

경사진 Field Plate 구조 GaAs 쇼트키 다이오드

김성룡, 양희윤, 최연익
아주대학교 전기전자공학부

GaAs Schottky Diode with Taper Field Plate

Sung-Lyong Kim, Hoie-Yoon Yang, Yearn-ik Choi
School of Electrical & Electronics Engineering

Abstract - A GaAs schottky diode with taper field plate is proposed to increase breakdown voltage. Breakdown voltage is calculated by device simulator MEDICI. The GaAs schottky diode with taper gate which has 5.7 ° taper angle have shown 45% increase in the breakdown voltage compared with conventional field plate GaAs schottky diode.

1. 서 론

갈륨비소(GaAs)는 실리콘(Si)에 비해 이동도(mobility)가 크고, 에너지 밴드갭(E_g)이 넓기 때문에 고속동작이 가능하고 ON 저항이 작다는 장점 등 전력소자로서 매우 우수한 특성을 지니고 있다. 갈륨 비소로 수직형 전력 FET를 만들 경우, ON 저항은 동급의 실리콘 소자에 비해 12배 이상 작게 될 수 있다는 이론적인 연구 결과도 보고된 바 있다[1]. 현재 GaAs를 사용한 전력 용 소자는 실리콘에 비해 재료비가 고가이기 때문에, PN 다이오드 보다는 고속 스위칭의 장점을 살리기 위해 유리한 쇼트키(Schottky) 다이오드에 관심이 집중되고 있다. 최근 미국의 모토로라사에서는 항복전압이 600 V인 GaAs 쇼트키 정류기의 상업적인 개발에 착수하였다[2].

본 논문에서는 field plate를 갖는 기존의 갈륨비소 쇼트키 다이오드보다 높은 항복전압을 얻을 수 있도록 경사진 field plate를 갖는 갈륨 비소 쇼트키 다이오드를 제안하였으며 공정 시뮬레이터 TSUPREM4[3]와 반도체 소자 시뮬레이터 MEDICI[4]를 이용하여 타당성을 입증하고자 한다.

2. 소자의 구조 및 시뮬레이션 결과

그림 1(a)는 기존의 field plate를 갖는 쇼트키 다이오드의 단면도이며 그림 1(b)는 본 논문에서 제안한 경사진 field plate를 갖는 쇼트키 다이오드의 단면도이다. 이때 경사진 산화막은 공정 시뮬레이터인 TSUPREM4를 사용하여 형성하였다. 제안한 소자의 타당성을 입증하기 위해 반도체 소자 시뮬레이터인 MEDICI를 이용하였고, 그때 사용한 여러 변수들의 값을 표 1에 나타냈다.

표 1. 시뮬레이션에 사용한 변수들

변 수	값
기판의 농도, N_{SUB}	$2.0 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$
에피층의 농도, N_{EPI}	$1.5 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$
에피층의 두께, d_{EPI}	11.5 μm
산화막의 두께, T_{OX}	0.5 μm
Field plate 길이, L_{FP}	5 μm
Filed plate 경사각, θ	5.7 °
쇼트키 장벽, ψ_b	0.8 V

2.1 On-state Characteristics

그림 2에 GaAs 쇼트키 다이오드의 순방향 I-V 특성을 나타냈다. 기존의 field plate 쇼트키 다이오드와 제안한 경사진 field plate 쇼트키 다이오드의 애노드(anode) 접촉영역 면적이 동일하므로 두 소자는 같은 크기의 전류밀도를 갖는다.

그림 2로부터 전류밀도가 0.1A/cm²일 경우 cut-in 전압이 0.34 V로서 전형적인 쇼트키 다이오드의 순방향 전압강하특성을 나타낸다. 또한 이로부터 얻을 수 있는 이상계수(ideality factor) n은 직선의 기울기를 측정하여

$$n = \frac{q}{kT} \frac{\partial V}{\partial(\ln J)}$$

로부터 구할 수 있으며, 약 1.03이었다.

2.2 Breakdown Characteristics

항복전압을 계산하기 위하여 애노드를 접지시키고 캐소드(cathode)에 양의 전압을 인가하였다. 그림 3에 항복이 일어났을 때 기존의 field plate 쇼트키 다이오드와 제안한 경사진 field plate 쇼트키 다이오드의 등전위선 분포와 공핍층영역을 나타냈다. 이때 실선은 등전위선을, 점선은 공핍층영역을 각각 나타낸다. 기존의 field plate 쇼트키 다이오드의 항복전압은 100 V, 제안한 경사진 field plate 쇼트키 다이오드의 항복전압은 145 V로 제안한 경사진 field plate 쇼트키 다이오드는 기존의 field plate 쇼트키 다이오드보다 항복전압이 약 45% 향상되었다.

항복이 일어났을 때인 그림 3(a) 기존의 쇼트키 다이오드의 공핍층 넓이는 약 8um인 반면 그림 3(b) 제안한 쇼트키 다이오드의 경우는 10um로서 더 높은 항복전압을 견딜 수 있음을 알 수 있다. 이는 경사진 field plate의 영향으로 공핍층 영역을 기존의 field plate 구조보다 더욱 캐소드쪽으로 확장 할 수 있었기 때문이다.

그림 4는 캐소드에 80 V의 전압을 인가하였을 때의 표면 전계 분포를 나타낸다. 이때 최대 전계 값은 기존의 field plate인 경우 5.7×10^5 V/cm, 제안한 쇼트키 다이오드인 경우 4.0×10^5 V/cm로 최대전계치가 약 43% 감소했다. 항복전압은 최대 전계치와 밀접한 관계가 있으므로 제안한 구조는 기존의 구조에 비해 항복전압을 향상시킬 수 있다. 기존의 구조인 경우 field plate가 끝나는 부분에서 최대 전계가 발생했으나, 제안한 구조의 경우 field plate가 끝나는 부분이 상대적으로 완화되었고 기존 구조에서는 전계가 낮았던 field plate의 시작점에서 전계를 높임으로써 전체적으로 기존구조보다 균일한 전계 분포를 나타낸다. 따라서 경사진 field plate를 설치하는 것이 기존의 field plate에 비해 항복전압을 향상시킬 수 있음을 알 수 있다.

3. 결 론

본 논문에서는 field plate를 갖는 기존의 갈륨 비소 쇼트키 정류기보다 높은 항복전압을 얻을 수 있는 경사진 field plate를 갖는 갈륨 비소 쇼트키 정류기를 제안하였으며 반도체 소자 시뮬레이터 MEDICI를 이용하여 타당성을 입증하였다. 0.5um의 산화막과 5um 길이의 field plate를 갖는 기존의 쇼트키 다이오드의 항복전압은 100V,

0.5um의 산화막을 갖고 field plate의 경사를 5.7°로 한 제안된 쇼트키 다이오드의 항복전압은 145V로 기존의 field plate를 갖는 구조 보다 항복전압이 45% 향상되었다.

※ 이 연구는 1996년도 기초전력공학연구소 연구비 지원에 의한 결과임(과제번호 : 96-042)

[참 고 문 헌]

- [1] B.J.Baliga, IEEE Electron Device Letters, EDL-Vol.10, pp.455-457, Oct., 1989.
- [2] Ali S.M. Salih et al. Proc. PEDS'95, pp.259-263, Singapore, Feb., 21-24, 1995.
- [3] TMA TSUPREM-4 "Two-dimensional process simulation program," User's Manual, 1996.
- [4] TMA MEDICI "Two-dimensional device simulation program," User's Manual, 1996.

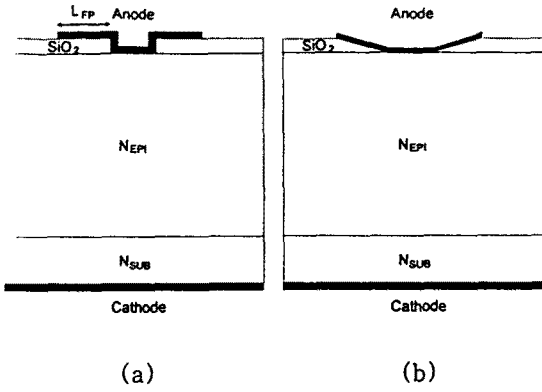


그림 1. 쇼트키 다이오드의 단면도
 (a) 기존의 field plate 구조
 (b) 제안한 경사진 field plate 구조

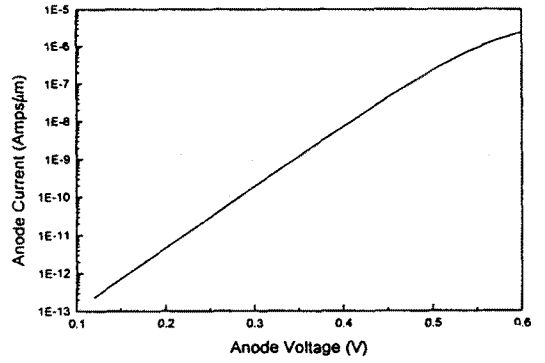


그림 2. 순방향 I-V 특성

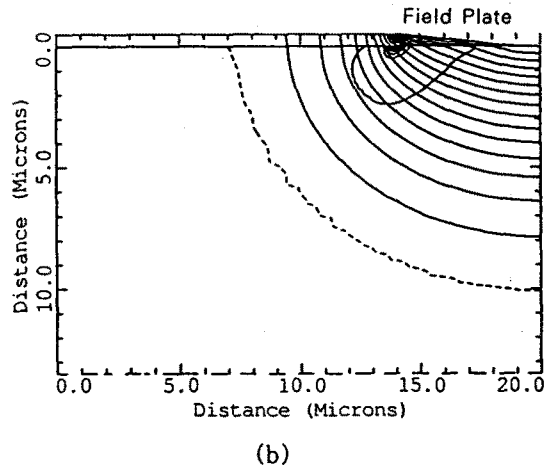
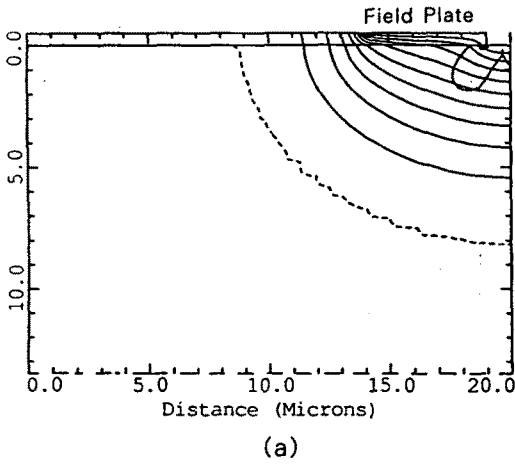


그림 3. 항복시의 등전위선 분포
 (a) 기존의 field plate 구조
 (b) 제안한 경사진 field plate 구조

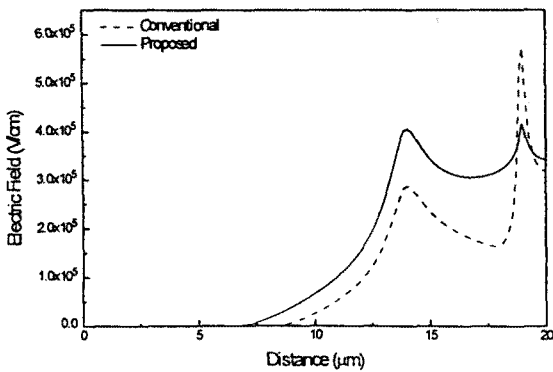


그림 4. 다이오드의 표면전계 분포 (at 80V)