을 가지는 성질이 있다. 이런 특성은 온도 1000K 이상의 고온동작이 가능하다. 즉, 탄화규소(실리콘 카바이드)와 종래의 파워 반도체에 사용되는 실리콘과의 비교에서 금지대폭은 약 2.9배, 절연파괴전계는 10배, 열전도도는 3.3배, BFOM (IGBT의 성능지수)은 620배 탄화규소가 장점이 있으며, 단점은 비유전율에서 0.81배, 전자 이동도는 0.75배, 웨이퍼의 가격에서 수 100배의 비싼 값의 특징이 있으며, 이러한 특징들이 고전압 소자를 제작하는데 좋은 재료의 선택으로 대두되고 있다. [1-3]

탄화규소 기판을 이용한 소자의 특징에서, PiN 다이오드는 높은 항복전압에도 불구하고 탄화규소 자체의 넓은 에너지 밴드 캡으로 인해 약 2V의 높은 온-전압을 가지며, 느린 스위칭 특성을 가지는 단점이 있으며, 초고전압 정류소자로는 p-n 접합을 이용한 PiN 다이오드, 반도체와 금속간의 접합을 이용한 쇼트키 접합 다이오드가 연구되고 있다.<sup>[4,5]</sup>

본 연구에서는, 탄화규소(4H-SiC) 웨이퍼를 이용하여 보다 낮은 온-전압과 전류 밀도를 가지면서, 역방향 누설 전류 밀도가 낮고, 역방향 항복 전압을 현격히 개선시킬 접합 장벽 쇼트키 정류기를 설계 제작하고자 한다. 이를 위해서 소자의 구조적인 설계의 변화가 필요하며, 역방향 인가 시에 높은 전계를 제한할 보호 테의 설계가 요구되며, 보호 테의 폭과 간격의 변화를 시키고자 하며, 보호 테는 높은 농도의 P<sup>+</sup>-형과 불순물의 분포가 사각형의 모양이 요구되며, 고온에서의 어닐링이 필요하며, 이를 위해 공정 시뮬레이션의 데이터를 기초로 한 공정으로 소자를 제작하고자 한다. 또한 소자의 전기적 파라미터의 추출 결과를 분석하고자 한다.

## II. 실험 및 시뮬레이션

탄화규소(4H-SiC)의 기판을 결정하기 위한 농도의 조건으로 역방향 항복전압이 1,200V 정도의 고전압과 열에 견디기 위한 웨이퍼의 사양( $n/n^+$ )을 결정하였으며, 예상 소자의 특성을 분석하기 위해 소자 분석 툴을 통한 2차원 특성의 소자 시뮬레이션을 수행하였다. 예상 목표 항복전압 특성과 낮은 온-저항을 갖는 드리프트 층의 두께와 농도는 각각 12 μm,  $5 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ 이며, 직렬 저항 성분과 오믹 저항 성분을 줄이기 위해 기판 농도는  $3 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  이와

웨이퍼의 결정 성장의 비교적 안정성을 위해 cree 회사의 웨이퍼를 결정하였다.

그림1은 이온주입을 P<sup>+</sup>영역의 보호테를 위한 시뮬레이션의 결과로, 보론( $10^{17} / \text{cm}^3$ )을 사용한 농도 분포를 상자 모양으로 형성시키기 위한 결과이다. 주입 에너지는 20, 40, 70, 120, 180, 260, 360KeV로 주입시킨 결과로 전체적으로 포락선의 분포를 나타내었는데, 이는 상자모양의 불순물의 농도 분포는 높은 역방향 인가시에 항복 전계의 높아짐을 낮게 해 주기 위함이다.<sup>[2,3]</sup>

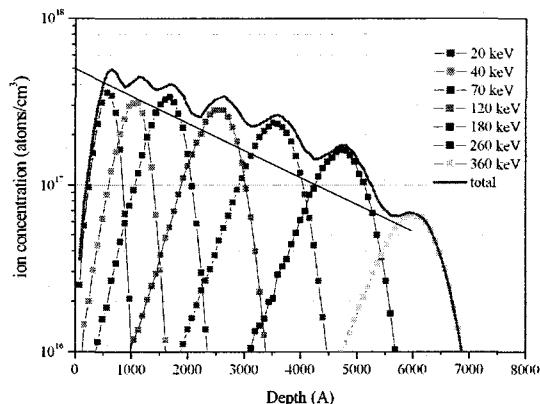


그림 1. 보호 테를 위한 사각분포의 시뮬레이션 결과  
Fig. 1. The simulation results of box-like for guard ring

표 1. 보론 이온주입의 도즈량과 에너지  
Table 1. The dosage and energy for boron(B) ion implantation

| 주입에너지(keV) | 도즈량 ( $\text{cm}^{-2}$ ) |
|------------|--------------------------|
| 20         | $1.7 \times 10^{12}$     |
| 40         | $2.1 \times 10^{12}$     |
| 70         | $2.8 \times 10^{12}$     |
| 120        | $2.9 \times 10^{12}$     |
| 180        | $2.7 \times 10^{12}$     |
| 260        | $2.0 \times 10^{12}$     |
| 360        | $0.9 \times 10^{12}$     |

시뮬레이션을 결과로 탄화규소(4H-SiC) 웨이퍼에 봉소(보론)의 이온후의 웨이퍼의 상태를 분석한 결과가 그림2이며, 결과에서 이온주입 마스크로 사용한 산화막의

가장자리 부분을 원자력 현미경으로 매우 큰 배율로 확대한 사진의 결과로 산화막의 두께는  $318.4\text{ \AA}$ 이며, 탄화규소의 시료의 선택 크기는  $10\text{ }\mu\text{m} \times 10\text{ }\mu\text{m}$  산화막(밝은 부분)은 불규칙하나 탄화규소(어두운 부분)는 원자의 배열이 일정한 것으로 나타난다. 평행한 두선(상하)은 산화막의 탄화규소의 경계를 나타내며, 수직선은 실리콘 산화막 표면의 거친 정도의 프로파일을 나타낸다. 어두운 부분의 일정한 부분의 결과가 우측 그림의 측정 결과의 플롯이다.

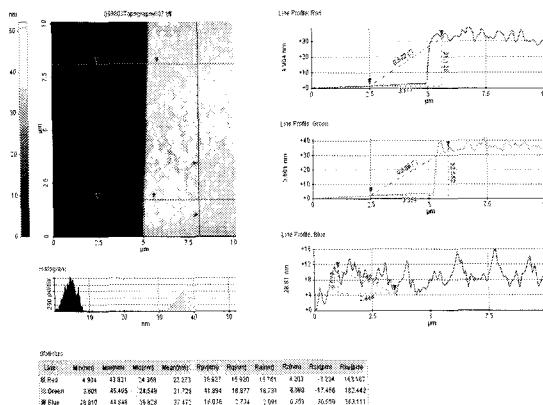


그림 2. 산화막과 탄화규소의 경계 부분의 원자력 현미경 사진 결과 (시료의 크기:  $10\text{ }\mu\text{m} \times 10\text{ }\mu\text{m}$ ), 산화막 두께 :  $318.4\text{ \AA}$

Fig. 2. The results of atomic power microscope (Sample size :  $10\text{ }\mu\text{m} \times 10\text{ }\mu\text{m}$ ), Oxide thickness :  $318.4\text{ \AA}$ )

역방향 항복전압 개선을 위한 이온 주입 공정으로 실제 제작할 접합 장벽 쇼트키 다이오드의 설계치수의 설계치수와 이온 주입 마스크 모양이 그림3이며, 여기에서 설계한 접합 장벽 쇼트키 다이오드의 보호테 형성을 위한 공정이 가장 까다로우며, 이온 주입 마스크의 치수 및 레이아웃을 보여 주고 있다.  $\text{P}^+$  보호테의 영역은 보호테의 폭을  $3\text{ }\mu\text{m}$ 로 고정하고 보호 테와 테의 간격을  $3\sim 9\text{ }\mu\text{m}$ 로  $3\text{ }\mu\text{m}$ 씩 변화시켜 설계한 제작이었다. 이는 높은 역방향 전압을 인가할 때 금속접촉의 가장자리 부분에서 역방향 항복 전계가 집중되므로 이를 분산시키기 위한 방법이 곧 역방향 항복 전압의 개선이 이루어질 것이라는 연구의 취지이다. 따라서 이를 위한 제안으로 보호테  $\text{P}^+$ 영역의 형성과 전계 제한테(FLR : Field Limit Ring) 구조를 함께 설계하는 구조를 제안하여 공정을 위한 마스크를 제작하였다.

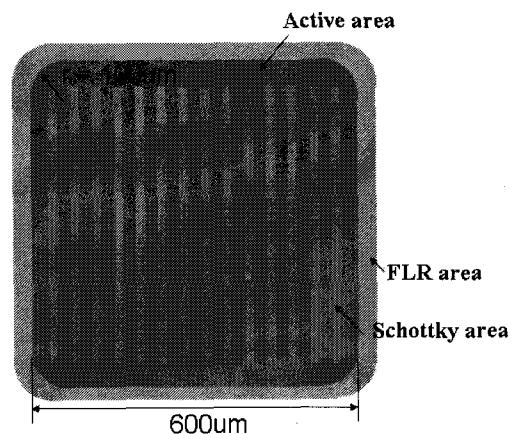


그림 3. 접합 장벽 쇼트키 다이오드의 설계 치수 및 레이아웃 평면도

Fig. 3. Design rule and layout Plan figure of junction shottky diode

그림4의 제작할 단면도에서, 보호테는  $\text{P}^+$ 영역과 전계 제한 영역을 형성시키기 위해서  $\text{P}$ 형 도판트는 알루미늄을 결정하여 제작시에 이온 주입 장치로 도판트를 주입하였다. 기판이 탄화규소 소재이기 때문에 물성적인 층면에서 이온 주입은 높은 에너지가 요구되기 때문에 이온들이 쇼트키 활성영역에 주입되지 않도록 해야 한다.

공정 시뮬레이션을 위해 툴(Silvaco, SRIM2003)을 이용한 이온주입 시뮬레이션의 결과를 바탕으로 실제 공정을 수행하였다. 보호테의 불순물 분포는 이상적인 상자 모양의 접합을 형성하기 위해 다단계의 이온주입을 수행하였으며, 이때 요구되는 최대 가속에너지은  $360\text{ keV}$ 이였으며, 이를 충분히 차단할 수 있는 물질은 금속 층을 이용하였다. 이온 주입 후 주입된 이온들이 전기적으로 도판트로서 역할을 할 수 있게 하는 어닐링은 고온 열처리 방법으로 확산로의 온도  $1700\text{ }^\circ\text{C}$ 에서 30분간 수행하였다. 이온주입 시 쇼트키 접촉이 이루어질 부위의 표면을 위해서 얇은 실리콘 산화막을 형성하였다.

쇼트기 다이오드의 캐소드 전극에는 니켈/티타늄/금( $\text{Ni}/\text{Ti}/\text{Au}$  :  $3000\text{ \AA}/2000\text{ \AA}/2000\text{ \AA}$ )을 증착하여, 온도  $950\text{ }^\circ\text{C}$ 에서 1분30초 동안 열처리하여 오믹 접촉층을 형성하였으며, 앤노드 전극인 쇼트키 접촉은 열 산화막을 제거한 후 접합 금속으로 니켈/금( $\text{Ni}/\text{Au}$  :  $3000\text{ \AA}/2000\text{ \AA}$ )을 증착하여  $500\text{ }^\circ\text{C}$ 에서 90초간 어닐링을 하였다.

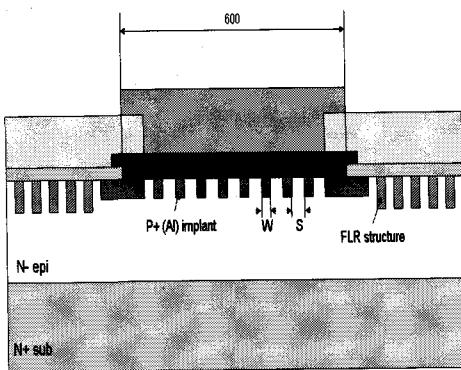


그림 4. 접합장벽 셀트키 정류기의 단면도 (단위는  $\mu\text{m}$ )  
Fig. 4 The cross sectional view of JBS rectifier (unit  $\mu\text{m}$ )

### III. 실험결과 및 고찰

제작한 셀트키 다이오드의 전기적 특성의 결과에서 순방향 결과가 그림5이다. 순방향 온-상태 저항, 이상인자 및 셀트키 장벽의 높이를 구하기 위해 셀트키 다이오드에 대해 이론적인 전압-전류 특성식을 이용하였다.<sup>[4,5]</sup>

$$V_F = \frac{\eta k T}{q} \ln \left( \frac{J_F}{A^{**} T^2} \right) + \eta \phi_B + R_{on} J_F \quad (1)$$

여기에서,  $V_F$ 는 다이오드에 인가된 전압,  $k$ 는 볼츠만 상수,  $q$ 는 전자전하량,  $T$ 는 온도,  $\eta$ 은 이상인자,  $\phi_B$ 는 셀트키 장벽높이, 그리고  $J_F$ 는 순방향 전류밀도이다.  $A^{**}$ 는 Richardson 상수이며, 탄화규소에서 이론적으로 추출한 값  $146 \text{ A/cm}^2 \text{K}^2$ 이다.

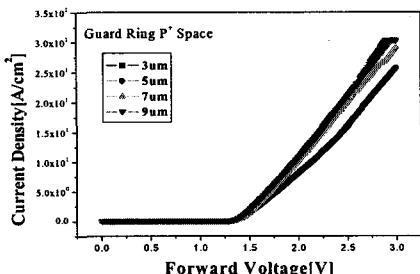


그림 5. 접합장벽 셀트키 정류기의 순방향 특성 ( $P^+$  폭  $3\mu\text{m}$ , 간격  $3, 5, 7, 9\mu\text{m}$ )

Fig. 5. The forward characteristics of JBS rectifier ( $P^+$  width  $3\mu\text{m}$ , space  $3, 5, 7, 9\mu\text{m}$ )

그림5는 접합장벽 셀트키 다이오드에서  $P^+$ 격자의 폭을  $3\mu\text{m}$ 로 고정하고, 간격을  $3, 5, 7, 9\mu\text{m}$ 로  $2\mu\text{m}$ 씩 증가하였을 때 최적값을 추출하기 위해서 순방향 특성을 측정한 결과이다. 측정 결과에서, 순방향 편온 전압  $1.26 \text{ V}$ , 전류밀도  $100 \text{ A/cm}^2$  일 때의 온-저항은 각각  $33.3, 34, 42, 45.3 \text{ m}\Omega/\text{cm}^2$ 로 증가하는 것으로 측정되었다. 이는 기존의 접합장벽 셀트키 다이오드에서는  $P^+$  격자의 폭을 증가시켰을 때 셀트키 활성 영역이 증가함에 따라서 온-저항 성분은 감소하며, 온-저항이 증가하게 된 이유는 항복전압을 높이기 위해  $3\mu\text{m}$  간격으로 설계한 전계 제한테에 주입한 보론의  $P^+$  영역에서 고온열처리( $1600 \sim 1700 \text{ }^\circ\text{C}$ )하는 동안  $3\mu\text{m}$ 의 간격에도 불구하고 과도한 확산이 일어나 온-저항 성분이 증가하게 된 것으로 분석되었다.

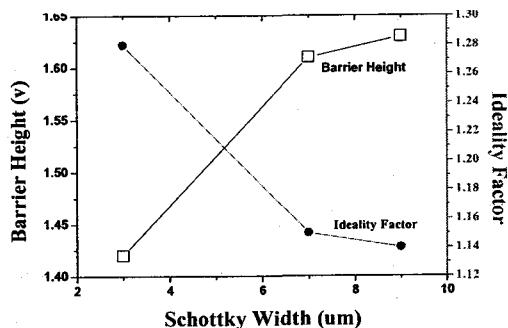


그림 6. 이상인자와 셀트키 장벽높이의 관계  
Fig. 6. The relationship between ideality factor and schottky barrier height

그림6은 순방향 특성 중 이상인자와 셀트키 장벽 높이의 연관성을 추출하기 위해 순방향 특성을 측정하였다. 이상인자의 추출 값은 열전자 만으로 전류를 형성할 때는 값이 1이고, 최고 2인 값의 경우는 전류의 형성이 장벽에서 전자의 터널링에 의한 성분만으로 형성되는 결과로써, 측정 결과는 셀트키 폭이 증가함에 따라서 전류 성분은 열전자에 의한 성분으로 추출되었는데, 이는 간격이 넓어짐으로 인해 공핍층 폭이 넓어짐을 의미한다.

접합장벽 셀트키 다이오드의 순방향 특성에서 전도모드에서는 금속-반도체간의 셀트키 장벽 높이에 의해 결정되는 전압 강하가 있는 셀트키 접촉의 아래의 다중의 전도성 채널을 통하여 전류가 흐른다. 이로 인해 순방향 온-전압은 셀트키 다이오드의 특성을 따르게 된다.

$$\Phi_B = \frac{\eta k T}{q} \log_e \left[ \frac{A^{**} S T^2}{I} \right] \quad (2)$$

측정 결과 온-상태 저항( $R_{on}$ ), 이상인자( $n$ ) 및 식(2)에 의해 쇼트키 장벽( $\Phi_B$ )은 각각  $45 \text{ m}\Omega/\text{cm}^2$ ,  $1.11$ ,  $1.65 \text{ eV}$ 로 측정 및 추출 결과 값이다. 또 온-상태 전압은  $1.26 \text{ V}$ 로 측정되었으며, 이 순방향 온-상태 전압이 다소 높은 이유는 순방향 온-상태 전압을 결정하는 쇼트키 장벽이 니켈(Ni)을 사용함으로써 높아졌기 때문이다(니켈과 탄화규소와의 이론적인 쇼트키 장벽 높이는  $1.69 \text{ eV}$ ).

로그축에 의한 전류 형태와 순방향과 역방향의 전류-전압 특성의 결과가 그림7이며, 보호테의 간격을 고정하고, 폭을 변화시킨 소자의 전류-전압 특성으로 역방향 전압을  $100 \text{ V}$ 까지 인가하여 접합장벽 쇼트키다이오드의 누설전류 특성을 나타낸 것으로, 측정결과 역방향 누설전류 밀도는  $2 \times 10^{-6} \text{ A/cm}^2$ 로 아주 낮은 누설전류 특성을 갖는 것으로 측정 되었으며, 이는 상용화의 가능성성이 있다는 것을 의미한다.

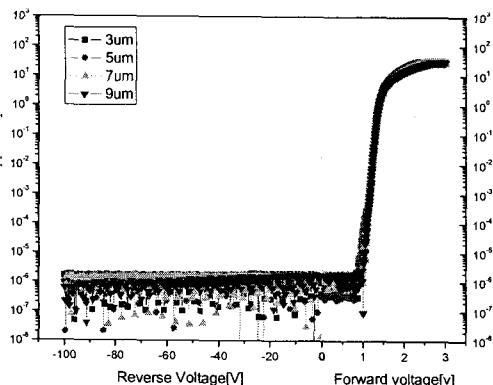


그림 7. 접합장벽 쇼트키 다이오드( $P^+$ 폭 :  $3\mu\text{m}$ , 간격 :  $3, 5, 7, 9\mu\text{m}$ )의 전류-전압 특성

Fig. 7 I-V characteristics of JBS diode( $P^+$ : width  $3\mu\text{m}$ , space :  $3, 5, 7, 9\mu\text{m}$ )

탄화규소 기판의 접합장벽 쇼트키 다이오드(JBS)의 역방향 모드는 역방향 항복 전압의 개선 방안으로 역방향 전압 인가시 접합장벽 쇼트키의 활성영역에 존재하는 p-n 접합에 의한 역방향 공핍층이 넓어져 정류성 접합에 까지 확장되어 쇼트키 접촉을 막아 주기 때문에, 이 결과로 누설전류가 줄어들면서 확장된 공핍층은 드리프트 층을 따라 확장될 수 있다. 따라서 캐소드 영역과 공핍층이

만나 핀치오프를 일으키기 전까지 낮은 누설 전류로 역방향 항복 전압을 높게 견디게 만든다. 따라서 접합장벽 쇼트키 다이오드의 높은 항복전압은 역방향 전압 인가시 PiN 다이오드처럼 동작하기 때문에 높은 항복 전압을 얻을 수 있으며, 그림8은 그 이론적인 결과의 특성이다. 그림8은 제작한 접합장벽 쇼트키 다이오드의 역방향 항복 특성의 측정 결과로 보호테가 없는 경우의 역방향 항복 특성이 약  $260 \text{ V}$ 에서  $P^+$ 보호테가 있는 경우 특성이 현격하게 개선되었으며, 보호테의 폭은  $3 \mu\text{m}$ 이며, 간격을  $3 \mu\text{m}$ ,  $5 \mu\text{m}$ ,  $7 \mu\text{m}$ ,  $9 \mu\text{m}$ 로 각각 설계한 소자에서 보호테의 간격이  $3 \mu\text{m}$ 인 소자의 역방향 항복 특성의 결과를 보여주며, 이때 역방향 누설전류 밀도가  $2.26 \times 10^{-5} \text{ A/cm}^2$  일 때 항복전압은  $1,180 \text{ V}$ (얇은선)로 측정된 결과이며, 전계 제한데를 설계하지 않았는 동일한 크기의 소자의 항복전압 특성은  $220 \text{ V}$ (진한선)로 나타났다.

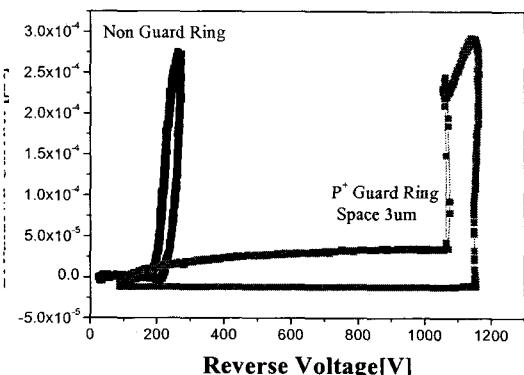


그림 8. 접합장벽 쇼트키 다이오드에서 역방향 항복전압의 특성곡선의 결과 (최대  $V_B = 1,180 \text{ V}$ )  
Fig. 8 The results of I-V characteristics at JBS diodes  
Maximum  $V_B = 1,180 \text{ V}$

#### IV. 결 론

본 논문에서는 초고내압용( $1,200 \text{ V}$ 급)의 정류기 제작을 위해서, 낮은 온-상태 전압, 낮은 누설전류, 높은 열전도도, IGBT의 높은 성능지수를 갖는 특정의 정류기 소자를 제작 분석하기 위해 기판은 탄화규소(4-H SiC) 웨이퍼( $n/n^+$ )를 사용하였고, 소자는 접합장벽 쇼트기(JBS)이며, 구조는 PiN( $P/intrinsic/N$ ) 다이오드의 특성의 장점을 함께 얻도록 하기 위하여 전계 제한데(FLR)와 전계판(FP) 구

조의 소자를 설계 제작하였다. 전계 제한테의  $P^*$ 의 불순물의 농도 분포가 사각형 모양이 현저히 양호한 전류-전압 특성의 결과를 나타내도록 이온 주입법으로 고농도로 설계하였다.

소자의 특성의 결과는 FLR 소자가 FP 소자 보다 월등한 특성의 나타내었으며, 전계 제한테를 갖는 접합장벽 쇼트키 정류기의 역방향 특성에서  $2.26 \times 10^{-5} \text{ A/cm}^2$ 와 같은 높은 역방향 항복 전압과 낮은 역방향 누설전류 밀도의 결과는 소자 제작전의 개선 방향의 방안이 타당하다는 것을 나타낸다. 순방향 특성인 온-상태 전압이 1.26 V로 쇼트키 다이오드의 온-상태 전압(약 0.6~0.8 V)보다 높게 나타났다. 이는 순방향 온-상태 전압을 결정하는 쇼트키 장벽이 1.69 eV인 니켈(Ni)을 사용함으로써 높아졌기 때문이다.

접합장벽 쇼트키 다이오드에서 활성영역의 가장자리 부분에 보호테가 없는 경우의 항복전압이 260V 정도에서  $P^*$  보호테의 설계 및 공정 추가인 소자의 역방향 항복전압이 약 1,180 V로 측정된 결과로 탄화규소 기판의 쇼트키 소자에서도 실리콘 기판의 소자와 거의 동일한 원리로서 개선에 크게 영향을 미치는 인자로 판명되었다. 추후 쇼트키 장벽이 이론적으로 낮은 금속을 이용함으로서 보다 더 양호한 순방향 특성을 얻을 수 있을 것이며, 역방향 특성은 활성영역 부위의 보호테가 크게 항복전압을 개선시키는 결과가 나타났다.

이 논문은 2005년도 동의대학교 자체 학술연구조성비(2005AA159)의 지원으로 연구되었습니다.

## 저자소개

### 정희종(Hui-jong, Cheong)



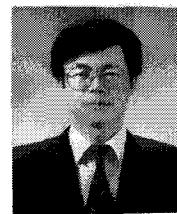
2004년 2월 동의대학교 전자공학과 졸업

2006년 2월 동의대학교 대학원 전자 공학과 졸업 공학석사(반도체 전공)

2004년 3월-2006 2월 : 한국 전기연구원 위촉연구 보조원  
(실리콘카바이드 반도체)

※관심분야: 반도체 공정, 소자 특성분석과 모델링

### 한대현(Dae-Hyun Han)



1986년 8월 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사)

1990년 2월 포항공과대학교 전자전 기공학과 졸업(공학석사)

1996년 8월 포항공과대학교 전자전기공학과 졸업(공학 박사)

1999년 3월 ~ 현재 동의대학교 전자공학과 조교수

※관심분야: RF 소자 및 회로설계, 안테나

### 이용재(YongJae Lee)



1981년 2월 경북대학교 전자공학과  
1983년 2월 연세대학교 대학원 전자 공학과(석사)

1986년 8월 연세대학교 전자공학과  
공학박사(반도체)

83년 1월- '84년 7월 삼성반도체 연구소

1985년 3월- 88년 2월 한국전자통신연구원 집적회로 개  
발부 선임연구원

'91년 7월 - '92년 7월 : 미국 텍사스 대학교(오스틴) Post Dr.

'96년 7월 - 8월 : 일본 게이오 대학 중견과학자 과정

2004년 2월 2005 2월 : 미국 A&M 대학교 방문교수

'88년 3월 - 현재 : 동의대학교 전자공학과 교수

## 참고문헌

- [1] Lin Zhu et al. "Design, Fabrication, and Characterization of Low Leakage Forward Drop, Low Leakage, 1-kV 4H-SiC JBS Rectifiers" IEEE Trans. On Electron Device, vol. 53, no. 2, pp. 363-368, Feb. 2006
- [2] Y. J. Lee et al. " Reverse Voltage Characteristics of 4H-SiC Schottky Diode by Edge Termination Method" KIMME Summer Conference 2005 Vol.6 pp.189-193, 2005
- [3] W Bang et al. "Fabrication and Characterization of 4H-SiC pn Diode with Field Limiting Ring" Materials Science Forum Vol.2-1, pp.1013-1016, 2004
- [4] M. K. Linnarsson, M. S. Janson, A. Schonner, and B. G. Svensson, "Aluminum and boron diffusion in 4H-SiC," in Proc. Mater. Res. Soc. Symp., vol. 742, pp. 291-301, 2003
- [5] H. J. Choeng et al. "Development of Breakdown Voltage according to the Guarding Ring Methods in SiC Schottky Diodes" IEEK Semiconductor Society Summer Conference 2005, Vol.2, pp.249-252, June 2005