

Detectores semicondutores

semicondutores de tipo p e n:

Se se substitui um átomo da rede cristalina de um semicondutor por uma impureza com 5 electrões de valência (+1 que o semicondutor) cria-se um semicondutor extrínseco ou dopado de tipo n, ou dador de electrões, com um nível de energia da impureza muito perto da banda de condução - 0,05 eV para o silício (Ex.: arsénio). → ver fig.

Se se injectam impurezas com 3 electrões de valência cria-se um semicondutor de tipo p, ou aceitador de electrões, com o nível adicional de energia muito perto da banda de valência (Ex.: gálio).

Junção p n:

Quando se juntam dois semicondutores extrínsecos de tipos diferentes, p e n, na zona de contacto há difusão de electrões para o lado p e difusão de buracos para o lado n. Estas difusões são impôr recombinações electrão-buraco nas duas regiões. Mas como os materiais eram inicialmente neutros, criam-se cargas eléctricas dum lado e do outro da

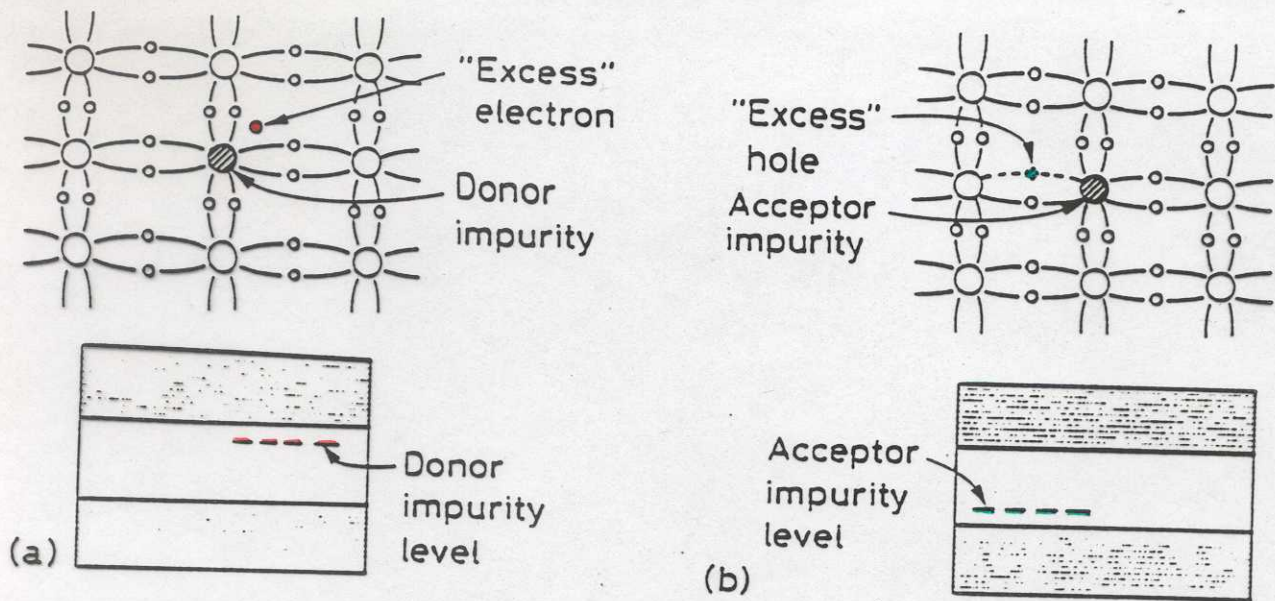


Fig. 10.4. (a) Addition of donor impurities to form n-type semiconductor materials. The impurities add excess electrons to the crystal and create donor impurity levels in the energy gap. (b) Addition of acceptor impurities to create p-type material. Acceptor impurities create an excess of holes and impurity levels close to the valence band

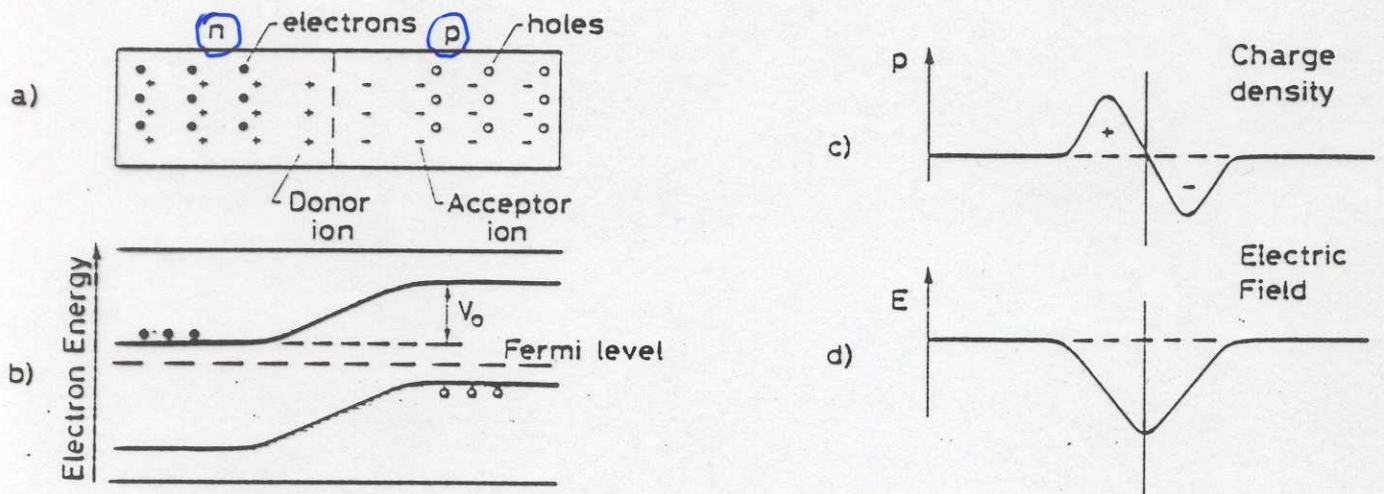


Fig. 10.5. (a) Schematic diagram of an np junction, (b) diagram of electron energy levels showing creation of a contact potential V_0 , (c) charge density, (d) electric field intensity

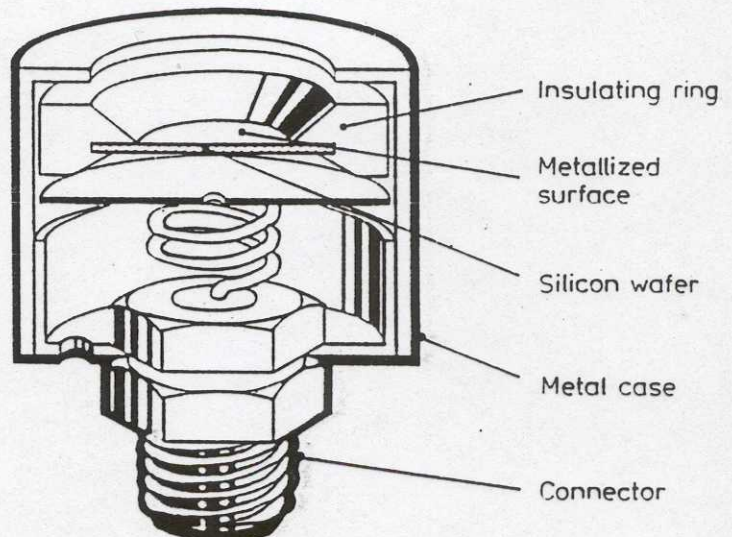
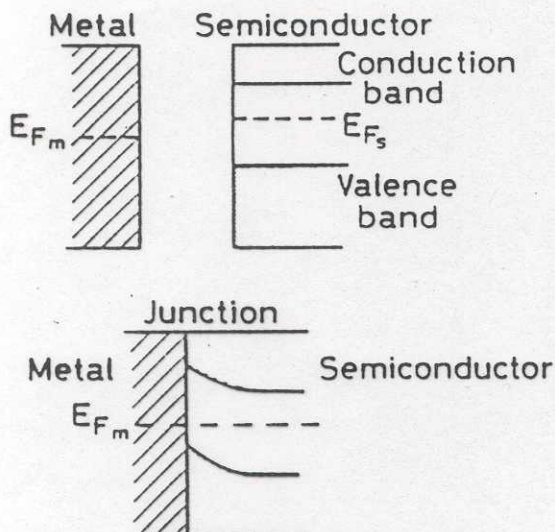


Fig. 10.11

Fig. 10.12

junção:

- A região p, invadida por electrões torna-se negativa.
- A região n, devido aos buracos torna-se positiva.

→ ver fig.

Quer dizer, cria-se um potencial de contacto na junção, que vai impedir a migração de mais portadores de carga: repele os electrões para a zona n e os buracos para a p. Cria-se uma região livre de portadores de carga em movimento: é a zona de depleção ou de ausência de carga espacial. Qualquer electrão ou buraco entrando nesta zona é varrido dela.

⇒ é uma propriedade interessante para detectores. A radiação, ao entrar na zona de depleção, cria pares e-buraco (3.6 eV/par) que são varridos para os lados, onde contactos eléctricos em cada extremo da junção recolhem um sinal de corrente proporcional à energia da radiação incidente.

► Os detectores de barreira de superfície são detectores de junção formada entre semicondutor e metal. Geralmente são

de Si-tipo n e ouro ou de Si-tipo p e alumínio.

Devido aos diferentes níveis de Fermi entre estes materiais, quando em contacto as bandas do semiconductor baixam, formando-se também uma zona de depleção com as mesmas propriedades da junção p n. → ver fig.

Características da zona de depleção

Usando para a junção um modelo de distribuição uniforme de carga:

em que $N_A x_p = N_D x_n$

por conservação de carga,

e fazendo uma dupla integração da equação de Poisson

$$\frac{d^2V}{dx^2} = -\frac{1}{\epsilon} \rho(x)$$

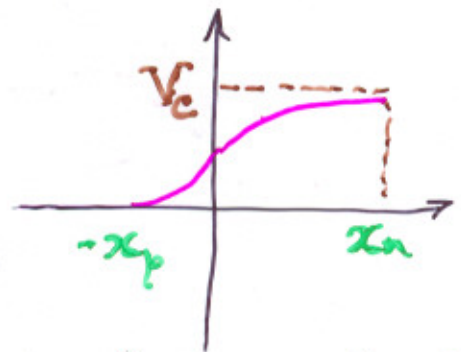
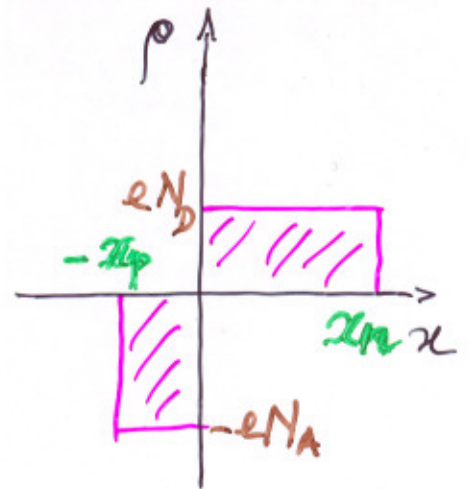
obtemos $V(x) \propto -x^2$, com:

• $x=0$: $V^+ = V^-$

• $x=x_n$: $V(x_n) = V_c$

• $x=-x_p$: $V(-x_p) = 0$

} $\Delta V \equiv V_c$ → potencial de contacto



ou seja:

Cálculos decorrentes do modelo:

$$V_c \propto x^2$$

$$V_c = \frac{q}{2\epsilon} (N_D x_n^2 + N_A x_p^2)$$

e, fazendo $d = x_n + x_p$:

$$d \propto V_c^{1/2}$$

$$d = \left(\frac{2\epsilon}{q} V_c \frac{N_A + N_D}{N_A N_D} \right)^{1/2}$$

d - profundidade total de depleção

A capacidade da junção é, então:

$$C = \epsilon \frac{A}{d} \propto V_c^{-1/2}$$

isto é, numa geometria planar: $C \propto \text{Area}$

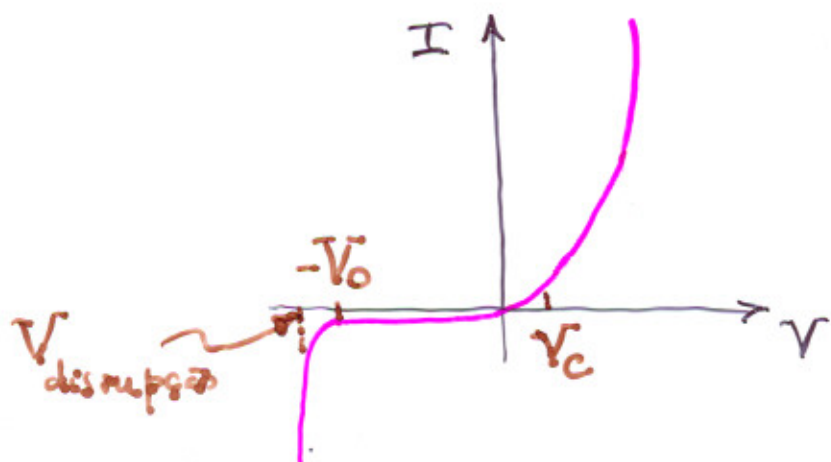
⇒ A capacidade da junção é

não-linear

$C \propto 1/\text{distância}$

- Potencial de contacto V_c pequeno \Rightarrow junção funciona como detector ineficiente
- Como V_c é pequeno, a capacidade C_{det} é grande, o que aumenta o ruído na saída da junção.

Solução: Aplica-se uma tensão externa negativa à junção:



A tensão negativa não pode atingir o valor da tensão de ruptura.

Para um semicondutor Si-tipo n:

$$d = 0.53 (\rho_n V_c)^{1/2} \mu\text{m}$$

em que $\rho \approx$ resistividade $\sim 20 \text{ k}\Omega \cdot \text{cm}$ típica $\Rightarrow d \approx 75 \mu\text{m}$
 $V_c \sim 1 \text{ V}$

Aplicando $V_0 = 50 \text{ V} \Rightarrow d \approx 500 \mu\text{m}$,

ou seja, d grande \Rightarrow

- detector c/ maior volume sensível
- mais eficiente recolha de carga