

# MATERIALES ELÉCTRICOS

## DIFUSIÓN

### TRABAJO PRÁCTICO Nº 5

#### CARACTERÍSTICAS DEL SILICIO EN FUNCIÓN DE LAS CONTAMINACIONES, A 300 K

NA ND cm <sup>-3</sup>	1E14	1E15	1E16	1E17	3E17	1E18	3E18	1E19
Mayoritarios	1E14	1E15	1E16	1E17	3E17	1E18	3E18	1E19
Minoritarios	1E6	1E5	1E4	1E3	333	100	33	10
$\mu_n$ cm <sup>2</sup> /V*seg	1358	1345	1248	801	521	270	158	115
$\mu_p$ cm <sup>2</sup> /V*seg	461	458	437	331	242	148	93	68
Tau n $\mu$ seg	500	400	300	200	57	20	5	0,4
Tau p $\mu$ seg	500	400	200	50	12	1	0,16	0,01
$\sigma_{nn}$ 1/ $\Omega$ *cm	0,0218	0,2155	1,9993	12,832	25,039	43,254	75,935	184,23
$\sigma_{pn}$ 1/ $\Omega$ *cm	7E-11	7E-12	7E-13	5E-14	1E-14	2E-15	5E-16	1E-16
$\sigma_{np}$ 1/ $\Omega$ *cm	2E-10	2E-11	2E-12	1E-13	3E-14	4E-15	8E-16	2E-16
$\sigma_{pp}$ 1/ $\Omega$ *cm	0,0074	0,0734	0,7001	5,3026	11,631	23,71	44,696	108,94
$\sigma_N$ 1/ $\Omega$ *cm	0,0218	0,2155	1,9993	12,832	25,039	43,254	75,935	184,23
$\sigma_P$ 1/ $\Omega$ *cm	0,0074	0,0734	0,7001	5,3026	11,631	23,71	44,696	108,94

- En una oblea de Si contaminado con  $N_A = 1E17$  cm<sup>-3</sup> circula una corriente por difusión  $J_{Dn} = 1\text{mA/cm}^2$ .
  - Calcular la concentración de electrones al comienzo de la oblea ( $x = 0$ )  $n_p(0)$ .
  - Dibujar la variación de la concentración con la distancia de penetración. Destacar Longitud de difusión
  - Calcular el Campo Eléctrico que generaría una corriente de huecos por movilidad, tal que compense la  $J_{Dn}$ . Establecer la dirección y sentido. Dibujar
- Una oblea de Si ( $N_A = 1E16$ ) tiene un largo de 30 mm ( $x = W = 30$  mm) con una sección de 1 cm<sup>2</sup>. Por la izquierda ( $x = 0$ ) inyectamos electrones minoritarios a razón de 10 mA/cm<sup>2</sup>.
  - Calcular la concentración de electrones inyectados en  $x = 0$ .
  - ¿A qué distancia de  $x = 0$  la  $J_{Dn}(x)$  se hace igual a 0,001 de la  $J_{Dn}$  inyectada?
  - ¿A qué distancia de  $x = 0$  las corrientes  $J_{Dn}(x)$  y la  $J_p$  por movilidad se hacen iguales? d) ¿Cuánto vale la  $J_p$  en  $x = W$ ?
  - ¿Cuánto vale el Campo Eléctrico que mueve a los mayoritarios en  $x = W$ ?
  - Tabular en función de  $x$ , los valores de:  $J_{Dn}(x)$ ;  $J_p(x)$ ; Campo  $E(x)$ ; Caída de Tensión  $V(x)$ . Tabular cada 5 mm a partir de  $x = 0$ .
- Observando la tabla de características del Si, proponer una modificación en la oblea para minimizar la caída de tensión  $V$ , que solo resulta en calentamiento sin agregar otro valor. ¿Ejerce alguna influencia este cambio en la corriente  $J_{Dn}$ ?
- Como consecuencia de la inyección de minoritarios, aparece una carga eléctrica negativa que aparentemente rompe la neutralidad de la oblea. Analizar las consecuencias de esta ruptura de la neutralidad.

#### Problema de LDR

Usando un puente de Wheatstone y el LDR de SUNROM medir iluminación entre 10 y 100Lux

- Considerar mínima disipación de energía para no alterar la temperatura del LDR.
- Si se pasa de 100lux a oscuridad y viceversa ¿Cuál es el retardo que aparece en la salida?
- Si se usa luz roja, luego verde y luz azul cual es el cambio que se observa en la salida.
- Analizar el funcionamiento de los **Typical Application Circuits**.

#### Problema de NTC

Usando un puente de Wheatstone y el NTC de VISHAY NTCLE100E3 medir la temperatura ambiente entre 0°C y 100°C

- Considerar mínima disipación de energía para no alterar la temperatura del NTC.
- Puede usar los circuitos del punto anterior con NTC (**Typical Application Circuits**)

#### Problema con celda Hall

Usando el Low-cost Linear Halleffect SS39ET/SS49E/SS59ET Series sensors medir Campo Magnético entre 0 y 500 Gauss.

Proponga un circuito para usar la celda como interruptor de posición o sensor de posición (Hall Effect Switches)

## **Guía de estudio**

- 5- Verificar la relación de Einstein que  $\frac{D_p}{\mu_p} = \frac{D_n}{\mu_n} = V_T = \frac{kT}{q} = 26 \text{ mV}$  a  $300^\circ\text{K}$ .
- 6- ¿Cómo varía el tiempo de vida media de los minoritarios con el aumento de la contaminación de impurezas en un semiconductor? Justifique la respuesta. Hacer una gráfica tomando los valores de la tabla adjunta.
- 7- ¿Cómo varía el tiempo de vida media de los minoritarios con el aumento de la temperatura en un semiconductor? ¿por qué?
- 8- ¿Quién es mayor: el tiempo de vida media de los minoritarios o el tiempo medio entre choques? ¿por qué?
- 9- Analizando las características del Silicio en función de las Contaminaciones, vemos que el Tiempo de Vida Medio de los minoritarios es fuertemente dependiente de la contaminación con impurezas. Una interpretación sería que las altas concentraciones de impurezas alteran la estructura cristalina del Silicio, deja de ser monocristal y eso descalabra el tiempo de vida. ¿Cierto o Falso? ¿Por qué?
- 10- El transporte por difusión depende de la temperatura:  $J_{Dn} = q \cdot D_n \cdot dn_p/dx$ . ¿Cómo varía D con la Temperatura?
- 11- ¿Cómo varía el gradiente de minoritarios con la Temperatura?