

論文2003-40SD-6-3

300V용 Mo-MPS 정류기의 제조 및 그 특성 (Fabrication and Characteristics of 300V Mo-MPS Rectifier)

崔馨護*, 朴根用*, 金準植**, 崔時永*

(Hyoung-Ho Choi, Keun-Yong Park, Jun-Sik Kim, and Sic-Young Choi)

요약

일반적인 MPS 정류기의 순방향 전압강하 및 전력손실을 향상시키기 위해 몰리브덴을 장벽금속으로 사용하여 새로운 Mo-MPS 정류기를 제조하였다. 제조된 Mo-MPS 정류기의 전기적 특성을 Al-MPS 및 Pt-MPS 정류기와 비교함으로써 특성을 평가하였다. 실험 결과 동일한 0.1A의 전류에서 Mo-MPS 정류기의 순방향 전압강하가 Al-MPS 및 Pt-MPS 정류기와 비교하여 각각 0.11V, 0.24V 낮게 나타났다. 따라서 순방향 전류밀도와 순방향 전압강하에 지배적으로 의존하는 전력손실에 있어서도 일반적인 MPS 정류기와 비교하여 향상되었다. 68% 쇼트키 접합 면적비를 가지는 Mo-MPS 정류기의 역방향 항복전압은 대략 304V로 나타났다. 이는 Al-MPS 및 Pt-MPS 보다 낮은 순방향 전압강하를 가지면서도 높은 역방향 항복전압 특성을 보여준다.

Abstract

The current paper presents a new Mo-MPS rectifier using molybdenum as barrier metal to improve on the low forward voltage drop and power dissipation of the conventional Al-MPS and Pt-MPS rectifier. Electrical characteristics of the fabricated Mo-MPS rectifier are investigated compared with Al-MPS and Pt-MPS rectifier. At the same current level, the forward voltage drop of the Mo-MPS was reduced by 0.11V~0.24V compared to that of the conventional MPS rectifier. Accordingly, since the power dissipation of a rectifier mostly depends on the forward current density and forward voltage drop, the Mo-MPS rectifier achieved improved power dissipation when compared to the conventional MPS rectifier. The reverse breakdown voltage of a Mo-MPS rectifier with 68% Schottky junction area was about 304V. Despite having a lower forward voltage drop than a conventional MPS rectifier, the Mo-MPS rectifier still exhibited a higher reverse breakdown voltage.

Keyword : Power diode, MPS, Schottky junction

* 正會員, 慶北大學校 電子電氣컴퓨터學部
(School of Electrical Engineering and Computer Science Kyungpook National University)

** 正會員, KEC

※ 본 연구는 2001년도 산업자원부 산업기술개발(부품소재) 사업의 지원에 의하여 이루어진 것임

接受日字:2002年8月22日, 수정완료일:2003年5月21日

I. 서론

고전압 전력 소자는 모터제어, 통신회로, 디스플레이 구동 회로 등에 다양하게 사용된다. 전력 정류기 소자의 정류 및 스위칭 성능은 에너지의 효율적인 사용에 커다란 영향을 주기 때문에 전력 손실(power dissipation, P_D)을 줄이기 위하여 낮은 turn-on 전압

특성을 필요로 하고 있다^[1, 2]. Si PIN 정류기의 P_D 를 감소시키고 Si 쇼트키(Schottky)정류기의 낮은 항복 특성을 높이기 위해 1987년에 B. J. Baliga에 의해 Si MPS(merged PIN Schottky)정류기가 제안되었다^[1, 3]. Si MPS 정류기는 Si 쇼트키 정류기의 일반적인 구조에 Si PIN 정류기의 구조를 포함시킴으로써 Si PIN 정류기의 장점인 높은 역방향 항복전압(reverse breakdown voltage, V_{BR})과 쇼트키 정류기의 낮은 turn-on 전압을 상호 보완 할 수 있는 구조로 알려져 있다^[1, 3-6].

본 연구에서는 Si을 이용하여 300V의 V_{BR} 을 가지는 Mo-MPS 정류기를 설계 및 제조 하였다. 먼저 쇼트키 장벽금속(barrier metal)으로 몰리브덴(molybdenum), 알루미늄(aluminum) 및 백금을 사용하여 MPS 정류기를 각각 제조하였다. 제조된 MPS정류기의 쇼트키 변수들을 I-V 특성^[7, 8] 및 C-V 특성^[4, 8]으로부터 도출하였고, 장벽금속에 따른 순방향 및 역방향 특성을 조사 및 분석하였다. 또한, Mo-MPS 정류기의 쇼트키 접합 면적비를 각각 77%, 59%로 설계하여 300V용 Mo-MPS 정류기를 제조하여 쇼트키 접합 면적비에 따른 전력손실을 조사하였다.

II. 설계 및 실험

MPS 정류기의 전력손실을 결정하는 순방향 전압강하(forward voltage drop, V_F)와 역방향 누설전류(reverse leakage current, I_R)은 쇼트키 장벽높이(ϕ_B)와 에피텍셀층의 농도 및 두께에 의해서 결정된다. 또한, P⁺iN 접합영역과 쇼트키 접합영역의 면적비는 V_F 와 I_R 의 크기를 결정하며, 에피텍셀층의 농도 및 두께는 V_{BR} 을 결정한다^[2-4, 6]. 본 연구에서는 P⁺iN 영역과 쇼트키 접합영역의 면적비를 32 : 68로 형성하였다. 즉, 전체 면적에서 쇼트키 접합 면적비가 68%가 되도록 P⁺iN 영역을 형성하였다. <표 1>은 본 실험에서 제조된 MPS 정류기의 설계 조건을 나타낸다. <그림 1>에 68% 쇼

표 1. MPS 정류기의 설계 조건.

Table. 1. Design condition of the MPS rectifier.

Chip size (mm)	Schottky junction area (μm^2)	P ⁺ iN junction width (μm)	P ⁺ iN junction area (μm^2)	% Schottky junction area (%)
2.6 × 2.6	3,866,560	110,110,110	1,797,840	68

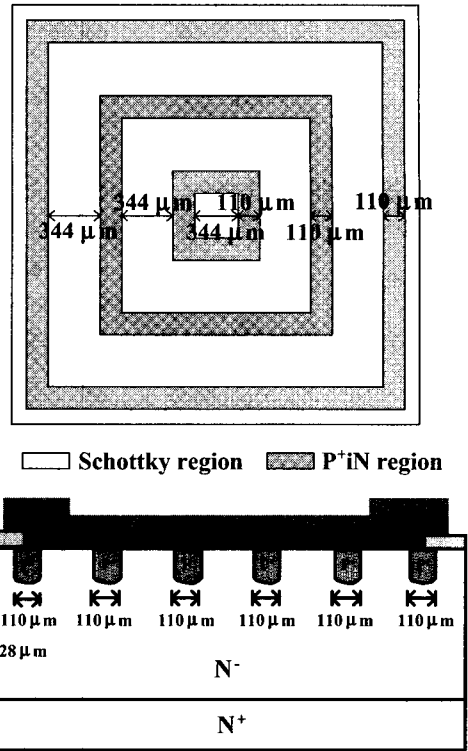


그림 1. 68% 쇼트키 접합 면적비를 가지는 MPS 정류기의 마스크 패턴과 수직 단면 구조.

Fig. 1. Mask pattern and cross sectional view for the MPS rectifier with 68 % Schottky junction area.

트키 접합 면적비를 가지는 MPS 정류기의 마스크 패턴과 수직 단면구조를 나타내었다.

비저항이 0.0135 $\Omega \cdot cm$ 인 $N^+ <111>$ Si 기판 위에 농도가 $3 \times 10^{14} cm^{-3}$ 이고 두께가 28.0 μm 인 에피텍셀층을 형성하였다. V_{BR} 을 높이고 I_R 을 감소시키기 위하여 이온주입기를 사용하여 N형 Si층에 100 μm 의 폭을 가지는 세 개의 P⁺iN 접합영역을 <그림 1>과 같이 형성하였다. 이온주입의 소스는 $BF_3(11B^+)$ 을 사용하였으며, 단위 주입량 및 가속에너지는 각각 $5.0 \times 10^{14} ions/cm^2$, 50 keV이다. 이온주입 후 1200 $^\circ C$ 에서 약 140분 동안 확산을 실시하여 면저항이 $140 \pm 20 \Omega / \square$ 이고 접합깊이가 5.0 μm 인 P⁺iN 접합 영역을 형성하였다. P⁺iN 접합영역 형성 후 쇼트키 영역의 산화막을 제거한 후 쇼트키 접합을 이루는 장벽금속으로 몰리브덴과 알루미늄 및 백금을 전자빔 증착기(e-beam evaporator)를 사용하여 0.2 μm 의 두께로 각각 증착하였다. 접촉 전극(contact metal)은 알루미늄을 열 증착기를 사용하여 0.3 μm 의 두께로 형성하였다. HP-4155A(semiconductor

parameter analyzer) 및 Tektronics 370A curve tracer 를 사용하여 I-V 특성 및 역방향 항복특성을 측정하였고, HP-4280(impedance analyzer)을 이용하여 C-V 측 정을 수행하였다.

III. 결과 및 고찰

<그림 2>는 제조된 MPS 정류기의 I-V 특성을 나타낸 것이다. 동일한 0.1 A의 I_F 에서 Mo-MPS, Al-MPS 및 Pt-MPS 정류기의 V_F 는 각각 0.40V, 0.51V, 0.64V로서 Mo-MPS 정류기가 가장 낮은 V_F 를 나타내었으며, Pt-MPS 정류기가 가장 높은 V_F 를 나타내었다. 이는 장 벽금속에 따라 V_F 특성이 변화함을 알 수 있다. I-V 법을 이용하여 쇼트키 장벽 높이(Schottky barrier height, ϕ_B), 이상계수(ideality factor, η) 그리고 직렬저항(series resistance, R_S)를 <그림 2>의 반대수 I-V 그래프로부터 도출하였다. 이상적인 쇼트키 정류기의 I-V 모델에서 얻 어지는 이상계수 η 과 ϕ_B 의 값은 I-V 측정구간이 대체 로 비 선형적이기 때문에 오차가 크며 R_S 및 병렬 누설저 항(parallel leakage resistance, R_L)에 의한 영향을 무시하 는 단점이 있다^[7]. 따라서 본 논문에서는 최근에 제시된 바 있으며^[7], R_S 를 고려한 개선된 해석모델을 도입하여 보 다 안정적인 쇼트키 변수들을 추출하였다. 실질적인 금속-반도체 쇼트키 정류기는 R_S 와 R_L 을 고려한 등가회로로 설명될 수 있다. 이때 R_S 와 R_L 은 금속과 Si의 접촉저항과 Si내의 저항성분이 모두 포함하고 있으며, 일반적으로 N⁺형 Si의 저항성분이 금속과 Si의 접촉저항보다 상대적으로 매우 큰 값을 가진다.

R_S 와 R_L 을 고려하였을 때 쇼트키 정류기의 I-V 특성은 식 (1)과 같이 표현할 수 있다^[7].

식 (1)에서 매우 낮은 순방향 전압이 인가 된 경우 R_S 는 R_L 에 비해 상대적으로 매우 크기 때문에 식 (1)의 R_L 항은 무시 할 수 있다.

$$I = I_S \left(e^{\frac{q}{nkT}(V - R_S I)} - 1 \right) + \frac{1}{R_L} (V - R_S I) \quad (2)$$

여기서 T는 절대온도, k는 볼츠만 상수 그리고 n과 q는 각각 이상계수와 전하량이다. 식 (1)을 이용하여 68%의 쇼트키 접합 면적비를 가지는 MPS 정류기의 ϕ_B , η , R_S 의 계산 결과를 <표 2>에 나타내었다. <표 2>와 같이 I-V 법을 통한 ϕ_B 의 계산 결과 Mo-MPS, Al-MPS 및 Pt-MPS 정류기가 각각 0.59V, 0.63V, 0.71V로서 Mo-MPS 정류기가 가장 낮은 ϕ_B 를 나타내었으며 Pt-MPS 정류기가 가장 높은 ϕ_B 를 나타내었다. 또한 Mo-MPS, Al-MPS 및 Pt-MPS 정류기의 R_S 값은 각각 1.41 Ω , 2.35 Ω , 3.24 Ω 으로서 Mo-MPS 정류기의 R_S 값이 가장 작게 나타났다. <표 2> 에서와 같이 C-V 법을 통하여 계산된 Mo-MPS와 Pt-MPS 정류기의 이온화된 불순물의 농도(ionized donor concentration, N_D)는 각각 $3.19 \times 10^{15} \text{cm}^{-3}$, $2.73 \times 10^{16} \text{cm}^{-3}$ 으로서 Mo-MPS 정류기의 N_D 가 가장 크고 Pt-MPS 정류기의 N_D 가 가장 작게 나타났다. 따라서 가장 큰 N_D 값을 가지는 Mo-MPS 정류기의 R_S 값이 가장 작게 나타났고, N_D 값이 가장 작은 Pt-MPS 정류기의 R_S 값이 가장 크게 나타난 I-V 법에 의한 R_S 계산결과와 일치함을

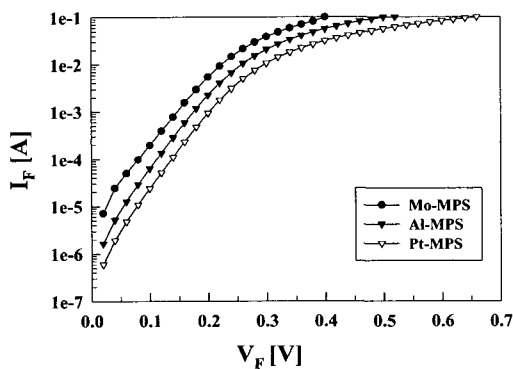


그림 2. 68 % 쇼트키 접합 면적비를 가지는 MPS 정류기의 I-V 특성

Fig. 2. I-V characteristics of MPS rectifiers with 68 % Schottky junction area.

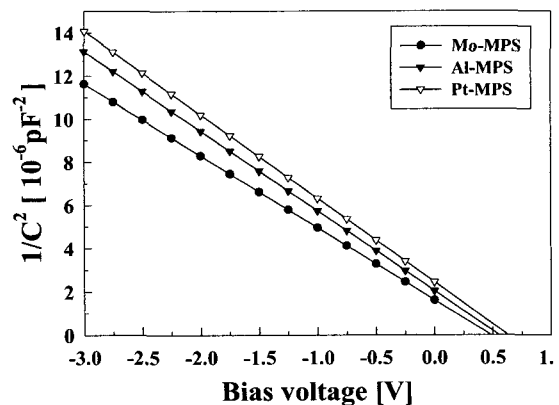


그림 3. 68% 쇼트키 접합 면적비를 가지는 MPS 정류기의 C-V 특성

Fig. 3. C-V characteristics of MPS rectifiers with 68 % Schottky junction area.

표 2. I-V 법과 C-V 법을 통한 쇼트키 변수들
Table 2. Schottky parameters measured by I-V and C-V methods.

Method	Parameters	Mo	Al	Pt
I-V	Schottky barrier height, ϕ_B (V)	0.59	0.63	0.71
	Ideality factor, n	1.17	1.19	1.18
	Series resistance, R_S (Ω)	1.41	2.35	3.24
C-V	Schottky barrier height, ϕ_B (V)	0.72	0.80	0.87
	Ionized donor concentration, N_D (cm^{-3})	3.19×10^{19}	2.87×10^{19}	2.73×10^{19}
	Schottky barrier lowering, $\Delta\phi_B$ (V)	0.02	0.02	0.02

알 수 있다.

<그림 3>은 68 % 쇼트키 접합 면적비를 가지는 MPS 정류기의 $1/C^2$ -V 특성을 나타낸다. 역방향 인가 전압(reverse bias voltage, V_R)의 변화에 따른 쇼트키 정류기의 커패시턴스 값의 변화를 측정하는 C-V 법으로부터 ϕ_B 와 N_D 를 도출하였으며, 장벽금속에 따른 ϕ_B 와 N_D 를 <표 2>에 나타내었다. C-V 법을 이용한 계산 결과 Mo-MPS, Al-MPS 및 Pt-MPS 정류기의 ϕ_B 가 각각 0.72V, 0.80V, 0.87V로서 I-V 법에 의한 계산 결과와 동일하게 Mo-MPS 정류기의 ϕ_B 가 가장 낮게 나타났다.

<그림 4>는 제조된 68 %의 쇼트키 접합 면적비를 가지는 MPS 정류기의 I_F - V_F 특성과 I_R - V_R 특성을 측정된 결과이다. <그림 4(a)>의 I_F - V_F 특성으로부터 동일한 0.1A의 I_F 에서 Mo-MPS, Al-MPS 및 Pt-MPS 정류기의 V_F 는 각각 0.40V, 0.51V, 0.64V로서 Mo-MPS정류기가 가장 낮은 V_F 를 나타내었다. 이는 I-V 법 및 C-V 법으로부터 계산된 ϕ_B 의 값이 가장 작기 때문에 열 이온화 전자방출 확률이 Mo-MPS 정류기가 가장 크기 때문이다. I_F - V_F 특성에서는 동일한 -20 V의 V_R 에서 Mo-MPS 정류기가 -5.79 μ A의 I_R 를 나타내어 Al-MPS 및 Pt-MPS 정류기와 비교하여 각각 -1.59 μ A, -2.82 μ A 높은 I_R 특성을 나타내었다.

이는 ϕ_B 가 낮으면 열 적으로 생성되는 캐리어가 보다 더 쉽게 장벽을 넘어 가게 되어 I_R 를 증가시키기 때문이다^[4,8]. I_F - V_F 특성 및 I_R - V_R 특성의 측정결과 MPS 정류기는 V_F 와 I_R 사이에 trade-off 관계가 있음을 알 수 있다. 즉, 낮은 V_F 특성을 나타내면 큰 I_R 를 가진다. 따라서 MPS 정류기의 설계에 있어 trade-off 관계를 고려해야 한다.

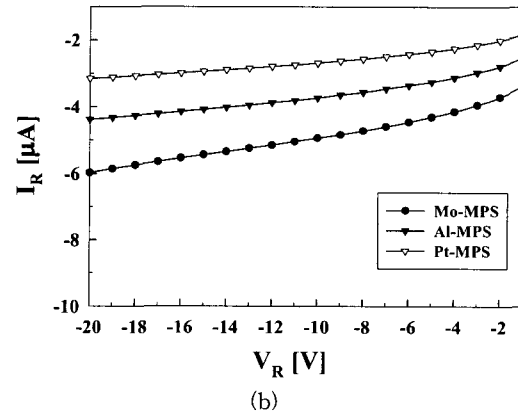
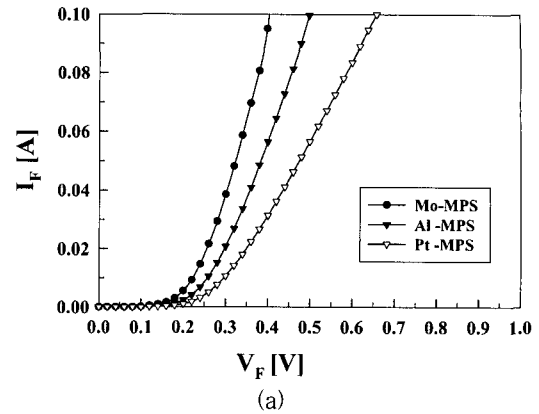


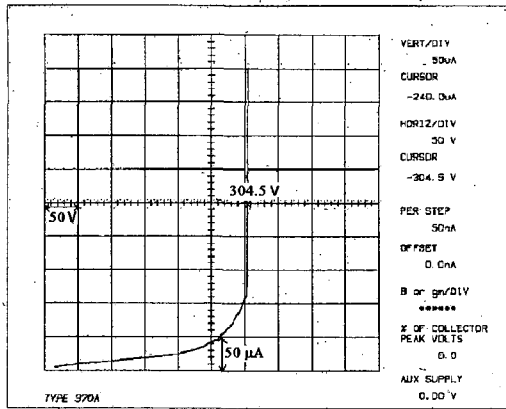
그림 4. 68 % 쇼트키 접합 면적비를 가지는 MPS 정류기의 전기적 특성 (a) I_F - V_F (b) I_R - V_R
Fig. 4. Electrical characteristics of MPS rectifiers with 68 % Schottky junction area. (a) I_F - V_F and (b) I_R - V_R .

제조된 MPS 정류기의 역방향 항복 특성을 측정한 결과를 <그림 5>에 나타내었다. <그림 5>와 같이 Mo-MPS 정류기의 V_{BR} 은 304.5V로서 각각 309.0V, 310.0V의 V_{BR} 을 가지는 Al-MPS와 Pt-MPS 정류기와 비교하여 V_{BR} 에서는 큰 차이가 없었다.

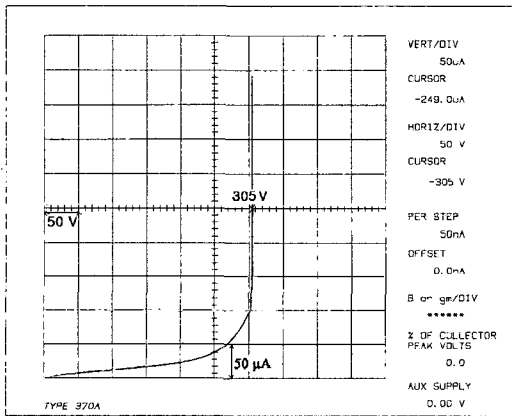
이는 쇼트키 장벽 정류기의 V_{BR} 은 edge-termination 조건과 에피텍셀층의 도핑농도 및 두께에 지배적으로 의존하기 때문이다^[4]. 따라서 edge-termination 조건과 에피텍셀층의 농도 및 두께가 모두 동일하기 때문에 V_{BR} 은 큰 차이가 없다고 판단된다.

전력손실 P_D 는 식 (2)로 나타낸다^[4]. 식 (2)로부터 P_D 은 V_F 및 I_R 에 의해 결정됨을 알 수 있다.

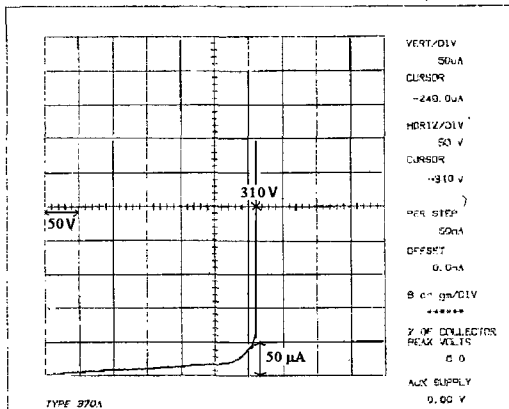
$$P_D = \frac{1}{2}(J_F V_F + J_R V_R) \quad (2)$$



(a)



(b)



(c)

그림 5. 68 % 쇼트키 접합 면적비를 가지는 MPS 정류기의 역방향 항복 특성 (a) Mo-MPS, (b) Al-MPS, (c) Pt-MPS

Fig. 5. Reverse breakdown characteristics of MPS rectifiers with 68 % Schottky junction area, (a) Mo-MPS, (b) Al-MPS, and (c) Pt-MPS.

위 식에서 J_F 는 순방향 전류밀도 그리고 J_R 는 역방향 전류밀도를 나타낸다. P_D 를 조사하기 위하여 동일한 0.1A의 I_F 및 -20V의 V_R 에서의 V_F 와 I_R 로부터 식 (2)를 사용하여 계산하였다. 계산된 P_D 와 장벽금속에 따른 전기적 특성을 <표 3>에 나타내었다. 고전압 전력 MPS 정류기는 일반적으로 스위칭 전원 단에 사용된다. 따라서 순방향 전압이 작으면 출력전류가 일정할 때 소비 전력은 작게 나타나기 때문에 V_F 의 크기가 P_D 를 지배적으로 결정한다고 할 수 있다. 동일한 0.1A의 I_F 및 -20V의 동일한 V_R 에서 Mo-MPS 정류기가 Al-MPS 및 Pt-MPS 정류기 보다 큰 I_R 를 가지지만 P_D 는 가장 작은 값을 가짐을 <표 3>을 통해 알 수 있다. 그러므로 Mo-MPS 정류기를 고전압 전력 스위칭 소자로의 응용 시 Al-MPS 및 Pt-MPS 정류기보다 P_D 가 작기 때문에 에너지 효율을 향상시킬 수 있음을 확인할 수 있다

표 3. 장벽금속에 따른 MPS 정류기의 전기적 특성.

Table 3. Electrical characteristics of MPS rectifiers as barrier metal.

Electrical parameters	Measurement condition	Mo-MPS	Al-MPS	Pt-MPS
Forward voltage drop, V_F (V)	$I_F = 0.1$ A	0.40	0.51	0.64
Reverse leakage current, I_R (μ A)	$I_R = -20$ V	5.97	4.38	3.15
Power dissipation, P_D (mW/cm ²)	$I_F = 0.1$ A $I_R = -20$ V	352.1	448.8	563.2
Reverse breakdown voltage, V_{BR} (V)	-	304.5	309.0	310.0

표 4. Mo-MPS 정류기의 설계 조건.

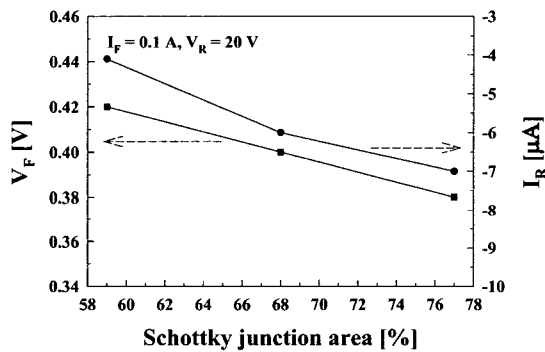
Table 4. Design condition of Mo-MPS rectifiers.

Chip size (mm ²)	Schottky junction area (μ m ²)	P ⁺ iN junction width (μ m)	P ⁺ iN junction area (μ m ²)	% Schottky junction area (%)
2.6 × 2.6	4,423,680	80,80,80	1,336,280	77
2.6 × 2.6	4,204,577	110,110,110,110	2,305,600	59

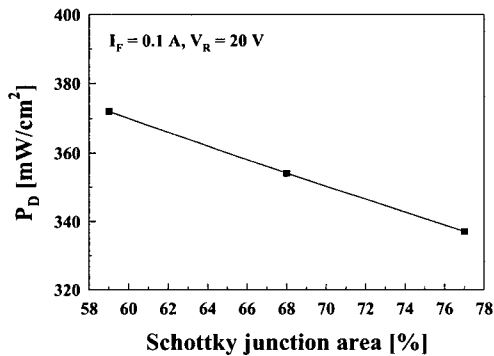
쇼트키 정류기의 V_F 및 I_R 은 ϕ_B 에 지배적으로 의존하지만, MPS 정류기는 ϕ_B 뿐만 아니라 쇼트키 접합 면적 비에도 V_F 및 I_R 이 의존하기 때문에 이로 인해 P_D 가

달라지게 된다^[9, 10]. 따라서 본 논문에서는 <표 4>와 같이 77%, 59%의 쇼트키 접합 면적비를 가지는 Mo-MPS 정류기를 제조하여 쇼트키 접합 면적비에 따른 P_D 특성의 변화를 조사하였다.

<그림 6>은 쇼트키 접합 면적비에 따른 Mo-MPS 정류기의 V_F - I_R 특성 및 P_D 특성을 나타낸 그래프이다. <그림 6(a)>에서 쇼트키 접합 면적비가 증가할수록 V_F 가 감소함을 알 수 있다. 이는 0.6V이하의 순방향 전압에서는 I_F 가 일반 P⁺iN 접합 보다 쇼트키 접합에서의 열 이온화 전자방출에 의한 전류가 지배적이기 때문이다^[4, 8-10]. 하지만 I_R 특성에서는 쇼트키 접합 면적비가 증가할수록 V_R 에 대한 I_R 이 증가함을 알 수 있다. 이는 쇼트키 접합면적에 비해 P⁺iN 접합 영역의 면적이 클수록 보다 낮은 역방향 전압에서 핀치오프에 도달하기 때문에 상대적으로 작은 I_R 을 얻을 수 있게 된다^[4, 8-10]



(a)



(b)

그림 6. 쇼트키 접합 면적비에 따른 Mo-MPS 정류기의 전기적 특성 (a) V_F - I_R , (b) P_D

Fig. 6. Electrical characteristics for the Mo-MPS rectifier as varying percentages of Schottky junction area, (a) V_F - I_R and (b) P_D .

<그림 6(b)>에서 77%, 68%, 59%의 쇼트키 접합 면적비를 가지는 Mo-MPS 정류기의 동일한 0.1A의 I_F 및 -20V의 V_R 에서 P_D 가 각각 337mW, 352mW, 372mW로서 쇼트키 접합 면적비가 증가할수록 P_D 즉 소비전력이 작은 특성을 보여준다. 이는 P_D 가 V_F 에 지배적으로 의존하기 때문이다. 그러므로 쇼트키 접합 면적비에 따른 300 V용 Mo-MPS 정류기의 P_D 및 V_F 특성에 있어 77% 쇼트키 접합 면적비를 가질 때 상대적으로 우수한 특성을 나타냄을 알 수 있다. 이러한 설계 조건을 소자의 적용범위나 응용분야에 따라 변할 수 있기 때문에 소자를 설계함에 있어 V_R , I_R 및 P_D 의 trade-off 관계를 감안하여 설계하여야 한다.

IV. 결 론

본 논문에서는 Si를 이용하여 300V용 MPS 정류기를 설계 및 제조하여 그 특성을 조사하였다. 제조된 68% 쇼트키 접합 면적비를 가지는 MPS 정류기의 ϕ_B 를 I-V 법을 사용하여 측정된 결과 Mo-MPS 정류기의 ϕ_B 가 0.59V로서 가장 낮게 나타났으며 Pt-MPS 정류기가 0.71V로서 가장 높은 ϕ_B 를 나타내었다. 또한, 동일한 0.1A의 I_F 에서 Mo-MPS, Al-MPS 그리고 Pt-MPS 정류기의 V_F 가 각각 0.40V, 0.49V 및 0.64V로 나타났다. P_D 특성에 있어서도 Mo-MPS 정류기가 상대적으로 우수한 특성을 나타내었다. 역방향 항복 특성을 측정된 결과 Mo-MPS 정류기의 V_{BR} 은 30.5V로 나타났다. 또한 쇼트키 접합 면적비에 따른 Mo-MPS 정류기의 P_D 특성에서는 쇼트키 접합 면적비가 증가할수록 감소하는 특성을 나타내었다. 이러한 설계 조건은 소자의 적용범위나 응용분야에 따라 변할 수 있기 때문에 소자를 설계함에 있어 trade-off 관계를 감안하여 설계하여야 한다.

참 고 문 헌

- [1] B. J. Baliga, "Trends in power semiconductor devices," IEEE Transactions on Electron Devices, Vol. 43, no. 10, pp. 1717~1731, 1996.
- [2] Shimizu, T, Kunori, S, Kitada, M and Sugai, A, "100 V trench MOS barrier Schottky rectifier using thick oxide layer (TO-TMBS)," Proc. of the Power Semiconductor Devices on IEEE, pp.

- 243~246, 2001.
- [3] M. Mehrotra and B. J. Baliga, "Very Low forward drop JBS rectifiers fabricated using submicron technology," IEEE Trans. Electron Devices, Vol. 40, pp. 2131~2132, 1993.
- [4] B. J. Baliga, "Power Semiconductor Devices," Boston MA: PWS, pp. 128-153, 1995.
- [5] Y. Singh, M. J. Kumar, "Novel lateral merged double Schottky (LMDS) rectifier: proposal and design," IEE Transactions on Circuits, Device and System, Vol. 148, pp. 165~170, 2001.
- [6] S. L. Tu and B. J. Baliga, "Controlling the characteristics of the MPS rectifier by variation of area of Schottky region," IEEE Transactions on Electron Devices, Vol. 40, no. 7, pp. 1307~1315, 1993.
- [7] J. I. Lee, J. Brini and C. A. Dimitriadis, "Simple parameter extraction method for non-ideal Schottky barrier diodes", Electronics Letters on IEE, Vol. 34, no. 12, pp. 1268~1269, 1998.
- [8] S. M. Sze, "Physics of Semiconductor Devices," New York, John Wiley, pp. 263~297, 1991.
- [9] S. L. Tu and B. J. Baliga, "Optimization of the MPS rectifier via variation of Schottky region area," Proc. of the Power Semiconductor Devices on IEEE, pp. 109~112. 1991.
- [10] S. F. Gilmartin, A. F. J. Murray and W. A. Lane, "A 1000V Merged P-N/Schottky (MPS) High-Speed Low-Loss Power rectifier," Conf. of the Power Electronics and Variable Speed Drives on IEE, No. 456, pp. 375~380, 1998.

 저 자 소 개

崔 馨 護(正會員) 第39卷 SD編 第4號 參照

金 準 植(正會員) 第35卷 D編 第8號 參照

朴 根 用(正會員) 第39卷 SD編 第4號 參照

崔 時 永(正會員) 第33卷 A編 第12號 參照