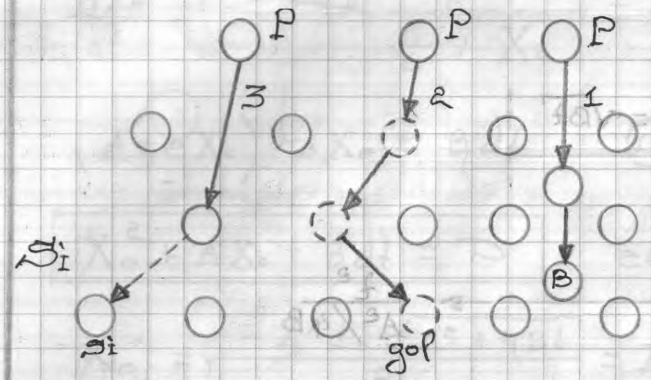
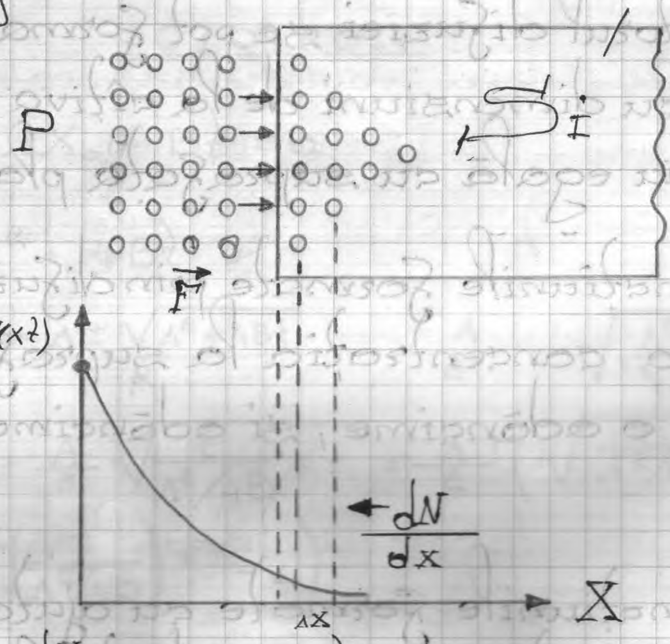


1) difuzia prin nodurile rețelei.
2) dif. prin vacanțe
3) dif. prin ciocnirea cu rețeaua.

Teoria difuziei

Legile difuziei au fost scrise de Fick în 1889.

1) Legea I



$$F = -D\frac{dN}{dx} \quad (1) \quad \left[\frac{at}{cm^2 \cdot s}\right]$$

F – densitatea fluxului de atomi

F – este îndreptat invers gradientului $\frac{dN}{dX}$, de aceea se pune minus.

$\frac{dN}{dx} = 2 \Rightarrow F = -D$

D – caracterizează F când $\frac{dN}{dx} = 1$

$$\left[\frac{at}{cm^2 s}\right] = -\frac{cm}{s}\,\frac{\frac{at}{cm^3}}{cm}$$

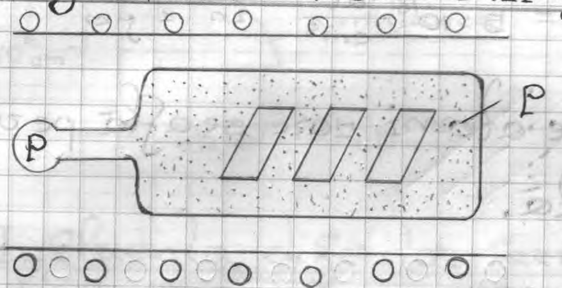
2) Legea II caracterizarea viteza de schimbare a impurităților.

$$\frac{\partial N(x,t)}{\partial t} = D\left(\frac{\partial^2 N}{\partial x^2}\right) \quad (1)$$

$$= D\left(\frac{\partial^2 N}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 N}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 N}{\partial z^2}\right) = D\Delta N.$$

Avem difuzia din sursă semiinfinită și difuzia din sursă limitată.

• Dif. din sursa semiinfinită :



Fosforul se evaporează prin substanțe

$N_{gaz} = const.$

$N(x,t) = N_0$ pentru $(x = 0,\ 0 < t < \infty)$

$N(x,t) = 0$ pentru $(t = 0,\ 0 < x < \infty)$

$N(x,t) = 0$ pentru $(x = \infty,\ 0 < t < \infty)$

$$\lambda = \frac{x}{\sqrt{t}} \qquad \frac{\partial N}{\partial x} = \frac{\partial N}{\partial \lambda}\frac{\partial \lambda}{\partial x}$$

$$N(x,t) - N_0\left(1 - \frac{2}{\sqrt{\pi}}\int_0^{\frac{x}{2\sqrt{Dt}}} e^{-\lambda^2}\, d\lambda\right)$$

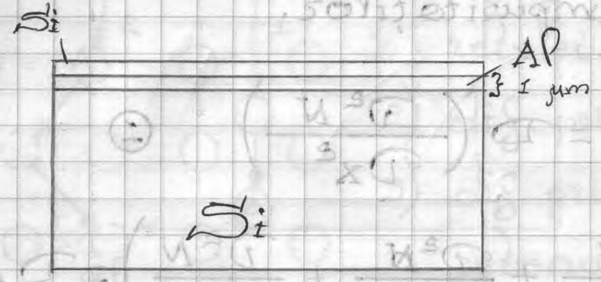
funcția de eroare

$0 < erf < 1$

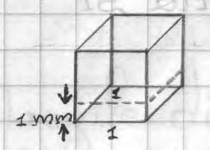
$erfc\, z = 1 - erf\, z$

$$\boxed{N(x,t) = N_0\, erfc \frac{x}{\sqrt{2Dt}}}$$

= Dif. din sursă limitată :



$V = 1\ cm^3$



$N_{Al} \cong 5 \cdot 10^{22} \frac{at}{cm^3}$ în $1\ cm^3$

$N_{Al} = 5 \cdot 10^{21} \frac{at}{cm^2}$ în 1 mm

$N_{Al} = 5 \cdot 10^{18} \frac{at}{cm^2}$ în 1 μm

Q - Cantitatea de atomi care se află pe unitatea de suprafață.

$Q \cong 5 \cdot 10^{18} \frac{at}{cm^2}$

$N(x,t) = 0 \quad (t = 0,\ 0 < x < \infty)$

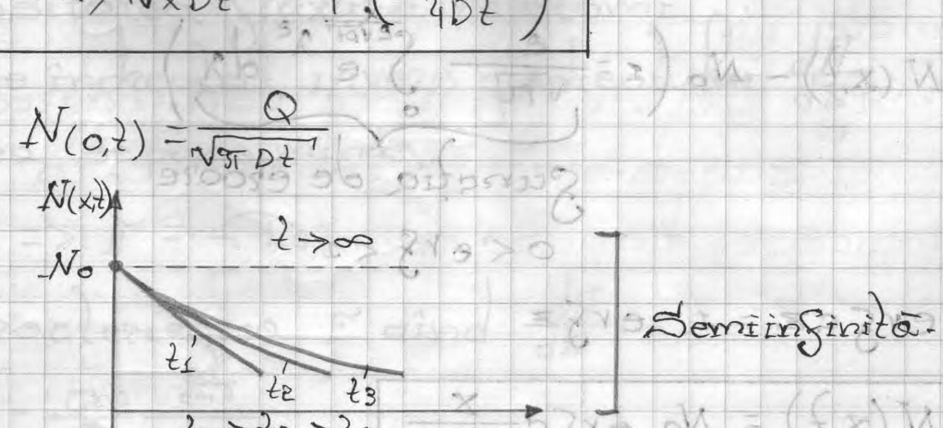
$N(x,t) = 0 \quad (t > 0,\ x \to \infty)$

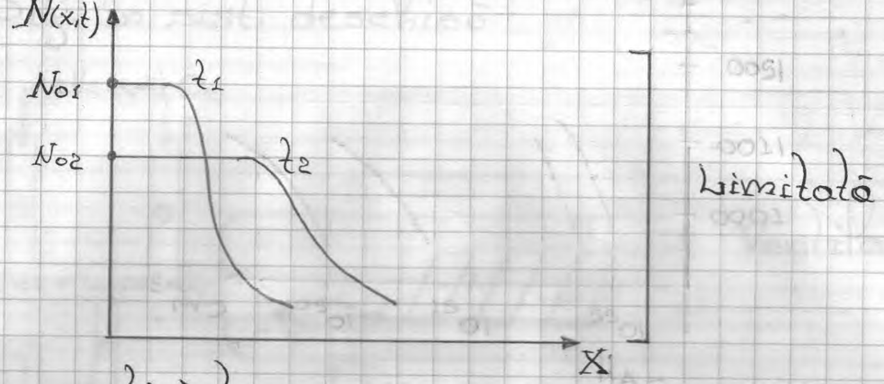
$\frac{\partial N}{\partial x} = 0 \quad (x = 0,\ t > 0)$

$\int_0^x N(x,t)\,dx = Q \quad (0 < x < \infty,\ 0 < t < \infty)$

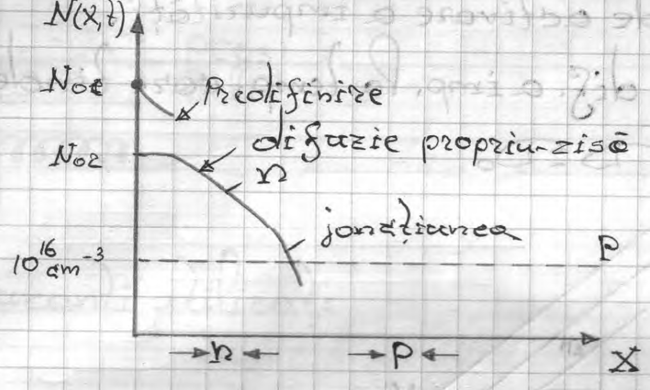
$$\boxed{N(x,t) = Q / \sqrt{\pi D t}\ \exp\left(-\frac{x^2}{4Dt}\right)}$$

$x = 0$ $\quad N(0,t) = \frac{Q}{\sqrt{\pi D t}}$





$t_2 > t_1$



· Influența diferitor factori la procesul de difuzie.

1) Solubilitatea solidă a impurității
2) Timpul
3) Temperatura
4) Deservirea rețelei cristaline a cristalului.

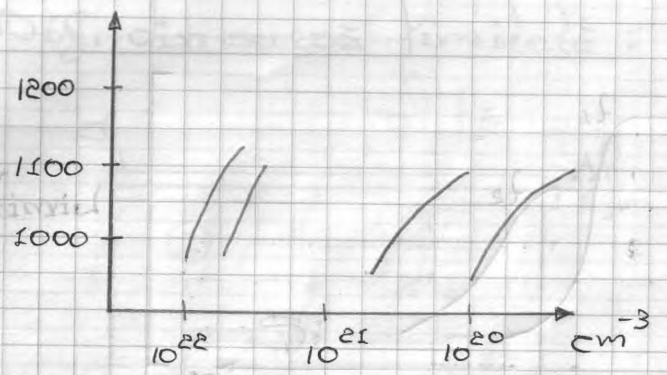
1) $N_{Si} = 5 \cdot 10^{22} \frac{at}{cm^3}$

1 % impuritate (P) $\simeq 5 \cdot 10^{20} \frac{at}{cm^3}$

10 % imp. $\simeq 5 \cdot 10^{21}$

50 % imp. $\simeq 2{,}5 \cdot 10^{22}$

· Solubilitatea solidă este concentrația maximală de impurități care poate fi introdusă la temperatura dată fără a apărea faze noi.

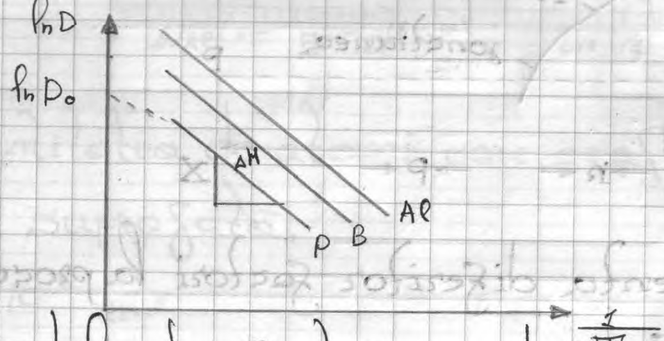


2) $D = D_0 e^{-\frac{\Delta H}{kT}}$

ΔH - energia de activare a impurităţi.

D_0 - coef. de dif. a imp. la temp. care tinde la ∞.

$T \to \infty \Rightarrow D = D_0$

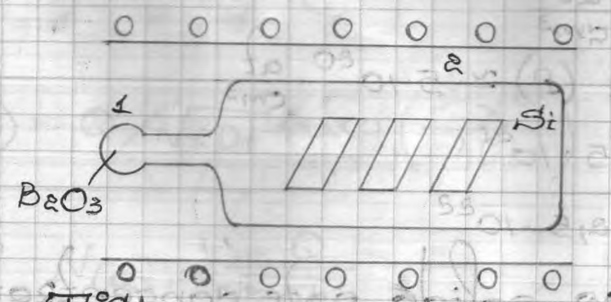


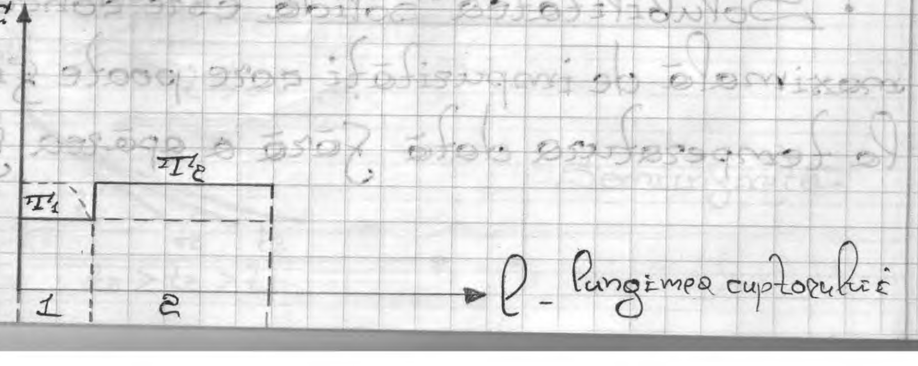
• Metodele de efectuare a difuziei şi difuzanţii utilizaţi.

Difuzia poate fi efectuată prin 2 metode:

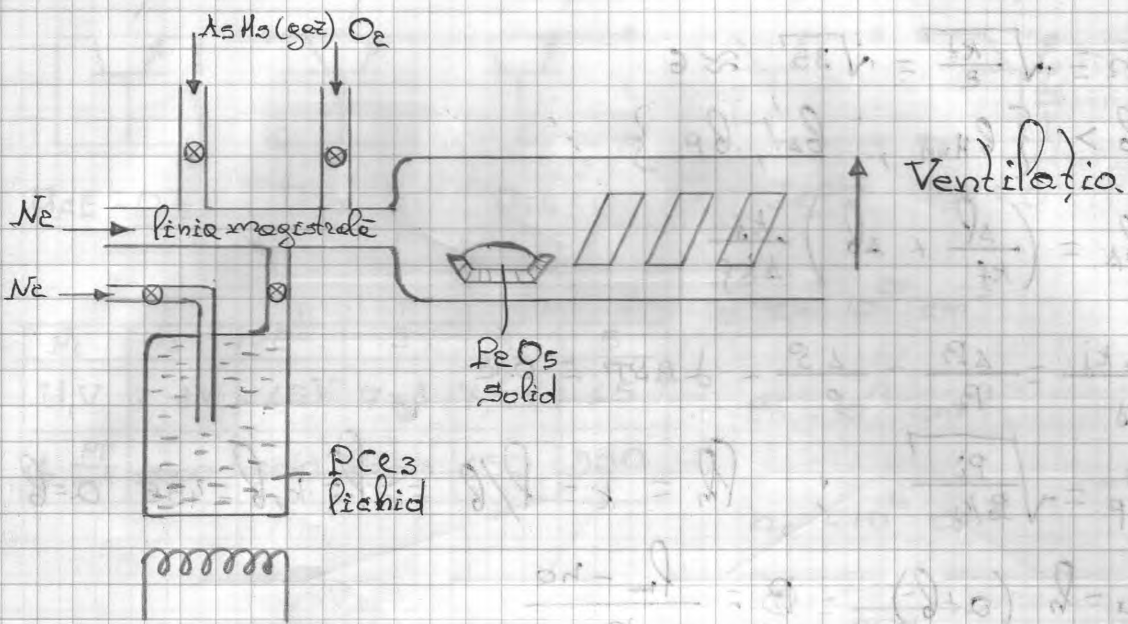
1) Dif. în sisteme închise.

2) Dif. în sisteme deschise.





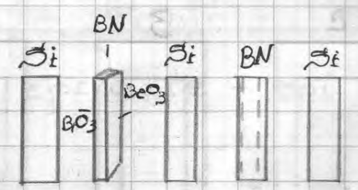
Dif. în sist. deschisă



Difuzanți utilizați

Si

	n	p
S	P_2O_5 As_2O_5	B_2O_3 BN
L	PCl_3 $POCl_3$ $AsCl_3$	BBr_3
G	PH_3 AsH_3	B_2H_6 - diboran



$2P_2O_5 + 5Si \rightarrow 5SiO_2 + P_4$ (1)

$4PCl_3 + 5O_2 \rightarrow 2P_2O_5 + BCl_2$ (2)

$4PH_3 + 5O_2 \rightarrow 2P_2O_5 + BH_2$ (3)

Practica

De calculat dimensiunile geometrice a unei R

cu $R_i = 21\ k\Omega$; $\frac{\Delta R}{R} = 20\%$; $\Delta T = 60°C$;

$\rho_s = 300\ \Omega/\square$; $\alpha_R = 0.5 \cdot 10^{-3} \frac{1}{°C}$; $P_{dis} = 1.5\ mW$;

$P_0 = 0,5\ W/mm^2$;

$$K_1 = \frac{R_i}{\rho} \cdot \frac{21K}{300} = 70$$

$$n = \sqrt{\frac{Kt}{2}} = \sqrt{35} \approx 6$$

$$b > \{ b_{Hmn},\ b_\Delta',\ b_p \}$$

$$b_\Delta = \left(\frac{\Delta l}{Kf} + \Delta b \right) \frac{Kf}{\Delta Kf}$$

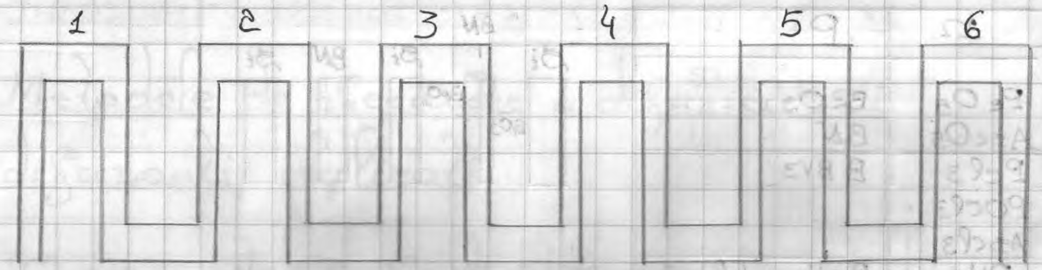
$$\frac{\Delta K_j}{K_j} = \frac{\Delta R}{R} - \frac{\Delta \rho}{\rho} - \alpha_R \Delta T = 0.12$$

$$b_p = \sqrt{\frac{P_i}{P_0 K_j}} \quad ; \quad R_n = k = l/b \Rightarrow l = K_1 b = 455 \quad a = b$$

$$L = n(a+b) \qquad B = \frac{l_m - na}{n}$$

$$L = 2na^2 = 2 \cdot 6 \cdot 6{,}5\ \mu m = 78\ \mu m$$

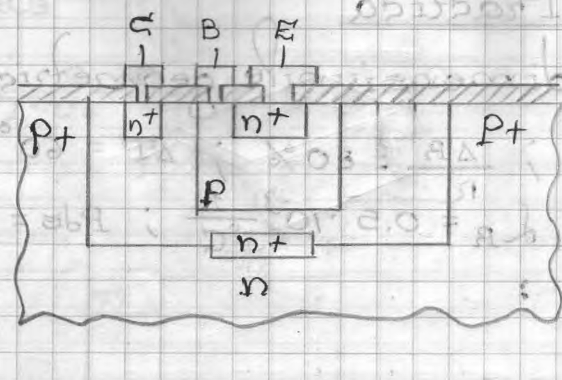
$$B = \frac{l - 6 \cdot 6{,}5\ \mu m}{6} = 74{,}8\ \mu m$$



$$b_{masc} = b + 2(\Delta x + \Delta y) \qquad \Delta x = 0{,}2\ \mu m$$

$$= 8{,}5\ \mu m \qquad \Delta y = 1{,}3\ \mu m$$

• Cinci tipuri de conectare diodică a tranzistoarelor în circuitul integrat.



$U_{CB} = 0$ $U_{EB} = 0$ $U_{EC} = 0$ $I_C = 0$ $I_E = 0$

№	1	2	3	4	5
U, V	7-8V	15V	7-8	7÷8	15
C_0 $\frac{pF}{mm^2}$	1000	300	1300	150	300

$n_E^+ = 10^{20}\ cm^{-3}$

$p_B = 10^{18}\ cm^{-3}$

$n_C = 10^{16}\ cm^{-3}$

$\rho = \frac{1}{e n \mu}$