

논문 96-5-3-13

Au와 Pt 확산에 의한 실리콘 p<sup>+</sup>-n 접합 스위칭다이오드의 전기적 특성

정기복\*, 이재곤, 최시영

Electrical characteristics of Au and Pt diffused silicon p<sup>+</sup>-n junction diode

Kee-Bock Chung, Jae-Gon Lee, and Sie-Young Choi

## 요약

Au 또는 Pt를 확산시켜 실리콘 p<sup>+</sup>-n 접합 다이오드를 제작하였다. Au 또는 Pt의 확산을 800~1010℃, 산소 및 질소분위기에서 실시하여 다이오드의 전기적 특성을 분석하였으며, Au 또는 Pt가 확산된 시편을 산소분위기의 800~1010℃에서 2차 열처리를 실시한후 이 처리가 소자의 전기적 특성에 미치는 효과에 대해 고찰하였다. 1010℃의 온도에서 1차 확산결과 Pt가 확산된 다이오드의 누설전류는 Au가 확산된 다이오드 누설전류의 75배였다. 1010℃, 질소분위기에서 1시간동안 Pt가 확산된 시편을 산소분위기에서 800℃, 1시간동안 2차 열처리하였을 경우에 1차 열처리한 것보다 누설전류가 1/1100로 감소되었다. 초고속 실리콘 p<sup>+</sup>-n 접합 스위칭 다이오드의 특성을 만족하기 위해서는, Pt를 1010℃, 질소분위기에서 1시간 확산시킨후 2차 열처리를 800℃, 산소분위기에서 1시간동안 열처리하는 것이 최적 조건임을 알 수 있었다. 이때 다이오드의 제특성은 역회복시간 4ns, 항복전압 138V, 누설전류1.7nA 그리고 순방향 전압이 1V였다.

## Abstract

The silicon p<sup>+</sup>-n junction diodes were fabricated. The fabricated wafers were treated by single or double annealing steps. Single annealing process was performed by diffusion of either Au or Pt into the wafer under the oxygen or nitrogen ambient at 800~1010℃. Second annealing step involved additional annealing of the single annealed wafer under the oxygen ambient at 800~1010℃ for one hour. Electrical characteristics of the diodes were investigated to evaluate the effect of the annealing treatments. In the case of single annealing under nitrogen ambient at 1010℃ for one hour, the amount of leakage current of Pt diffused diode was 75 times larger than that of Au diffused one. The optimum processing condition to achieve high speed silicon p<sup>+</sup>-n junction diodes from this study was obtained when Pt diffused wafer(treated under the nitrogen ambient at 1010℃ for one hour) was secondly annealed in an oxygen ambient at 800℃ for one hour. The resulting leakage current of two step annealed diodes were remarkably reduced to 1/1100 of the single annealed one. The diode characteristics such as recovery time, breakdown voltage, leakage current, and forward voltage were 4ns, 138V, 1.72nA, and 1V, respectively.

\* 한국전자(주) 반도체사업부

(Tr division, semiconductor group, KOREA Electronics co., Ltd)

경북대학교 전자공학과

(Dept. of Electronic Eng., Kyungpook National University)

&lt;접수일자 : 1996년 2월 7일&gt;

## 1. 序 論

실리콘 소자의 스위칭 시간을 조절하기위해 소자를 설계할때 접합 용량을 최소화하는 방법이 있지만, 이 방법은 전류용량과 저항등 소자의 전기적특성에의해서 제한을 받게된다. 그래서 Au와 Pt 같은 중금속을 확산

시키거나,<sup>1-8)</sup> 전자선을<sup>9,10)</sup> 조사시켜 스위칭시간을 단축시키려는 연구가 많이 발표되고 있지만, 후자의 경우 실제 소자제작에 적용한 보고는 없었다. 한편 Au와 Pt는 소수캐리어의 lifetime killer로서 우수한 성질을 가지고 있어 실리콘 고속소자 제작에 널리 사용되고 있다. 과거에는 Au를<sup>1-3)</sup> 이용하여 소자의 스위칭 시간을 조절하였으나, 최근에는 누설전류가 적은 Pt를<sup>4-8)</sup> 확산시켜 소자의 스위칭 시간을 조절한다. 소자의 소수 캐리어 수명시간을 조절하기위해 Au 또는 Pt를 실리콘에 주입시키면, 실리콘내의 밴드갭내에 두 종류의 깊은 에너지준위, 즉 액셉터 준위와 도우너 준위가 동시에 생성된다. 그리고 n-형 실리콘에서 깊은 에너지 준위 중 Au의 경우 -0.54 eV와 Pt의 경우 -0.52 eV의 액셉터 준위가 재결합중심과 발생중심으로서 지배적으로 작용한다.<sup>11,12)</sup> 이러한 깊은준위에 형성된 트랩은 소수 캐리어 lifetime killer로서 작용하여 소자의 스위칭 성능의 향상에도 기여하지만, 캐리어 발생원으로도 작용하여 p-n접합의 역방향 누설 전류 특성에 나쁜 영향을 미친다.

Au 또는 Pt를 확산시키면 실리콘 웨이퍼 표면근처에서 트랩준위 분포가 U자형 또는 M자형으로 분포하는데 이런 트랩은 지수함수적 프로파일로 나타난다.<sup>5,6)</sup> 일반적으로 소자들의 접합영역은 웨이퍼 표면으로부터 수~수십 $\mu$ m 이내에 형성하기 때문에 이러한 프로파일은 생산수율 및 역방향 누설전류 특성을 나쁘게 한다. 트랩농도의 깊이 프로파일을 개선하기위하여 Au 또는 Pt를 확산시킨 p-n 실리콘 다이오드를 산소분위기에서 800~1010 $^{\circ}$ C 온도범위에 걸쳐 각각 열처리하였고, 이 열처리 온도에의한 누설전류, 역회복시간, 순방향전압 그리고 항복전압특성의 변화를 조사하였다. 산소분위기에서 열처리를 실시할 경우의 특성변화원인은 실리콘표면이 산화되면서 발생하는 자기격자간 실리콘 원자(self-interstitial silicon atoms)가 트랩, 준위를 재분포 시켰기 때문이라고 Sagala등<sup>5)</sup>과 Kwon등<sup>11)</sup>이 보고하였다.

본 논문은 역회복시간( $t_{rr}$ )을 4~6ns, 항복전압( $V_R$ ) 80V 그리고 순방향 전압( $V_F$ )이 1.0V( $I_F=100mA$ )이하인 초고속 실리콘 p-n 다이오드의 특성을 실현하기 위한 Pt 또는 Au 확산의 최적공정조건과 이들 확산분과 열처리온도 그리고 확산분위기의 공정변수가 실리콘 다이오드의 역회복시간( $t_{rr}$ ), 누설전류( $I_R$ ), 그리고 항복전압( $V_R$ )등의 전기적 특성에 미치는 영향을 조사하였고,

아울러 초고속 실리콘 다이오드를 제작 평가하였다.

## II. 實驗 및 測定

그림 1은 본 연구에서 제작한 실리콘 p-n 접합 다이오드 칩의 패턴과 단면도를 나타낸 것이다.

실리콘 p-n 접합다이오드의 제조공정 순서는 다음과 같다. 사용한 웨이퍼는  $2 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 의 농도로 안티몬(Sb)이 도핑된 (111)면의 n'-형이다. 이 실리콘 기판 위에 인이 도핑된 두께가 20 $\mu$ m, 저항율이  $2 \Omega \cdot \text{cm}$ 인 에피택셜층을 성장하였다. 초기세척 공정으로는 RCA 방법을 사용하였고, 초기 실리콘산화막은 1000 $^{\circ}$ C에서

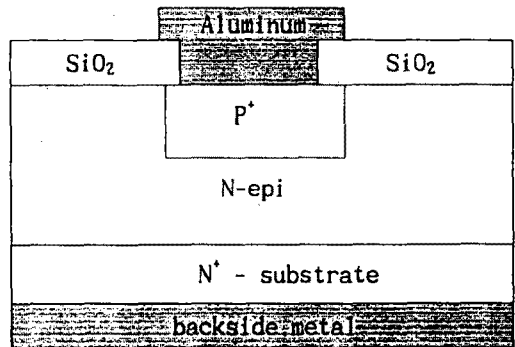
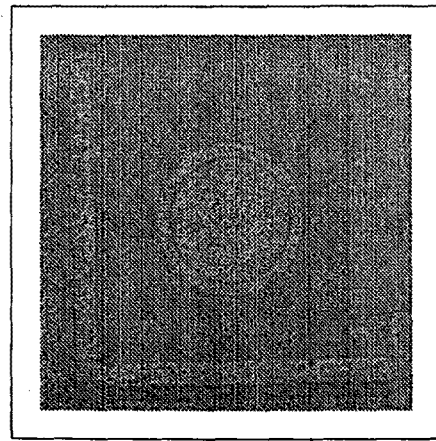


그림 1. 제작된 실리콘 p-n 접합 다이오드의 평면도 및 단면도

Fig. 1. The top and cross sectional view of the fabricated silicon p-n junction diode.

습식방법으로 두께를 15000Å로 성장시켰다. 그 후에 노우드영역을 형성하기 위해 먼저 사진식각공정을 거쳐서 에노우드 영역의 실리콘 산화막을 제거하였다. 에노우드 영역형성은 먼저 RCA 세척공정을 실시하고, PBF6MK-37 (동경응화공업주식회사)의 액체소오스를 사용하여 회전도포 한다음 확산은 1150°C에서 2시간을 실시하였고 온도를 1000°C로 낮춘후 습식으로 산화막을 10000Å 두께로 형성하였다. 에노우드 확산완료후 산화막을 제거한후 ASRP로 접합깊이를 측정된 결과 8 μm이었고, four-point probe로 면저항을 측정한 결과 2.4Ω/□이었고 Tektronix 370A curve tracer로 항복전압을 측정된결과 100V였다.

본 실험에서는 Au 또는 Pt를 웨이퍼이면에 확산시켰다. 웨이퍼 이면의 산화막을 제거시키기 위해 10μm정도 연삭제거하였고, 그후 RCA 세척공정을 실시하였다. 그 후 시편을 Au 또는 Pt를 각각 확산시키기 위하여 두가지로 분류하였다. 먼저 Au 확산용 시편에는 웨이퍼 이면에 Au층을 1000Å 진공증착하였고, Pt 확산용 시편은 Pt-silicon film인 Pt-59350 액체소오스(동경응화공업주식회사)를 회전도포하였다. 그리고 Au 또는 Pt의 확산조건은 온도가 800°C, 900°C 및 1010°C, 확산시간은 각각 30분, 60분 및 100분이었고, 분위기에 의한 전기적 특성의 변화를 조사하기 위해서 질소, 산소분위기에서 각각 실시하였다. 그리고 1차로 1010°C, 60분, 질소 분위기에서 확산시킨 시편에 다시 2차 열처리를 800°C, 900°C 및 1010°C와 산소 분위기에서 60분동안 실시하였다. 그리고 웨이퍼이면에 있는 Au 또는 Pt층이 연속되는 열처리공정에서 확산원으로 작용하는것을 방지하기위하여 웨이퍼이면을 10μm정도 연삭시켰다. 에노우드 진극형성용 접촉영역의 산화막은 사진식각 공정을 거쳐서 제거시킨후, 표면전극용 금속으로 Al을 1.8μm의 두께로 진공증착하였다. 그리고 에노우드영역의 표면 전극금속은 사진식각 공정으로 형성시키고, 음성접촉을 형성하기 위하여 500°C의 온도에서 10분동안 질소 분위기에서 열처리를 실시하였다. 웨이퍼이면 전극금속은 V/Ni/AuGeSb/Au 4층구조로 진공증착 한것이다. 그리고 Au와 Pt의 확산을 위한 실험조건은 표 1과 표 2에 나타내었다.

패키지가 완료된 소자의 역회복시간( $t_{rr}$ )은 HP8082A 펄스발진기, Tecktronix 2240 오실로스코프를 사용하여 측정되었다. 본 실험에서  $t_{rr}$ 은 그림 2(a)의 측정회로에서 입력단에 펄스 발진기를 연결하여 크기가 -6V이고,

표 1. Au와 Pt의 확산온도와 분위기등의 확산 조건에 대한 웨이퍼 시편별 실험조건 (1단계 열처리)

Table 1. The wafer sample numbers according to Au or Pt diffusion conditions with various temperatures and ambiances (one step heat-treatment).

item sample	diffusion source		diffusion temperature(°C)			diffusion ambience		diffusion time(min)		
	Au	Pt	800	900	1010	N <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	30	60	100
01		●	●			●				●
02		●	●				●			●
03		●		●		●				●
04		●		●			●			●
05		●			●	●				●
06		●			●		●			●
07		●			●	●		●		
08		●			●	●				●
09	●		●			●				●
10	●		●				●			●
11	●			●		●				●
12	●			●			●			●
13	●				●	●				●
14	●				●		●			●
15	●				●	●		●		
16	●				●	●				●

표 2. 1010°C에서 60분, 질소 분위기에서 Au와 Pt를 확산(1단계 열처리)시킨후 산소 분위기에서 1시간 동안 온도별 2차 열처리한 웨이퍼 시편별 실험조건

Table 2. The wafer sample numbers according to annealing conditions (second heat treatment) with various temperature in an oxygen ambient for one hour after Au or Pt diffusion in a nitrogen ambient at 1010°C for one hour.

item sample	diffusion source		annealing temperature(°C)			annealing ambience	annealing time(min)
	Au	Pt	800	900	1010	O <sub>2</sub>	60
17	●		●			●	●
18	●			●		●	●
19	●				●	●	●
22		●	●			●	●
23		●		●		●	●
24		●			●	●	●

폭이 50ns의 구형파를 만들어 입력시키고, 전원의 인가 전압을 가변하여 다이오드의 순방향 전류( $I_F$ )가 10mA 일때 출력단에 오실로스코프를 연결하여 역회복시간을 측정하였다. 그림 2(b)는 인가전압을 순간적으로 순방향에서 역방향으로 전환하였을때 시간변수에 따른 과잉 소수캐리어의 농도분포를 보여주고 있다.  $t=0$  에서 인가전압이 역방향이되므로 전류도 역방향이 된다. 초기에는  $p'$ 와  $n$ 영역에 과잉 소수캐리어가 많이 존재하기 때문에 역방향으로 흐르는 전류( $I_R$ )가 크지만, 이 역방향전류는  $p'$ 영역과  $n$ 영역에 존재하는 과잉소수캐리어 농도가 역방향 평형상태 조건에 도달할때까지 계속 감소한다. 시간변수에 의한 역방향전류 변화는 그림 2(c)와 같이 오실로스코프로 측정한다.  $n$ 영역에서 시간

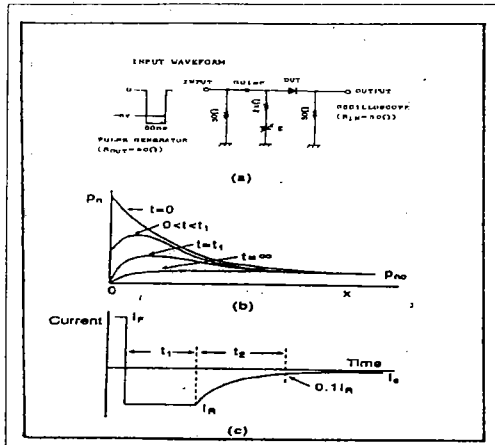


그림 2. 역회복시간 측정 개요

- (a) 다이오드의 역회복시간을 측정한 회로
- (b) 역방향 바이어스 인가후의 과잉소수캐리어 농도의 감소
- (c) 순방향에서 역방향 바이어스로 전환후의 전류응답

Fig. 2. The measuring scheme for reverse recovery time.

- (a) Test circuit for measuring diode reverse recovery time
- (b) Decay of excess minority carrier concentration with time after diode is switched to reverse(turn off)
- (c) Current response waveform when diode is switched from forward to reverse

변수에 의한 과잉정공의 농도변화에 기인하여 역방향 전류는 그림 2(c)와 같다.  $P'(0)$ 는  $x=0$  지점에서 과잉 정공의 농도이다.  $t_1$ 은  $P'(0)$ 가 영으로 되는데 걸리는 시간이다.

$P'(0)=0$ 일때 다이오드 양단의 총 전압은 영이다. 전압이 역방향으로 되면  $x=0$ 에서 캐리어 농도는 열적평형 캐리어 농도보다 훨씬 작게 된다.  $t_2$ 는 역방향포화전류( $I_0$ )에 도달하는데 걸리는 시간이다. 역회복 시간은  $t_R = t_1 + t_2$ 로 표시되고, 아래 식에서와 같이 측정된  $t_1$ 과  $t_2$ 로부터 재결합 수명시간( $\tau_p$ )을 계산할 수 있다.<sup>12)</sup>

$$\frac{\partial P_n(x, t)}{\partial t} = D_p \frac{\partial^2 P_n(x, t)}{\partial x^2} - \frac{P_n(x, t) - P_{n0}}{\tau_p}$$

제작된 다이오드의 C-V<sub>R</sub> 특성은 HP4194A impedance gain-phase analyzer를 이용하였다. 측정 주파수는 1MHz로 고정하였고, Au와 Pt의 확산에 의한 농도감소를 확인하기 위해서 커패시턴스를 측정하였다. 그리고 항복전압은 Tektronix 370A programmable curve tracer를 사용하여 측정하였다. 항복전압 측정시 전류는 10 $\mu$ A 조건에서 측정하였다. 마지막으로 누설전류 및 순방향 전압 특성은 HP4145B parameter analyzer를 이용하여 측정하였다.

### III. 結果 및 考察

그림 3은 Au 또는 Pt를 확산시킨 실리콘 p'-n 접합 다이오드의 역회복 시간과 확산온도의 관계를 나타낸 것이다. 여기서 역회복시간 측정시 다이오드를 흐르는 순방향전류는 10mA이다. 질소와 산소 분위기에서 Au와 Pt를 확산했을 경우의 역회복시간은 확산온도에 대해서 직선적으로 감소함을 알 수 있었다. Au를 확산시킨 시편이 Pt를 확산시킨 것보다 역회복시간이 상대적으로 작다. 그리고 확산온도에 상관없이 Au와 Pt 양쪽 모두 질소 분위기에서 확산시킨 시편이 산소 분위기에서 확산시킨 것보다 역회복시간이 짧다. 900 $^{\circ}$ C에서 확산시킨 시편의 역회복시간 편차가 가장 크고, 1010 $^{\circ}$ C에서 확산시킨 시료는 확산 분위기와 도핑 불순물인 Au와 Pt에 무관하게 역회복 시간이 동일함을 알 수 있었다. 그리고 본 실험에서 800 $^{\circ}$ C~900 $^{\circ}$ C에서 Au와 Pt를 확산시킨 시편의 경우는 역방향전류가 낮게분포하여 2차 열처리를 하지 않았다.

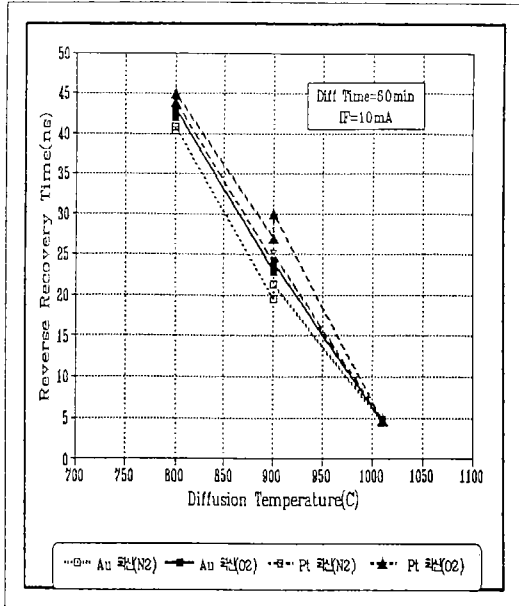


그림 3. Au 또는 Pt를 확산시킨 p-n 다이오드의 역회복시간과 확산온도 및 확산분위기 의존성  
Fig. 3. Dependence of reverse recovery time for fabricated p-n junction diode according to Au or Pt Diffusion temperatures and ambiances.

그림 4는 Au와 Pt를 1010°C에서 60분동안 질소 분위기에서 확산시킨 p-n 실리콘 접합다이오드를 산소 분위기에서 800°C ~ 1010°C 온도범위에서 2차 열처리를 실시하였을 때 역회복시간과 열처리온도 의존성을 나타낸 것이다. 열처리온도가 800°C 일때 역회복시간이 가장 짧았으며, Pt를 확산시킨 시편과 Au를 확산시킨 시편을 열처리를 한 경우, 열처리온도 800°C 전 범위에서 Pt를 확산시킨 시편이 Au를 확산시킨 시편보다 역회복시간이 작았음을 알 수 있었다. Pt 확산에 의해 발생하는 트랩농도의 열처리 의존성을 조사한 결과 산소 분위기에서 열처리를 수행하면  $E_v+0.36eV$  준위는 서서히 감소하는 반면에  $E_c-0.52eV$  준위의 농도가 900°C 부근에서 최대치를 가짐이 보고되었다.<sup>5-7)</sup> 이것은 산소분위기에서 Pt를 확산하면 실리콘표면이 산화하면서 발생하는 자기격자간(self-interstitial) 실리콘에 의해서 캐리어 발생원 준위인  $E_v+0.36eV$  트랩중심이 감소하는 대신에 재결합중심으로 우세한  $E_c-0.52eV$ 의 트랩농도가 증가하게 된다.

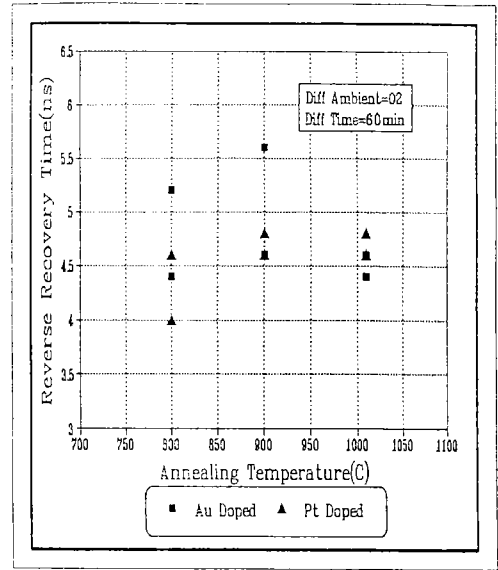


그림 4. Au 또는 Pt를 1010°C, 질소 분위기, 1시간 확산시킨 p-n 다이오드의 어닐링(2차 열처리)온도에 따른 역회복시간 특성  
Fig. 4. Effect of annealing in an oxygen ambient according to annealing temperatures for 1hour after Au or Pt diffusion at 1010°C for 1 hour in a nitrogen ambient on reverse recovery time for silicon p-n junction diode.

본 실험에서 800°C 부근에서 역회복시간이 최소가 되는 것은 열처리에 의해서  $E_c-0.52eV$  준위가 재결합중심으로 작용하기에 충분한 농도로 되었기 때문이라고 사료된다. 그림 5에는 1010°C에서 Au와 Pt를 질소분위기에서 열처리시간을 달리하면서 확산시킨 시료로서 역회복시간과 확산시간의 상호 의존성을 나타내고 있다. Au를 확산시킨 시편의 역회복시간은 확산시간이 30분 ~ 100분 범위에서 시간이 증가할수록 미소하게 변했지만 역회복시간이 감소하는 경향을 나타냈고, Pt를 확산시킨 시편에서는 확산시간이 60분까지는 감소하다가 100분일때는 오히려 증가함을 나타내고 있다.

그림 6에는 Au 또는 Pt를 확산시킨 실리콘 p-n 접합다이오드의 누설전류와 확산온도 및 확산분위의 관계를 나타냈다. 누설전류는 발생전류가 지배적인 인가전압 80V일때의 값이다. 그림6을 보면 확산온도가 800°C ~ 1010°C 범위에서 Pt를 확산시킨 시편이 Au를

확산시킨 것보다 월등히 높은 누설전류값을 가진다. 그리고 질소 분위기에서 확산시킨 시편이 산소 분위기에서 확산시킨 시료보다 누설전류가 높은 값을 가지고, 특히 Pt의 경우 확산온도 900℃에서 확산분위기에서의 누설전류 편차가 가장 크게 나타남을 알 수 있었다. 확산분위기에 의한 역방향전류 변화는 반응자 발생원이 산소 분위기에서 확산시킨 것이 질소 분위기에서 확산시킨 경우보다 낮아졌다고 생각된다. 이런 현상은 산소 분위기에서 Pt를 확산하면 치환형자리의 Pt의 농도가 실리콘 표면이 산화할때 발생하는 과포화 자기침입형 실리콘에 의해서 억제된다는 보고와 일치한다.<sup>6,7)</sup> 그리고 Pt 확산원으로 인해 발생하는 트랩중심준위중  $E_v+0.36eV$ 의 준위가 주된 반응자 발생원이라는 것을 Kwon등<sup>7)</sup>이 발표했다. 즉  $E_v+0.36eV$  준위의 농도가 산소 분위기에서 Pt를 확산시키면 실리콘 표면이 산화되면서 발생하는 자기침입형 실리콘에 의해서  $E_v+0.36eV$ 의 트랩준위가 억제되었기 때문에 누설전류가 감소되었다고 생각된다.

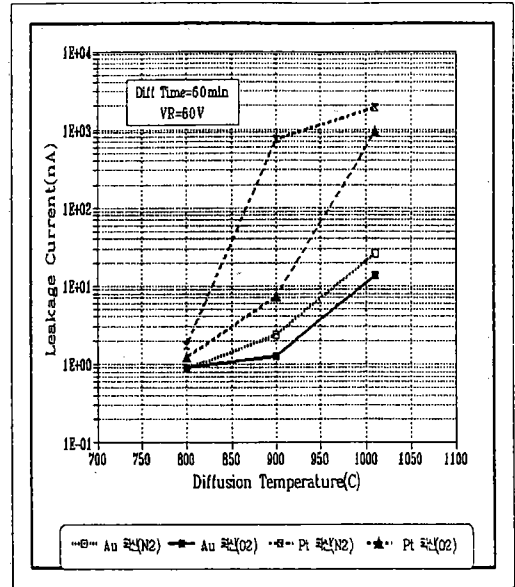


그림 6. Au 또는 Pt의 확산 p-n 다이오드의 역방향 누설전류와 확산 온도 및 확산분위기 의존성  
 Fig. 6. Dependence of the leakage current at VR 80V for fabricated silicon p-n junction diode according to Au or Pt of diffusion temperatures and ambiances.

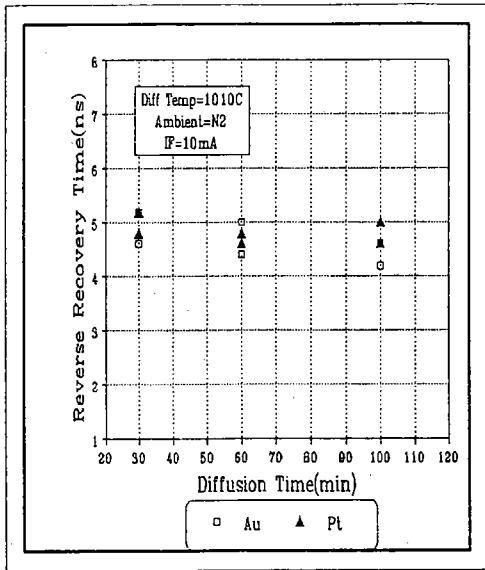


그림 5. 1010℃, 질소 분위기에서 Au 또는 Pt의 확산 시간변화에 따른 p-n 다이오드의 역회복 시간 의존성  
 Fig. 5. Dependence of thereverse recovery time of Au or Pt diffusd at 1010℃ in a nitrogen ambient according to diffusion times for silicon p-n junction diode.

그림 7에는 Au 또는 Pt를 1010℃에서 60분동안 질소 분위기에서 확산시킨 시편을 산소 분위기와 800℃ ~ 1010℃ 확산온도 범위에서 2차 열처리를 하였을때 누설전류와 열처리온도 의존성을 나타내고 있다. 그림 7을 보면 2차 열처리온도가 800℃ 그리고 Pt를 확산시킨 시편의 경우 누설전류가 가장 크게 개선됐음을 알 수 있었다. 그리고 Au를 확산시킨 시편의 경우 2차 열처리온도가 900℃일때 누설전류가 가장 개선됐음을 알 수 있었다. 즉 Pt를 확산시킨 시편은 약 1/1100 그리고 Au를 확산시킨 경우는 약 1/6정도 누설전류 특성이 개선되었다. 이것은 산소 분위기에서 열처리를 실시할 경우 실리콘 표면이 산화되면서 자기침입형 실리콘이 Au와 Pt의 트랩준위를 재분포 시켰음을 의미한다. Pt를 확산시킨 시편의 경우 800℃에서 역방향 누설전류 값이 최소가 된 것은 반응자 발생원의 트랩준위인  $E_v+0.36eV$ 의 준위농도가 낮게 재분포 되었기 때문이라고 생각된다.

그림 8은 1010℃에서 Au와 Pt를 질소분위기에서 열처리 시간을 변경하면서 확산시킨 시편의 누설전류와

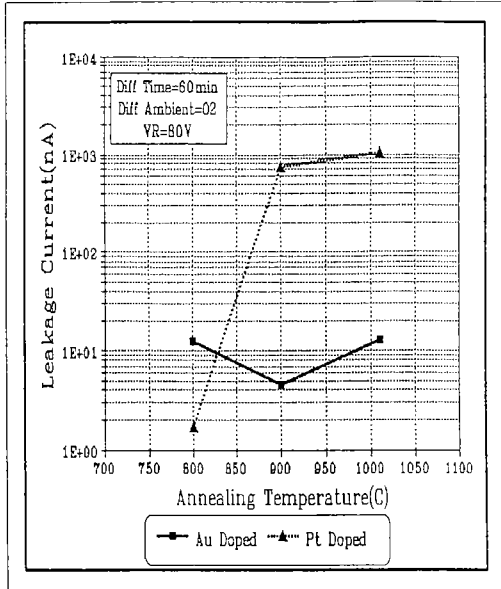


그림 7. Au와 Pt를 1010°C, 질소 분위기, 1시간 확산시킨 후 p-n 다이오드 누설전류의 어닐링 온도에 따른 열처리 효과

Fig. 7. Effect of annealing in an oxygen ambient according to temperatures for 1 hour after Au or Pt of diffusion at 1010°C in a nitrogen for 1 hour on the leakage current at VR 80V for p-n silicon junction diode.

확산시간 사이의 관계를 나타내고 있다. Au를 확산시킨 시편은 확산시간이 30분~100분 범위일때 시간이 증가할수록 역방향전류가 증가함을 알 수 있었고, 반면 Pt를 확산시킨 시편은 확산시간이 60분까지는 증가하다가 그 이상의 시간에서는 누설전류가 포화 됐음을 알 수 있었다.

#### IV. 結 論

본 논문에서는 스위칭 소자의 소수캐리어의 life-time killer로 널리 사용되어온 Au 또는 Pt를 확산시켜 실리콘 p-n 접합 다이오드를 제작하였다. 그리고 Au 또는 Pt의 확산을 800°C~1010°C의 온도와 산소 및 질소분위기에서 실시한 것에 대한 다이오드의 전기적 특성을 조사하였다. 또한 Au 또는 Pt를 확산시킨 시편을 산소분위기에서 2차열처리를 800°C~1010°C 범위에서 실시한 후 이 열처리가 소자의 전기적 특성에 미치는 효과에

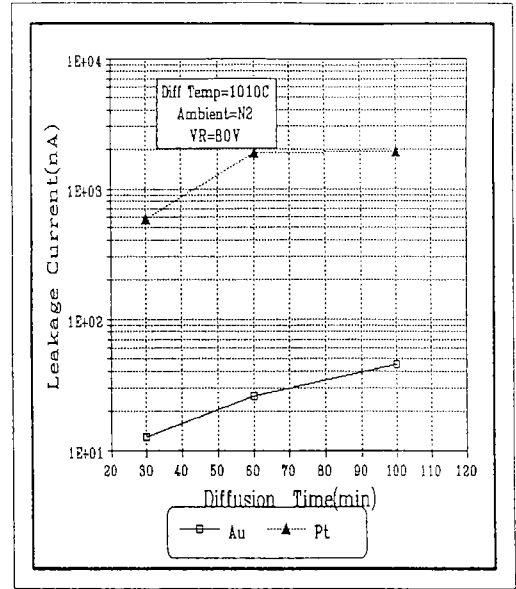


그림 8. 1010°C, 질소 분위기에서 Au 또는 Pt의 확산 시간에 따른 p-n 다이오드의 누설전류 의존성

Fig. 8. Dependence of the leakage current at VR 80V of Au or Pt diffused at 1010°C in a nitrogen ambient according to diffusion times for silicon p-n junction diode.

대해 고찰하였다.

확산온도가 1010°C일때 Pt를 확산시킨 시편이 Au의 경우보다 누설전류는 75배, 커패시턴스는 5배로 작아졌고, 역회복시간은 동일하였다. 1010°C에서 Pt를 확산시킨 후 산소분위기에서 800°C, 1시간동안 2차 열처리하였을 때 누설전류가 1/1100로 개선되었고, 이때 역회복시간은 4ns로 가장 특성이 우수하였다. 이들 결과로부터 초고속 실리콘 p-n 접합스위칭 다이오드의 최적제조 조건은 Pt를 1010°C, 질소분위기에서 1시간 확산시킨 후, 2차열처리를 800°C, 산소분위기에서 1시간이다. 이때 다이오드의 제특성은 역회복시간 4ns, 항복전압 138V, 그리고 누설전류가 1.7nA 였다.

#### 參 考 文 獻

- [1] W. M. Bullis, "Properties of gold in silicon", Solid-State Electronics, vol. 9, pp. 143~168, 1966.

- [2] U. G. W. Frank and A. Seeger, "Mechanism and Kinetics of the Diffusion of Gold in Silicon", J. Appl. Phys, vol 23, pp. 361~368, 1980.
- [3] A. M. Campero and R. P. Love, "Near-surface effects of gold in silicon," Solid-State Electronics, vol. 29, no. 7, pp. 703~706, 1986.
- [4] K. P. Lisiak and A. G. Milnes, "Platinum as a lifetime-control deepimpurity in silicon", J. Appl. Physics, vol. 46, no. 12, pp. 5229~5235, 1975.
- [5] P. Sagala, "Effects of oxidized silicon surfaces and Pt diffusion ambients on electrical properties in Pt-Diffused silicon power devices", 1993
- [6] 權英規, "シリコン 中 白金準位の性質とその濃度分布制御に關する 研究," 昭和63年
- [7] Y. K. Kwon, T. Ishikawa, and H. Kuwano, "Properties of Platinum associated deep levels in silicon", J. Appl. Phys., vol. 61, pp. 1055, 1987.
- [8] K. P. Lisiak and A. G. Milnes, "Energy levels and concentrations for Platinum in Silicon", Solid-State Electronics, vol. 18, pp. 533~540, 1975.
- [9] S. D. Brotherton, P. Sradley, and J. Bicknell, "Electrical properties of platinum in silicon", J. Appl. Phys., vol. 50, pp. 3396~3403, 1979.
- [10] K. S. Tarneja and J. E. Johnson, "Tailoring the recovered charge in power diodes using 2MeV electron irradiation", Electrochem. Soc. Mtg, Paper 261RNP, 1975.
- [11] A. O. Ewwaraye and B. J. Baliga, "Identification of the dominant recombination center in electron irradiated n-silicon using DLTS and lifetime measurement", Electrochem. Soc. Mtg, 1976.
- [12] W. R. Wilcox, "Mechanism of gold diffusion into silicon", J. Appl. Phys., vol. 35, pp. 240~246, 1964.

---

 著 者 紹 介
 

---



## 정 기 복

1959년 9월 28일생, 1986년 2월 영남대학교 공과대학 전자공학과 졸업(공학사), 1996년 2월 경북대학교 산업대학원 반도체공학 졸업(공학석사), 1986년 ~ 현재 한국 전자 주식회사 반도체사업부 근무,

주관심분야 : switching diode 제조 및 그 특성평가

## 이 재 곤

『센서학회지 제3권 제1호』 논문 94-3-1-03, p.25 참조  
현재 경북대학교 대학원 전자공학과 박사과정

## 최 시 영

『센서학회지 제1권 제1호』 논문 92-11, p.100 참조  
현재 경북대학교 전자공학과 교수