

Dioda yang akan dibuat memiliki spesifikasi :

- Arus maksimal 1 A.
- Tegangan breakdown 20 V.

Rancangan secara perhitungan :

Asumsi : Dioda adalah one sided abrupt junction yang memenuhi :

$$N_D = 4.5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$$

Untuk one sided abrupt junction  $X_p \ll X_n$ , sehingga dapat diasumsikan  $X_n = 100 X_p$ .

$$N_A \cdot X_p = N_D \cdot X_n$$

$$N_A = 100 N_p = 4.5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$$

Tegangan deplesi pada keseimbangan termal (pada 300K) adalah sebesar :

$$V_{BI} = \frac{KT}{q} \ln \frac{N_A \cdot N_D}{n^2} = 0.0259 \ln \left( \frac{4.5 \times 10^{16} \times 4.5 \times 10^{18}}{(1.4 \times 10^{10})^2} \right) = 0.0895 \text{ volt}$$

$$\text{Beban Deplesi : } w = X_n = \sqrt{\frac{2t_s V_{BI}}{q \cdot N_D}} = 0.162 \text{ mm}$$

Dimana  $V = V_{BR}$ , lebar daerah deplesi

$$V_{BR} = \sqrt{\frac{2t_s (20 + 0.893)}{q \cdot N_D}} = 3.29 \text{ mm}$$

Jadi karakteristik I-V yang dibuat

$$J = J_s \left( e^{\left( \frac{q.V}{K.T} \right) - 1} \right)$$

$$J_s = q \left( \frac{Dp.Dnp}{Lp} + \frac{Dn.Npo}{Ln} \right)$$

$$Dn = 371.14$$

$$Dp = 5.18$$

$$Dno = \frac{ni^2}{No} = \frac{(1.4 \times 10^{10})^2}{4.5 \times 10^{15}} = 4.350 \times 10^5 \text{ cm}^{-3}$$

$$Npo = \frac{ni^2}{Na} = \frac{(1.4 \times 10^{10})^2}{4.5 \times 10^{18}} = 43.5 \times 10^5 \text{ cm}^{-3}$$

$$Ln = \sqrt{Dn.tn} = \sqrt{371.14 \times 10^{-2}} = 19.27 \times 10^{-3} \text{ cm}$$

$$Lp = \sqrt{Dp.tn} = \sqrt{8.18 \times 10^{-6}} = 2.27 \times 10^{-3} \text{ cm}$$

$$J_s = 1.6 \times 10^{-26} \left( \frac{5.18 \times 1.875 \times 10^3}{2.27 \times 10^{-3}} + \frac{371.14 \times 1.875}{19.26 \times 10^{-3}} \right) = 7.42 \times 10^{-11} \text{ A/cm}^2$$

$$I_s = J_s XA$$

Pada rancangan dibutuhkan agar luas permukaan tidak terlalu lebar sehingga kapasitansi parasitik kecil.

$$\frac{1}{C^2} = \frac{2}{q.t_s.N_D.A^2} (V_R + V_{BI})$$

$$= \frac{2}{1.6 \times 10^{18} \times 11.9 \times 1.05^3 \times 10^{-10} \times 1.2 \times 10^{15} XA^2} (V_R + V_{BI})$$

$$= \frac{1.9886 \times 10^{25}}{A^2} (V_R + V_{BI})$$

$$C = 0.616 \times 10^{-9} A (V_R + V_{BI})^{-0.5}$$

$$\therefore A < 10^{-5} \text{ cm}^2$$

$$C < 0.616 \times 10^{-14} \text{ F}$$

Kapasitansi difusi :

$$C_d = \frac{q.A.Lp.Pno}{K.T/q} . e^{q.V/K.T} = \frac{1.6 \times 10^{-13} XA \times 1.76 \times 10^{-3} \times 1.875 \times 10^5}{0.0259} X e^{q.V/K.T}$$

$$= 5.82 \times 10^{-19} \text{ F}$$

Untuk  $A < 10^{-5} \text{ cm}^2, e^{q.V/K.T} > 0$

$$C_d < 5.82 \times 10^{-21} \text{ F}$$

Nilai kapasitansi diatas menjadi cukup kecil jika diambil harga  $A = 10^{-5} \text{ cm}^2$ . Pengambilan harga  $A$  juga mempertimbangkan supaya arus yang lewat adalah 1 A, antara lain dengan menentukan harga  $I_s$  dan  $r_s$  yang sesuai.

Resistansi seri pada forward bias :

Pada forward bias, daerah deplesi akan nol sehingga resistansi seri adalah

$$R_s = \frac{1}{s_p} \cdot \frac{dp}{A} + \frac{1}{s_n} \cdot \frac{dn}{A}$$

$dp$  = panjang/ kedalaman p-type

$dn$  = panjang/ kedalaman n-type

$$s_p = q \cdot m_p \cdot p = 1.6 \times 10^{-19} \times 200 \times 1.2 \times 10^{17} = 80.64$$

$$s_n = q \cdot m_n \cdot n = 1.6 \times 10^{-19} \times 14330 \times 1.2 \times 10^{15} = 6.384$$

$$R_s = \frac{1}{3.87} \cdot \frac{dp}{A} + \frac{1}{2.75} \cdot \frac{dn}{A} = 0.26 \times \frac{dp}{A} + 0.36 \times \frac{dn}{A}$$

Supaya  $R_s$  kecil,  $dp$  dan  $dn$  harus kecil tapi dibatasi oleh  $w_{BD} = 19.89$

$$I = I_s \cdot e^{\left( \frac{V - I \cdot R_s}{\frac{k \cdot T}{q}} \right)} = J_s \cdot A \cdot e^{\left( \frac{V - I \cdot R_s}{0.0259} \right)}, \text{ diambil } dp = 5 \text{ mm dan } dn = 22 \text{ mm}$$

$$R_s = \frac{9.22 \times 10^{-6}}{A} = 3.402 \times 10^{-6}$$

Jika diambil  $A = 5 \text{ mm}^2$ ,  $R_s = 6.6 \times 10^{-1}$ ,  $I_s = 7.75 \times 10^{-14}$ , maka

$$I = 7.75 \times 10^{-14} \cdot e^{\left( \frac{V - 0.01845}{0.025} \right)}$$

Sehingga diperoleh untuk  $I = 1 \text{ A}$ ,

harga  $V = 1.53 \text{ V}$ ,  $N_D = 4.2 \times 10^{16}$ ,  $N_A = 4.2 \times 10^{18}$ ,  $A = 5 \text{ mm}^2$ ,  $dn = 22 \text{ mm}$ ,  $dp = 5 \text{ mm}$

Nilai  $R_s$  diharapkan kecil agar mampu mengeluarkan arus yang besar dengan disipasi relatif kecil. Untuk memperkecil nilai  $R_s$ , maka nilai  $D_p$  dan  $D_n$  dapat diperkecil, tapi tidak terlalu kecil karena dibatasi oleh lebar daerah deplesi  $w_{BD}$ .

$w_{BD}$  sendiri ditentukan oleh konsentrasi donor. Jadi secara tak langsung dipengaruhi oleh tegangan breakdown.

Hasil dari perancangan ini berupa parameter :

- $N_D$  (konsentrasi donor)
- $N_A$  (konsentrasi akseptor)
- $A$  (luas permukaan)
- $D_n$  (Panjang semikonduktor tipe N)
- $D_p$  (Panjang semikonduktor tipe P)

Dari Supreme akan diperoleh kurva karakteristik Jarak dari permukaan VS konsentrasi (algoritmik)

Dari Pisces kita peroleh kurva karakteristik :

- Jarak VS Konsentrasi
- Penyebaran doping
- Kapasitansi VS Tegangan
- Arus VS Tegangan
- Karakteristik transien arus dan tegangan

---

..... Listing Program Mencari Doping Profile Diode dengan SUPREM .....

```
Title      SUPREM3 Dioda
$          Dioda Sambungan pn

Comment    Inisialisasi substrat silikon
Initialialize <111> Silicon,phosphorus Concentr=1.2e15
+          Thickness=27. dx=0.01 Spaces=80

Comment    Dioksidasi basah setinggi 6500 A
Diffusion  Temperature=1000 Time=60 WetO2
Print      Layer

Comment    Etsa untuk mendapat mask difusi
Etch       Oxide

Comment    Difusi Phosphor untuk mendapatkan tipe-n
Diffusion  Temperature=975 Time=90 Boron Solidsolubility
Diffusion  Temperature=975 Time=120 DryO2
Diffusion  Temperature=975 Time=90

Comment    Plot Distribusi ketidakmurnian
Print      Concentr Che Phosphor Filename=konstra.out
Print      Layer
Plot       Chemical Boron      Xmin=0 Xmax=30 Clear Axis
LineType=2
+         title=Percobaan_dioda Symbol=1
Plot       Chemical Phosphorus Xmin=0 Xmax=30 ^Clear ^Axis
LineType=3
Plot       Chemical net        Xmin=0 Xmax=30 ^Celar ^Axis
+         symbol=2 color grid

Stop      End of dioda percobaan
```

Listing Program mencari Doping Profile Diode dengan PISCES

\*\*\*\*\*

Date and time = 23-Mei-99 7:30:14

```
1... Title PN diode transient simulation
2... $ Grid of the structure and doping distribution
3... $ SILVACO International 1991
4... mesh    rect nx=100 ny=10 smooth=1 diag.flip
5... x.m     n=1 l=0.0 r=1.0
6... x.m     n=100 l=10500.0 r=1.0
7... y.m     n=1 l=0.0 r=1.0
8... y.m     n=10 l=8.0 r=1.0
9... $ Regions and Electrodes
10... region num=1 silicon
11... elec   num=1 x.min=0.0 length=999.0
12... elec   num=2 bottom
13... $ Doping profile
14... doping uniform conc=1.2e15 n.type outf=dd1dio
15... doping gauss conc=1.2e17 p.type junc=0.922 x.r=10000.0
ratio=0.7
16... regrid doping ratio=4 log smooth.k=1
dopfile=dd1dio
17... regrid doping ratio=4 log smooth.k=1 outf=mesh.dd1
dopfile=dd1dio
18... $
19... plot.1d x.s=0.0 x.e=5.0 y.s=0.0 y.e=0.0 doping abs log pa
20... plot.1d x.s=1.0 x.e=1.0 y.s=0.0 y.e=5.0 doping abs log pa
21... plot.2d x.min=9950 x.max=10000 grid boundary no.top
no.fill pa
22... plot.2d x/min=9950 x.max=10000 junction boundary
l.elect=2 l.bound=3 l.junct=6 no.fill pa
23... end
```

\*\*\*\*\*

PN diode transient simulation

\*\*\*\*\*

Mesh statistics :

Total grid points = 1000

Total no. of triangles = 1782

Obtuse triangles = 0 (0.0%)

Mesh statistics :

Total grid points = 1385  
Total no. of triangles = 2550  
Obtuse triangles = 1332 ( 52.2%)

Mesh statistics :

Total grid points = 2430  
Total no. of triangles = 4545  
Obtuse triangles = 2182 ( 48.0%)

Grid written to mesh.dd1