

Fotodetectores

Laboratorio 5

2do Cuatrimestre 2013

Algunas definiciones

Eficiencia cuántica

Probabilidad de que un fotón incidente genere una carga.

Sensibilidad espectral

Espectro de absorción modulado por la eficiencia cuántica.

Capacidad de respuesta (responsivity)

Fotocorriente generada por cada Watt de luz incidente.

Relación señal/ruido

Cociente entre la intensidad de luz incidente y el nivel de ruido.

Rango dinámico

Cociente entre las intensidades máxima y mínima detectables. Es importante el rango en que la fotocorriente tiene una relación lineal con la intensidad de luz incidente (capacidad de respuesta constante).

Velocidad de respuesta

Depende del tipo de detector, su estructura, diseño, RC, etc.

Medidores de intensidad de luz

Detectores térmicos

- Absorben la radiación incidente (medición en equilibrio térmico)
- Termopilas y detectores piroeléctricos
- Respuesta espectral plana de gran ancho de banda

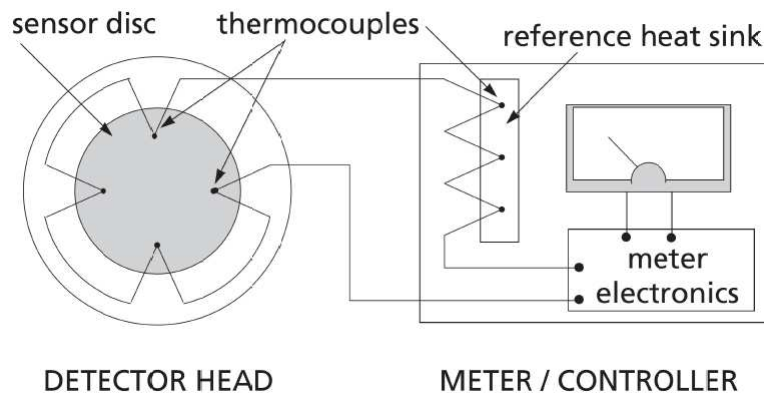
Detectores cuánticos

- Semiconductores
- Generan una corriente proporcional al nro de fotones incidentes
- Energía crítica (gap): $\lambda_c = hc/E_g$
- Muy alta sensibilidad
- Respuesta temporal mucho más rápida que los detectores térmicos
- Respuesta espectral no lineal y de ancho de banda más angosto
- Se dañan con haces de alta potencia

Detectores térmicos

Termopilas

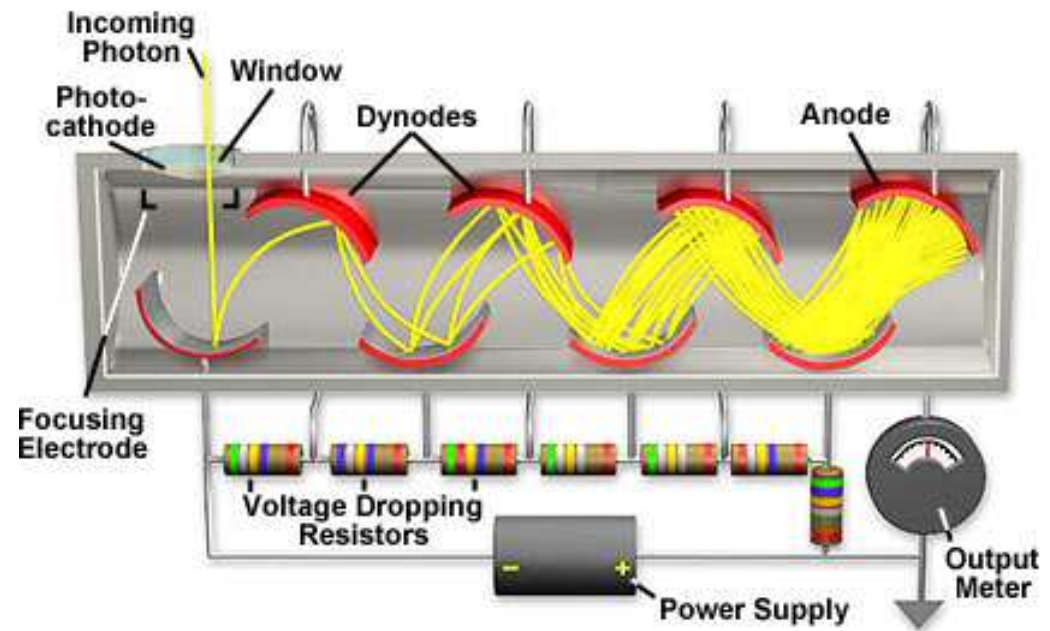
- Dos conjuntos de termocuplas conectadas en serie
- Voltaje directamente proporcional a la diferencia entre la temperatura del disco y la temperatura ambiente
- Disco negro de grafito o aluminio
- Respuesta lenta: de varios segundos a una fracción de segundo



Tubo fotomultiplicador (PMT)



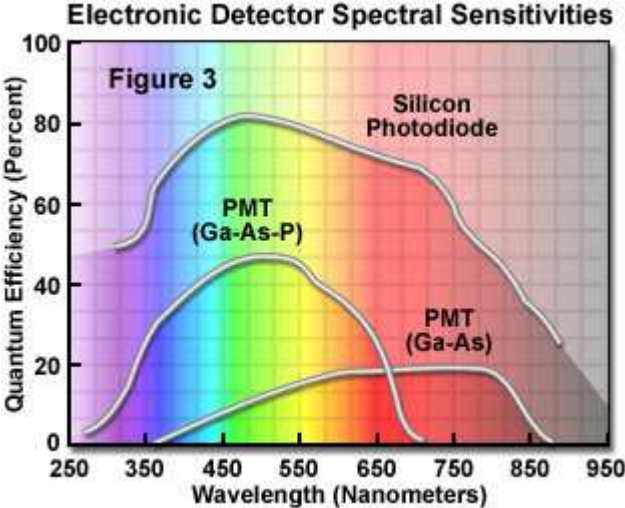
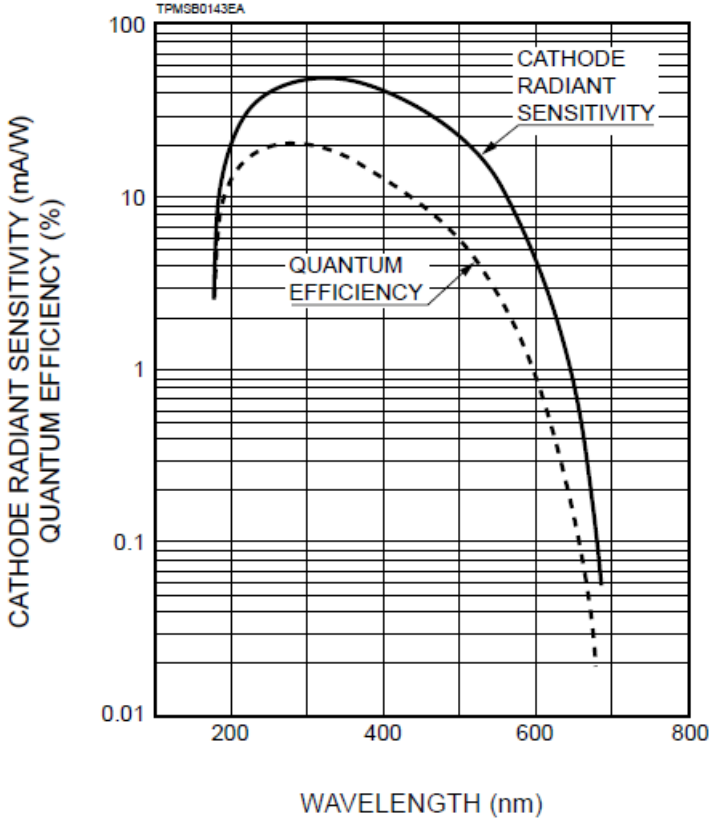
Tubo fotomultiplicador (PMT)



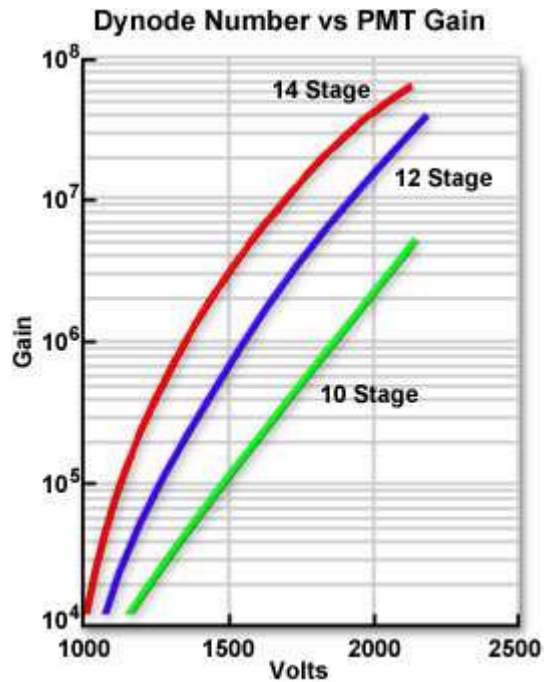
Corriente de oscuridad (en ausencia de luz): debida a emisiones térmicas de electrones, corrientes de fuga, radiación de alta energía, ruido electrónico.

Respuesta espectral del PMT

PMT Hamamatsu 1P28 (Sb-Cs)



Ganancia del PMT



Ventajas

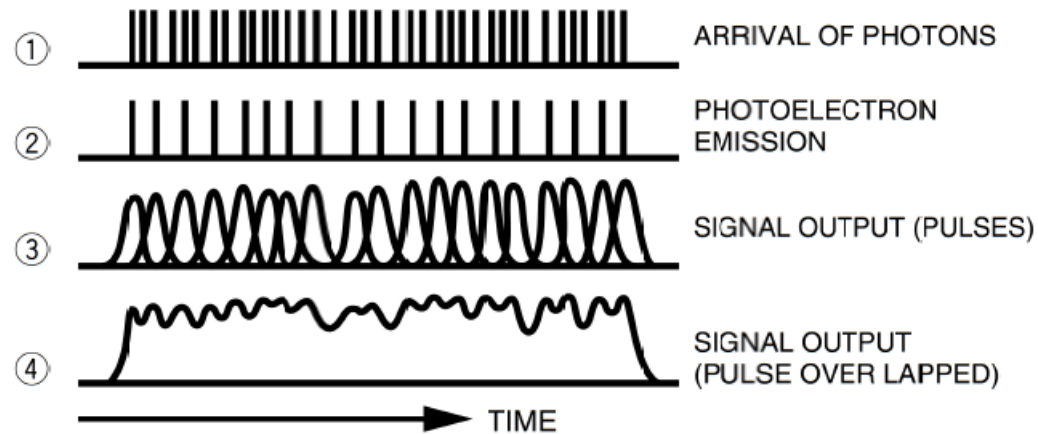
- Ganancia enorme (alta sensibilidad)
- Gran ancho de banda (>1GHz)
- Lineal en un rango dinámico amplio
- Excelente relación señal/ruido

Desventajas

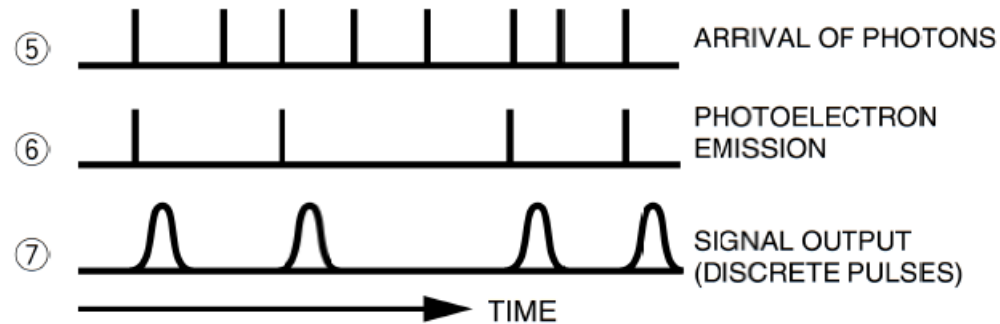
- Tamaño grande
- Precio alto
- Necesita altos voltajes (~1kV)
- Eficiencia cuántica baja (<25%)

Modos analógico y digital

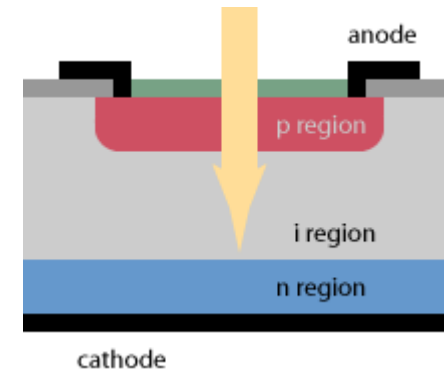
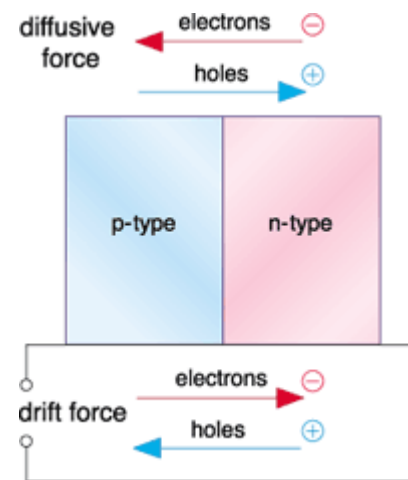
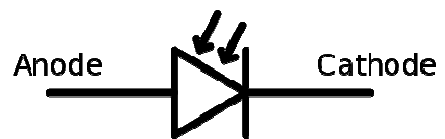
HIGHER LIGHT LEVEL (Multiple Photoelectron State)



LOWER LIGHT LEVEL (Single Photoelectron State)

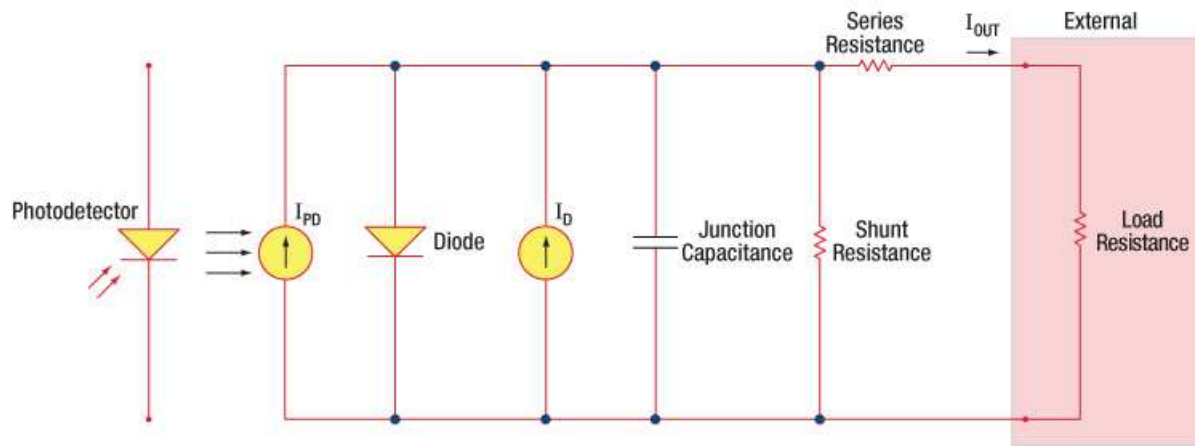


Fotodiode



Fotodiode PIN

Circuito equivalente del fotodiodo



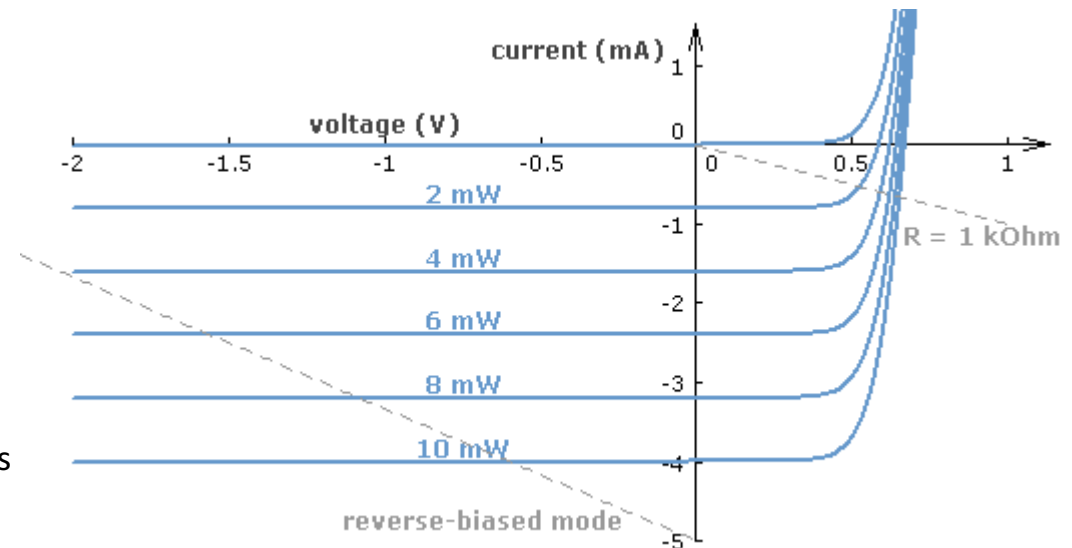
$$I = I_{\text{photo}} + I_{\text{dk}} \left(e^{qV_0/kT} - 1 \right)$$

Modo fotovoltaico

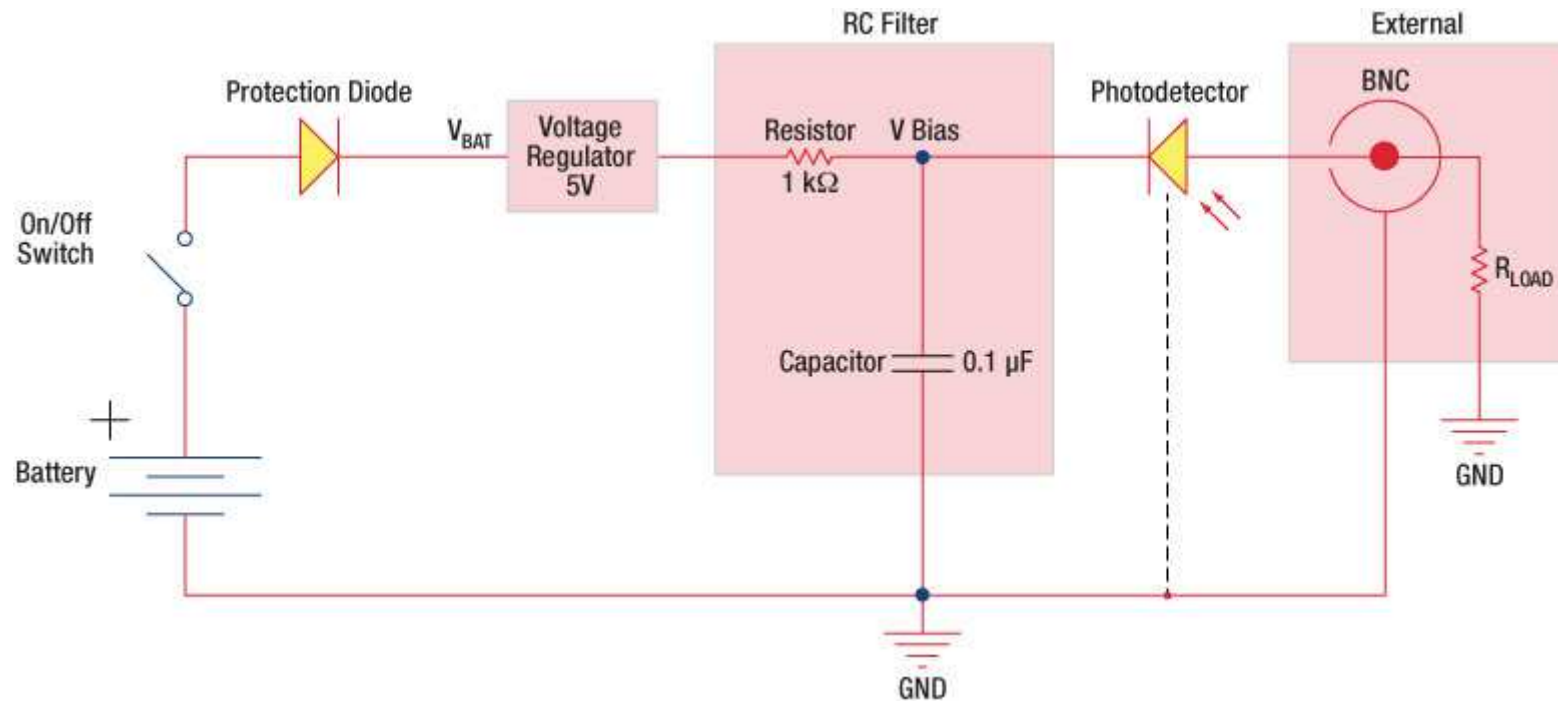
- La luz genera un voltaje
- Rango dinámico no lineal y muy pequeño

Modo fotoconductorivo

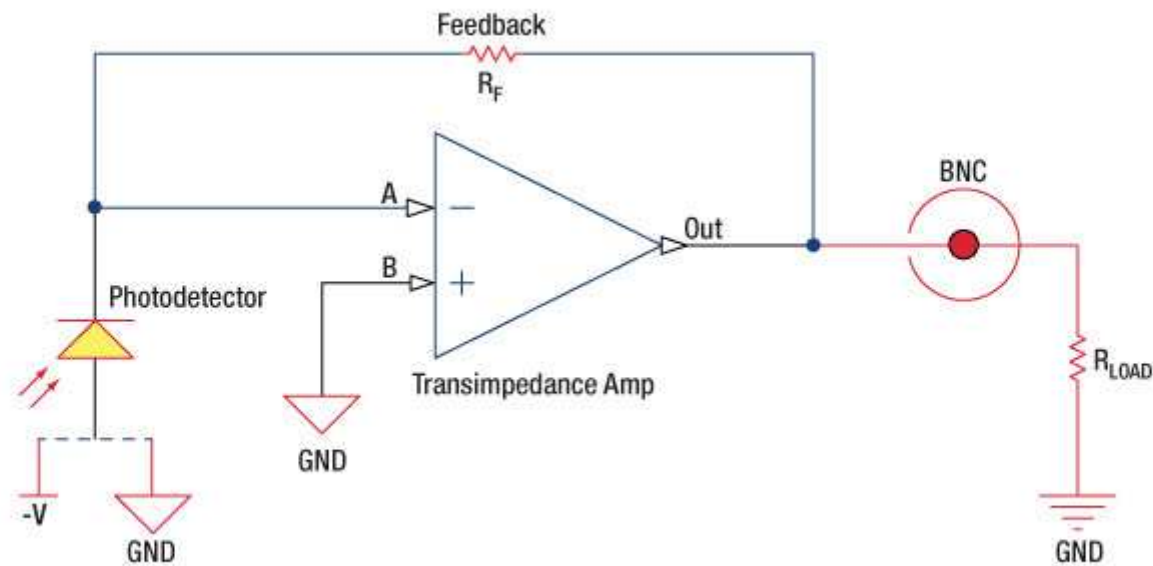
- Se aplica un voltaje en inversa y se mide una fotocorriente
- El rango dinámico puede ser muy lineal sobre 6 o más órdenes de magnitud de intensidad de luz
- Voltajes mayores producen respuestas más rápidas y mayor calentamiento del dispositivo
- Se conectan a amplificadores de transimpedancia



Circuitos comunes con fotodiodos

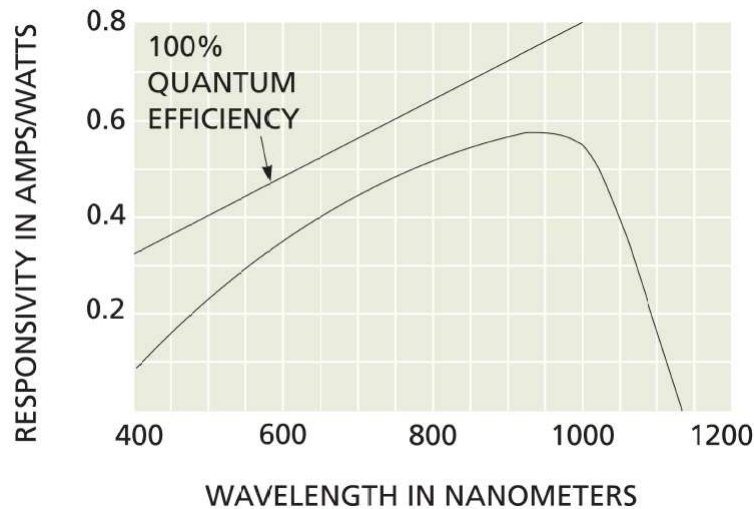


Circuitos comunes con fotodiodos



Respuesta espectral y temporal

Material	Dark Current	Speed	Sensitivity	Cost
Silicon (Si)	Low	High Speed	400 - 1000 nm	Low
Germanium (Ge)	High	Low Speed	900 - 1600 nm	Low
Gallium Phosphide (GaP)	Low	High Speed	150 - 550 nm	Moderate
Indium Gallium Arsenide (InGaAs)	Low	High Speed	800 - 1800 nm	Moderate
Indium Arsenide Antimonide (InAsSb)	High	Low Speed	1000 - 5800 nm	High
Extended Range Indium Gallium Arsenide (InGaAs)	High	High Speed	1200 - 2600 nm	High
Mercury Cadmium Telluride (MCT, HgCdTe)	High	Low Speed	2000 - 5400 nm	High



$$R(\lambda) = q\eta/h\nu = q\eta\lambda/hc$$

Ventajas

- Con áreas pequeñas se alcanzan anchos de banda de decenas de GHz
- Eficiencia cuántica muy alta (puede llegar a >95%)
- Rango dinámico lineal muy amplio

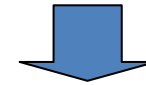
Fotodiodo de avalancha (APD)



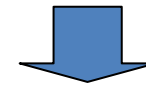
Fotodiodo de avalancha (APD)



Alto voltaje en inversa



Emisión secundaria (avalancha)



Mayor sensibilidad (eficiencia cuántica)

