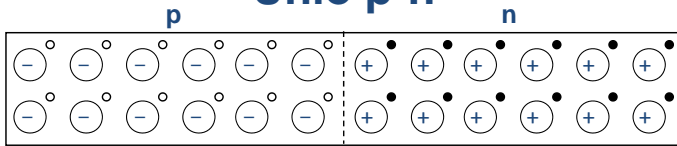
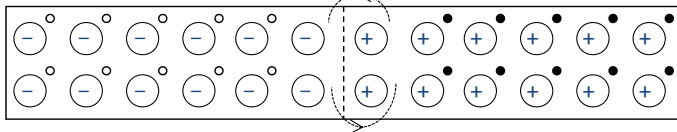


# Unió p-n



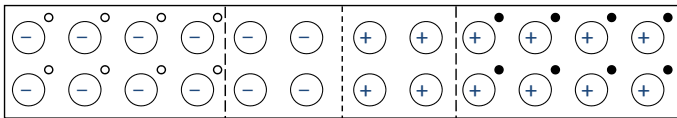
$I_d$  difusiu ( $\rightarrow$ ): els portadors majoritaris d'un costat es difonen a l'altre

**Recombinació:** els  $e^-$  que venen de **n** es recombinen amb els forats a **p**  
els forats que venen de **p** es recombinen amb els  $e^-$  a **n**

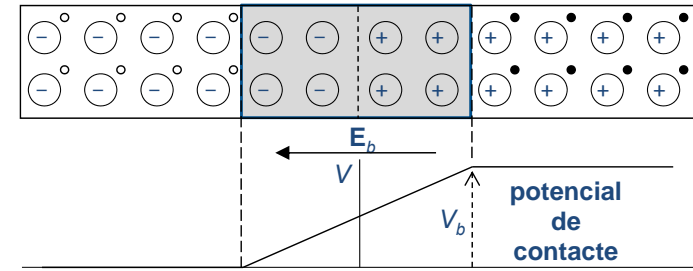


**Regió de transició:** amb càrregues descobertes (ions  $\oplus$  sense  $e^-$  o  $\ominus$  sense forat) sense portadors de càrrega (**R gran** perquè  $n$  i  $\sigma = ne\mu$  petits)

## Regió de transició



## Regió de transició



$I_a$  d'arrossegament ( $\leftarrow$ ):  $E_b$  arrossega portadors minoritaris generats tèrmicament d'un costat a l'altre:  $e^-$  (de p a n) i forats (de n a p)

**Equilibri dinàmic:**  $I_d(\rightarrow) + I_a(\leftarrow) = 0$

$I_d$  difusiu ( $\rightarrow$ ): els portadors majoritaris amb prou energia es difonen d'un costat a l'altre superant la barrera de potencial (contra el camp  $E$ ).

La **regió de transició** també s'anomena **regió de depleció** per indicar que no té càrregues lliures per conduir. **Podem pensar que es comporta com un aïllant.**

# Polarització d'un díode

Quan s'estableix una tensió externa als extrems de la unió p-n, l'amplada de la zona de transició (sense portadors) canvia, i  $V_b$  també canvia.



## Polarització inversa

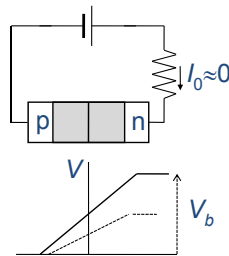
S'aplica una tensió negativa (-) a la part **p**.

Els  $e^-$  de **n** són atrets pel born (+) i s'allunyen de la unió, i els forats de **p** són atrets pel born (-) i s'allunyen de la unió, de manera que la **regió de transició (com un aïllant) s'eixampla**,

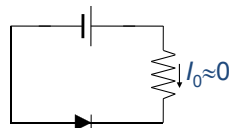
$V_b$  augmenta,

i el corrent difusiu  $I_d(\rightarrow)$  disminueix

i pràcticament no circula corrent.



L'efecte anterior afecta al corrent difusiu  $I_d(\rightarrow)$ , però no al d'arrossegament  $I_a(\leftarrow)$  que és manté, i circula un corrent molt petit anomenat **corrent invers de saturació**.



# Polarització directa

S'aplica una tensió positiva (+) a la part **p**.

Els forats de **p** són empentats cap a la unió,

i els  $e^-$  de **n** també són empentats cap a la unió,

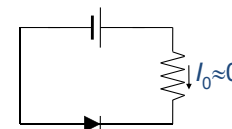
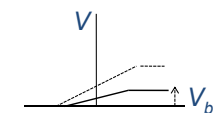
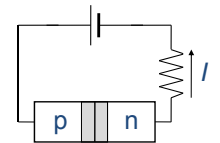
de manera que la **regió de transició (com un aïllant) s'estreny**,

$V_b$  disminueix,

i el corrent difusiu  $I_d(\rightarrow)$  augmenta.

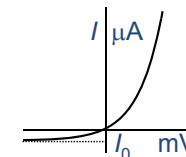
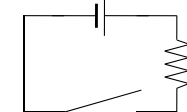
A partir d'una certa tensió lliendar  $V_\gamma$ ,

el corrent pot circular sense quasi cap resistència.

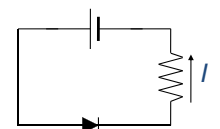
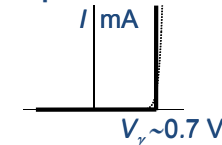


## Polarització inversa

El díode no condueix



## Aproximació



## Polarització directa

Si  $\varepsilon > V_\gamma$ , el díode condueix

$$I = \frac{\varepsilon - V_\gamma}{R}$$

## Tipus de díodes

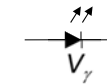
**Díode rectificador** 

**Díode Zener** 

**Varicap (Variable Capacitor)** 

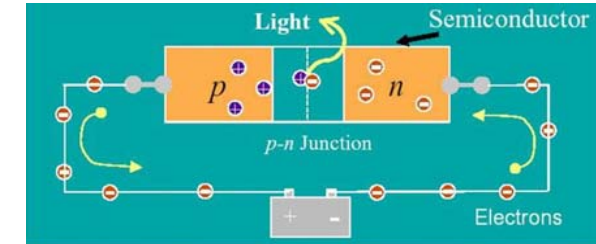
- En polarització inversa es comporten com un condensador amb una capacitat que varia amb la tensió aplicada.
- Quan augmenta la tensió inversa, augmenta l'amplada i la càrrega de la regió de transició. La part p és carregada més negativament i la n més positivament.
- Tenen polaritat. Si es connecten en polarització directa passa corrent i ja no treballen com un condensador.
- S'utilitzen en els sintonitzadors electrònics de ràdio i TV.

## LED (Light Emitting Diode)



- Emet llum quan passa corrent ( $\sim 10$  mA,  $V_f \sim 1.5$  V)
- Quan els portadors de càrrega passen de la part on són majoritaris a la que són minoritaris, es produeixen recombinacions electró-forat i perden energia.
- En els díodes de silici o germani l'energia que perden els electrons en recombinar-se es transforma en calor.
- En semiconductors com l'arseniur de gal·li l'energia es converteix en un fotó de llum visible.
- Gràcies a la seva durabilitat (10 anys), dimensions petites, baix preu i poc consum de potència, els LED s'utilitzen com

- comandaments a distància
- pilots lluminosos
- semàfors
- pantalles
- il·luminació



<http://zeiss-campus.magnet.fsu.edu/tutorials/leddiagram/index.html>

### llum visible

### infrarrojos

Material	$E_g$ (eV)	$\lambda$ ( $\mu$ m)	Color
SiC	2.6	0.480	Blau
$Al_nGaP$	2.2	0.570	Groc
$GaAs_{0.6}P_{0.4}$	1.9	0.650	Vermell

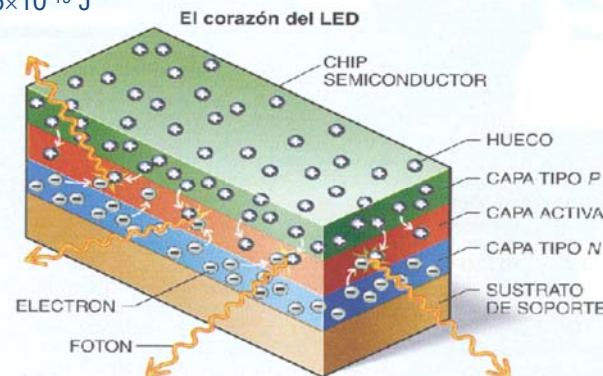
Material	$E_g$ (eV)	$\lambda$ ( $\mu$ m)
AlGaAs	1.7	0.6
GaAs	1.4	0.9
InGaAs	0.95 - 1.24	1.0 - 1.3
InGaAsP	0.73 - 1.35	0.9 - 1.7

$$1 \text{ eV} = (1.6 \times 10^{-19} \text{ C})(1 \text{ V}) = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

Relació d'Einstein:  $E_g = hf$

$$h = 6.6 \times 10^{-34} \text{ Js}$$

$$\lambda = c/f \quad (c = 3 \times 10^8 \text{ m/s})$$



## Díode làser

- En condicions especials hi ha LED que emeten llum amb les característiques d'un làser (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*), és a dir, monocromàtica (una sola freqüència), coherent (ones electromagnètiques en fase) i emesa en una única direcció.
- S'utilitzen en punters i fotocopiadores làsers, lectors de CD i DVD, comunicacions per fibra òptica, ...

## Cèl·lula fotovoltaica



- A l'inrevés que un LED, converteix energia lluminosa en elèctrica. Quan incideix llum sobre la cèl·lula pot circular corrent (cal un circuit tancat) sense necessitat d'aplicar cap tensió.
- Quan un electró absorbeix un fotó, passa de la banda de valència a la de conducció (s'excita) i es forma un parell electró-forat. El camp elèctric de la regió de transició dirigeix l'electró cap a la regió n i el forat a la p de manera que es produeix el mateix efecte que quan el díode es polaritza directament.
- Es fan servir en detectors fotoelèctrics, calculadores sense piles, plaques solars fotovoltaïques, ...