■ SBD(Schottky Barried Diode)란?

●Schottky Barried Diode이란 무엇인가?

금속과 반도체를 접합 시켰을때 발생하는 전위 장벽(Schottky 장벽)의 성질을 이용한 소위 Schttky Diode는 오래전부터 알려졌고, 이 성질을 설명하는 많은 연구보고서가 제출 되었다. 그러나 금속을 접촉시켰을때의 불가피한 문제, 즉 반도체 표면에 생성되는 얇은 산화막 불순물등 의해 Device로서의 재현성및 안정성의 문제 때문에 실용화 되지 않았다.
그러나 최근에 다시 Schottky Diode 가 주목되고 있는데, 이것의 배경으로서는 반도체 산업의 발전으로 인해 Ge, Si을 사용한 접합형의 Diode, Tr 시대에서 device의 특성도 소수Carrier의 출력효과에 의해 고주파 동작에 한계가 있고 특히 정류 소자에 있어서 정류 효율이 나쁜 단점이 있다.
따라서 이와 같은 Device특성을 살릴수 있다면 응용분야에서의 요구가 증대되어서 Schottky Diode의 실용화의 발단이 될수 있다.
이것의 일례로서 최근 기술의 진보에 의해 IC, LSI에서 집적정도가 증대 되고 더불어서 구동 전원전압이 낮아지므로 전원 Device의 저손실화가 요구된다.
전원장치에 있어서도 소형, 경량화의 요규에 부응하며, 최근 주목 되고 있는 Switching regulator에서의 ON,OFF제어 방식에 의한 주파수를 더욱더 높게함에 따라서 전원의 소형, 경량화가 가능케 한다.
이상과 같이 저손실에서 고주파 동작이 가능한 소자로써 Schottky Barried Diode(SBD)가 직시되었고, 급속히 실용화 단계로 돌입하고 있다.
SBD의 실현을 가능케한 다른 요인으로서는 지금까지 문제시 되었던 신뢰성 문제가 해결 되었기 때문이다. 이것은 반도체 Fab 기술의 증대에 따라서 고도의 결정성장기술, 산화 process, Photo, etching, 증착기술의 발전및 특히 전극 형성에 있어서 신뢰성을 높을 수 있는 금속과 Silicon과의 저온 반응에 의해 형성된 금속산화물을 이용하는 기술의 발전으로 신뢰성이 대폭 증대 되었기 때문 이다.
이상과 같은 경과를 거쳐서 전원용으로써의 고출력 Schottky Diode가 가능하게 되었다.

●Shottky Barrier Diode 용도별 분류

①소신호용 실리콘 쇼트키 베리어 다이오드
-. UHF대 마이크로파대의 검파용, 믹서용과 고속 스위칭용(대다수)
②소신호용 GaAs 쇼트키 베리어 다이오드
-. 갈륨비소(GaAs)의 쇼트키 베리어 다이오드로서 실리콘의 쇼트키 베리어 다이오드보다 더 높은 주파수까지의 검파, 믹서용과 고속 스위칭용이다.
③정류용 쇼트키 베리어 다이오드
-. 쇼트키 베리어형의 순방향 전압 강하가 작은 것을 이용한 정류용 다이오드이다. 역 방향내압은 높게 만들기 어려워 30~40V가 보통이므로 저전압 대전류의 전원 정류용이다. 역회복시간이 작기 때문에 고주파를 정류하는 DC-DC 컨버터나 스위칭 전원용으로 적당하다.

●SBD의 제조 방법 및 원리

1) 제조 방법
-. n형 반도체와 금속을 접촉시켜, 금속에는 정(正), 반도체에는 부(負)의 전압을 주면, 반도체에서 금속의 뜨거운 전자(hot carrier)가 주입된다. 홀(hole)은 관여하지 않으므로 접합부에 소수 캐리어 축적이 없으며, 금속 동작의 Diode를 얻을 수 있다. 반도체에는 실리콘이나 갈륨비소(GaAs), 또 금속에는 몰리브텐(Mo), 티탄(Ti), 금(Au)등이 사용.

그림 1. Pellet structure of Schottky barried diodes

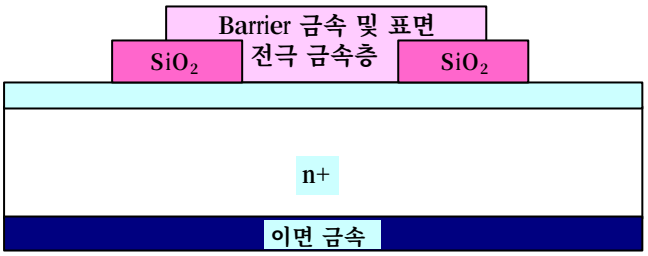
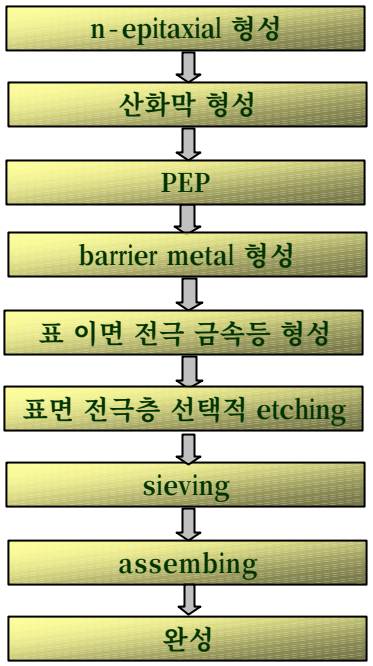


그림 2. Flow chart of manufacture process



2) 원 리

SBD의 전기적 특성은 금속과 반도체를 접촉시켰을때 발생되는 Potential 장벽이 높이 Φ_B에 의해 좌우되고 표면전위밀도 (Surfae Satate Density)가 Zero인 경우,

$$\Phi_B = \Phi_M - \chi \qquad \chi: \text{Si} - 4.01V \qquad \text{<식 -1>}$$

로써 표시 된다.

여기서, Φ_M = 금속의 Work funchion

χ = 반도체의 electron

χ는 반도체의 불순물농도에 의존하는 량이고, Φ_M은 금속의 종류에 의해 크게 변화된다. 그러나 실제 Device에서 Φ_B는 surface state에 의해 크게 변화되므로 <식-1>의 관계식 반드시 만족하진 않는다.

SBD의 전압 - 전류특성은 순방향에서 <식-2>로 표현 된다.

또한 역방향에선 <식-3>로 표현될수있고, <식-4>에는 영상력, 전계효과에 의한 barrier 높이의 저하가 고려되어서 역방향 특성이 비 포화특성을 설명할 수가 있다.

$$I_F = I_S \exp(qV_F / nkT) \qquad \text{<식 - 2>}$$

$$I_R = I_S \exp(qV_B / kT) \qquad \text{<식 - 3>}$$

$$I_S = SA^{-K}T^2\exp(q\Phi_B / kT) \qquad \text{<식 - 4>}$$

$$\Delta\rho=(qE/4\Pi f_S)^{1/2} \qquad \text{<식 - 5>}$$

$$E = (2qND(VR+Vd)/\rho_S)^{1/2} \qquad \text{<식 - 6>}$$

Where, IF : 순전류, VF: 순방향 전압, IR : 역 전류, VR : 역 전압, Vd : 확산 전위
S : 전극 면적(㎠), AK : Richardson 정수(A/㎠k^2), q : 전하량
T : 절대 온도(K), n :이상인자, ρ_S : 유전율(F/m), ND : 불순물 농도

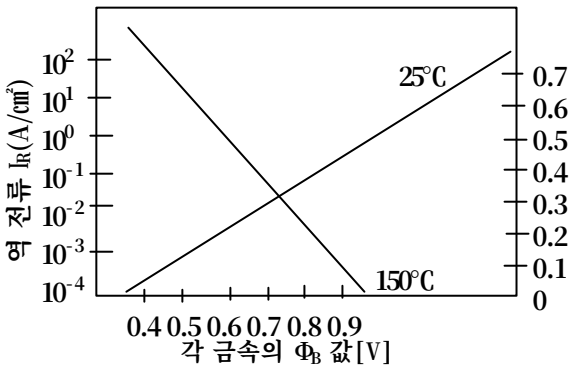
-. <표-1>에 각 금속의 n형 Si에 대한 Φ_B를 나타낸다.
<식-2>,<식-3>을 사용하여 Φ_B의 크기에 의한 전기적 특성의 크게 좌우 된다.
이러한 관계는 <그림-1>에 나타내었다.
I_R은 <식-3>의 근사식인 <식-4>에 기초로 하여 계산된 것이므로 150℃에서 단위 면적당의 값이다.
V_F는 <식-2>로 부터 산출되고 여기서 가한 저항에 의한 전압 강하분은 포함되지 않는다.
이와 같이 Φ_B의 증대는 역전류를 감소시키지만 순방향 강하가 커지게 되는 상반되는 현상을 나타내므로 사용하는 용도등에 의해서 적당한 Φ_B 를 가지는 금속을 선택할 필요가 있다.
더욱이 전력용 SBD의 경우 Chip면적이 크고 따라서 금속의 열팽창계수, 열적 안정성등의 신뢰성에 관계되는 문제도 무시할수있다.
이와 같은 관점으로 부터 Schottky 전극은 Mo,W,Pt,Cr등이 적당하다.
두번째로 소자 설계시 중요한 사항은 Si 기판의 설계이다.
역방향 내압은 반도체 기판의 비저항에서 결정된다. SBD에 있어서는 직렬저항 감소가 일반적이므로 epitaxial WF가 사용되고 이러한 epi층의 비저항과, 두께가 주요한 설계변수가 된다.
epitaxial 층 두께는 정격 내압을 보정하는 최소의 값을 선태칠 못하다.
이때 공핍층 폭 W 와 불순물 농도 N_D와의 관계는

$$W = (2E_S(V_D+V_R) / qN_D)_{1/2} \qquad <식-7>$$

<표 1> 각 금속의 ΦB 값

금속	Φ_B [V]
Cr	0.6
Mo	0.6~0.68
Ni	0.6
W	365
Al	0.67
Pd	0.71~0.78
Au	0.8
Pt	0.85

<그림 3>



●SBD의 전기적 특성 및 용어 설명

1) 전기적 특성 (AUK SDB2301)

Absolute maximum ratings Ta=25°C

Characteristic	Symbol	Ratings	Unit
Peak reverse voltage	V_{RM}	25	V
DC reverse voltage	V_R	20	A
DC forward current	I_F	1	A
Non-repetitive peak forward current	I_{FSM}*	3	A
Power dissipation	P_D	200	mW
Junction temperature	T_j	150	°C
Storage temperature	T_{stg}	-55 ~ 150	°C

* : 60 Hz for 1 cycle

Electrical Characteristics Ta=25°C

Characteristic	Symbol	Test Condition	Min.	Typ.	Max.	Unit
Forward voltage	V_F	I_F=1A	-	-	0.45	V
Reverse current	I_R	V_R=20V	-	-	200	μA

2) 용어 설명

-. V_R(역방향 전압, 역방향 내전압) : " 몇 V까지 파손이 안되는가 ?"
다이오드가 어느 정도의 역방향 전압에 견디고 파손되지 않는가를 나타낸다.

-. I_F(순방향 전류) : " 몇 A까지 흘릴수 있는 가?"
다이오드는 순방향으로 전류를 잘 흘린다.

-. I_{FM}(첨두 순방향 전류) : 순방향으로 흘릴수 잇는 전류의 최대값.
IFSM과는 달리 반복상태를 허용하고 있다.

-. I_{FSM}(Isurge : 서지 전류) : Maker에 따라서는 Isurge의 약부호를 쓰고 있다.
반복없이 과도적으로 순방향으로 흐를수있는 최대 전류를 말한다. 이것에는 조건으로 통전시간이 주어지지만 전원 정류용의 전류소자로서는 상용주파수(50~60Hz)의 1cycle 로 하고 반복되는 서지전류의 경우에는 정격을 내리는(디레이트)것이 필요하다. 소전류 다이오드에서는 펄스폭을 규정하고 있는 것이 많다.

-. P(허용 전력) : 순방향으로 흐르고 있는 전류와 순방향 전압의 곱.
<주의> 역방향전압(V_R)과 순방향 전류(I_F) 또한 허용전력(P)의 3가지중 어느 하나라도 이것을 초과하면 다이오드는 파손됨. 일반적으로 모두 (VR,IF, P)의 각각 절반정도까지 사용하는게 좋다.

-. trr(역회복시간) : 스위칭의 속도를 나타낸 것으로 다이오드가 순방향으로 부터 돌연 역방향으로 전압이 변할때에 어느 정도 지연되어 전류가 오프되었는지를 나타낸다. 스위칭용으로서 이 trr이 작을수로 양호하다. 시간의 계측은 역방향 전류가 Peak값 Ir의 50% 혹은 10%까지 내려가는 일이 보통이다.

-. C(정전용량) : 일반적으로 다이오드를 역방향 바이어스 가했을때의 단자간 정전용량으로서 믹서 다이오드, 스위칭 다이오드등에서는 어느폭의 규격중에 넣을 필요가 있다. 측정전압에 의해 변하는 것이기 때문에 주의가 필요하다. 또한 PN접합의 용량인지를 명확히 나타내고 싶을때는 접합용량 Cj, 단자간 용량 3%정도의 편차를 두어 Pair로 사용한다. 이로 인해 동일 형명으로 1000가지나 세부 구분한 경우가 있으므로 Maker의 상세한 Caltalogue를 입수 해야한다.

● 특성 Graph 비교

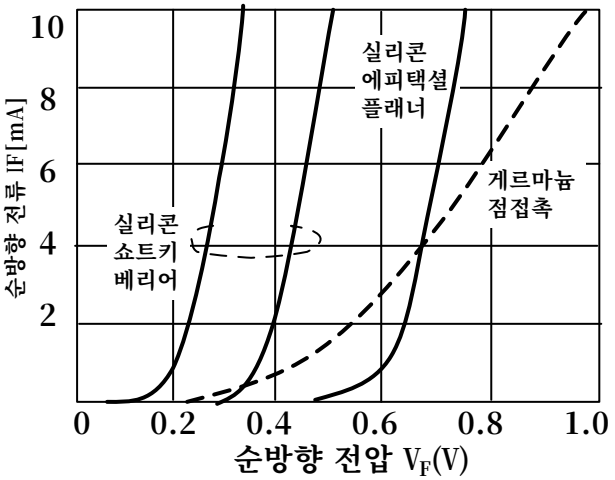


Fig-1.다이오드의 순방향 특성 비교

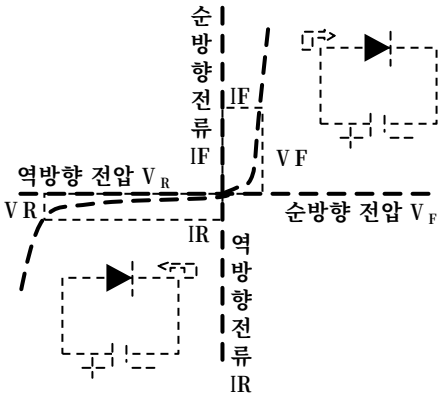


Fig-2.다이오드의 기본특성의 결정 방법

● Application

Uses

Application	Examples
Battery reverse-connection protection	Headphone stereo sets and cameras
Memory back-up	Wordprocessors, laptop computers and telephones
Low-voltage operation	Measuring devices
Others	Watches and calculators
	DC/DC converters

Example Circuits