

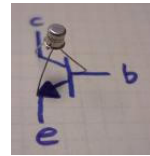
DISPOSITIVOS OPTOELECTRÓNICOS

Introducción

Este apunte es una introducción general y elemental a diversos dispositivos opto-electrónicos. Esta clase de dispositivos permiten convertir señales ópticas en señales electrónicas, o viceversa. Sus aplicaciones son muy extensas y variadas, pero fundamentalmente se aplican en circuitos de comunicaciones, sistemas de señalización, productos de consumo masivo, tecnología espacial y física de partículas.

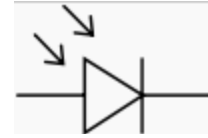
Los dispositivos que serán analizados son los siguientes:

- Fotodetectores:
 - Fotodiodo
 - Fotodiodo PIN
 - Fotodiodo de Avalancha
 - Fototransistor
 - Fotoacoplador
 - Fotoresistencia (LDR)
- Sensores de Imagen:
 - Sensor CCD
 - Sensor CMOS
- Celda Fotoeléctrica o Fotovoltaica
- Dispositivos generadores de Luz:
 - Diodo emisor de Luz (LED)
 - Diodo láser
- Displays LCD



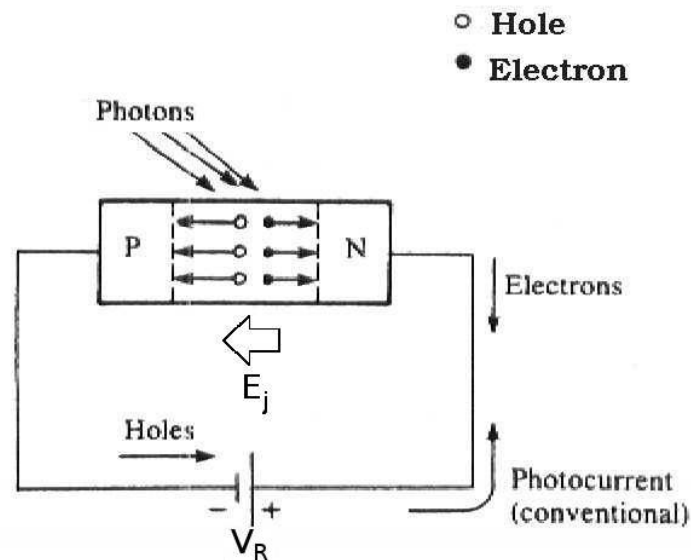
Fotodiodo

Un fotodiodo es un diodo PN construido de modo tal que la luz pueda alcanzar la juntura PN y generar portadores debido al efecto fotoeléctrico. De este modo, se producirá una corriente eléctrica proporcional a la intensidad de la luz incidente.



El símbolo del fotodiodo se ilustra en la figura de la derecha.

El funcionamiento del fotodiodo radica en la separación de los pares electrón-hueco generados por la radiación que atraviesa la zona desierta de la juntura PN. El campo eléctrico presente en la juntura es el que inhibe una rápida recombinación de los pares generados que son arrastrados hasta las regiones cuasi-neutrales generando así una corriente eléctrica neta.



Esquema de funcionamiento de un fotodiodo

Al polarizar inversamente el fotodiodo la corriente generada ópticamente puede ser fácilmente detectada, ya que su magnitud es superior a la corriente de fuga inversa del diodo. En este contexto, la corriente de fuga inversa del diodo, que está presente aún en ausencia de luz, se denomina "corriente de oscuridad".

El material empleado en la fabricación del fotodiodo define sus propiedades de absorción de luz, según se aprecia en la siguiente Tabla:

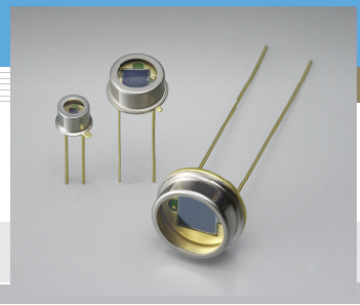
Material	Longitud de onda (nm)
Silicio	190-1100
Germanio	800-1700
Indio galio arsénico (InGaAs)	800-2600
sulfuro de plomo	1000-3500



PHOTODIODE

Si photodiode
S1336 series

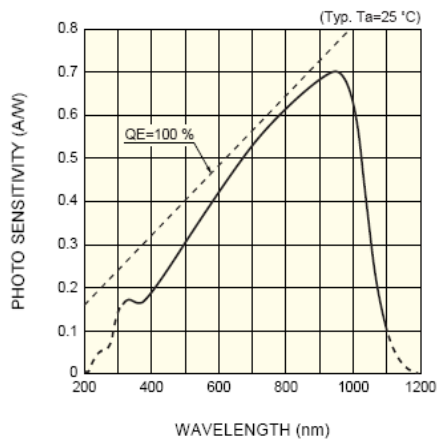
UV to near IR for precision photometry



Features

- High sensitivity
- Low capacitance
- High reliability

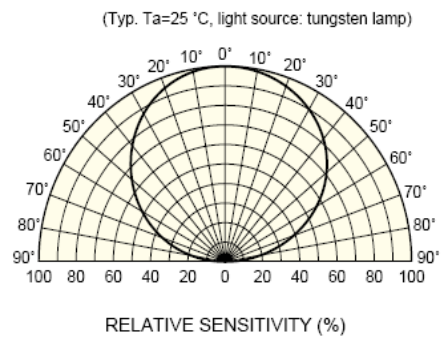
■ Spectral response

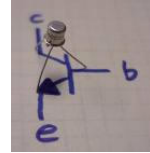


Applications

- Analytical instruments
- Optical measurement equipment

■ Directivity

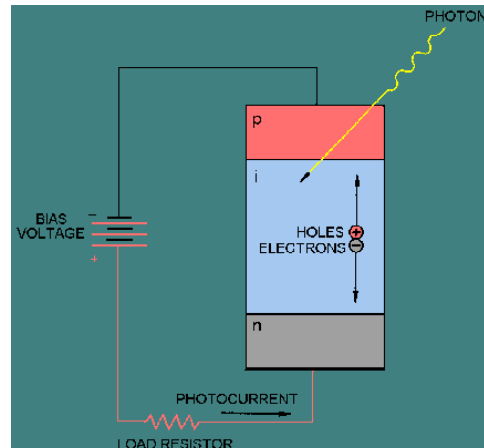




Diodo PIN

Un diodo PIN es un diodo con una región ancha de semiconductor intrínseco entre las zonas tipo P y tipo N. El diodo PIN obedece la ecuación del diodo de juntura PN solamente para señales muy lentas. A altas frecuencias el diodo PIN se asemeja a un resistor casi ideal.

En un diodo PIN la región de vaciamiento se extiende casi exclusivamente dentro de la región intrínseca debido al "efecto de juntura asimétrica". Esta zona de vaciamiento es además mucho más grande que en un diodo PN y básicamente constante en tamaño, independientemente de la polarización aplicada al diodo. Esto implica que el diodo PIN tiene una mayor área en la cual se pueden generar los pares electrón hueco debido al efecto fotoeléctrico. Por esta razón, y debido a su alta velocidad de respuesta, muchas veces se utilizan fotodetectores PIN para aplicaciones optoelectrónicas.



Silicon PIN Photodiode with Very Short Switching Time

SFH 203
SFH 203 FA



Features

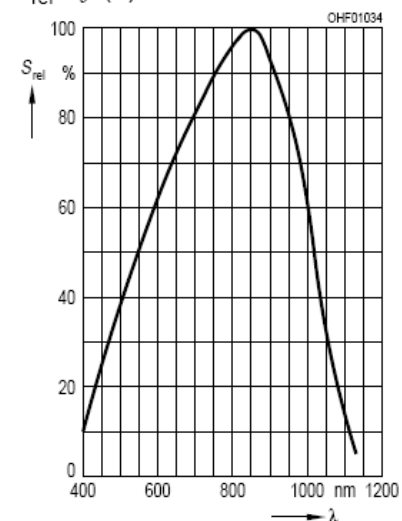
- Especially suitable for applications from 400 nm to 1100 nm (SFH 203) and of 880 nm (SFH 203 FA)
- Short switching time (typ. 5 ns)
- 5 mm LED plastic package
- Also available on tape and reel

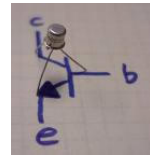
Applications

- Industrial electronics
- For control and drive circuits
- Photointerrupters
- Fiber optic transmission systems

Relative Spectral Sensitivity SFH 203

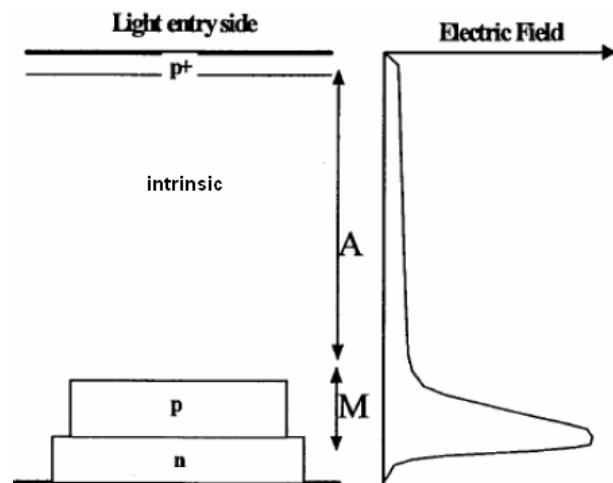
$$S_{rel} = f(\lambda)$$





Fotodiodo de avalancha

Los fotodiodos de avalancha (APD, Avalanche Photodiode) son fotodetectores especialmente diseñados para medir luz de muy baja intensidad. En los APD la luz externa incide en una zona intrínseca, generando portadores libres, al igual que en un fotodiodo PIN. Pero estos portadores son luego acelerados por un campo eléctrico muy intenso, provocando un efecto de "avalancha" debido al cual cada portador original es acelerado y al chocar con la red provoca la creación de nuevos portadores. El voltaje de polarización inversa es típicamente de 100-200 V y la ganancia por efecto de avalancha es del orden 100 veces.



Algunos APD de silicio emplean un dopaje alternativo y otras técnicas que permiten aplicar un voltaje mayor (>1500V) antes de alcanzar el efecto de avalancha y, por tanto, una ganancia mayor (>1000). En general, cuanto mayor es el voltaje en inversa, mayor es la ganancia.

Si se requiere una ganancia muy alta (de 10^5 a 10^6) algunos APDs pueden operar con una tensión en inversa por encima de la tensión de ruptura. En este caso, el APD necesita tener la corriente limitada y disminuida rápidamente. Los APD que operan en este régimen de ganancia están en "modo Geiger". Este modo es particularmente útil para la detección de fotones aislados suponiendo que la corriente de oscuridad sea lo suficientemente baja; literalmente, esto implica "contar fotones".

Debido a su alta sensibilidad (mucho mayor al fotodiodo PIN) y a su elevada velocidad de respuesta, algunas aplicaciones típicas de los APD son el telémetro laser, la telecomunicación de larga distancia por fibra óptica. Sin embargo, el alto costo de los fotodiodos APD es un factor limitante en su uso.



Fototransistor

Se llama fototransistor a un transistor sensible a la luz, normalmente a los infrarrojos. La luz incide sobre la región de base, generando portadores en ella. Esta carga de base lleva el transistor al estado de conducción. El fototransistor es más sensible que el fotodiodo por el efecto de ganancia propio del transistor.



En el mercado se encuentran fototransistores tanto con conexión de base como sin ella y tanto en cápsulas plásticas como metálicas (TO-72, TO-5) provistas de una lente.

Se han utilizado en lectores de cinta y tarjetas perforadas, lápices ópticos, etc. Para comunicaciones con fibra óptica se prefiere usar fotodetectores PIN.

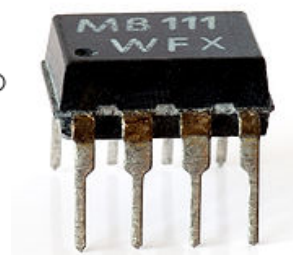
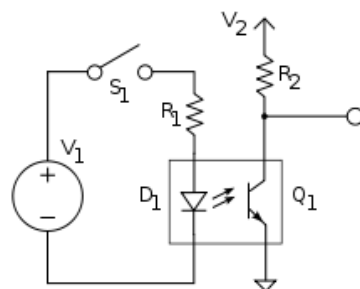
Optoacoplador

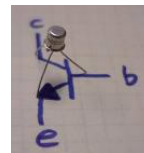
Un optoacoplador, es un dispositivo de emisión y recepción de luz que funciona como un interruptor excitado mediante la luz. La luz es emitida por un diodo LED que satura a un fototransistor. De este modo se combinan en un solo dispositivo semiconductor, un fotoemisor y un fotorreceptor cuya conexión entre ambos es óptica. Estos elementos se encuentran dentro de un encapsulado que por lo general es del tipo DIP. Se suelen utilizar como medio de protección para dispositivos muy sensibles.

En la se muestra muestra un optoacoplador 4N35 formado por un LED y un fototransistor. La tensión de la fuente de la izquierda y la resistencia en serie establecen una corriente en el LED emisor cuando se cierra el interruptor S1. Si dicha corriente proporciona un nivel de luz adecuado, al incidir sobre el fototransistor lo saturará, generando una corriente en R2. De este modo la tensión de salida será igual a cero con S1 cerrado y a V2 con S1 abierto.

Si la tensión de entrada varía, la cantidad de luz también lo hará, lo que significa que la tensión de salida cambia de acuerdo con la tensión de entrada. De este modo el dispositivo puede acoplar una señal de entrada con el circuito de salida.

La ventaja fundamental de un optoacoplador es el aislamiento eléctrico entre los circuitos de entrada y salida. Mediante el optoacoplador, el único contacto entre ambos circuitos es un haz de luz. Esto se traduce en una resistencia de aislamiento entre los dos circuitos del orden de miles de MΩ. Estos aislamientos son útiles en aplicaciones de alta tensión en las que los potenciales de los dos circuitos pueden diferir en varios miles de voltios.





Fotorresistencia

Una fotorresistencia es un componente electrónico cuya resistencia disminuye con el aumento de intensidad de luz incidente. Puede también ser llamado fotorresistor, fotoconductor, célula fotoeléctrica o resistor dependiente de la luz, cuya siglas (LDR) se originan de su nombre en inglés light-dependent resistor.

Un fotorresistor está hecho de un semiconductor de alta resistencia. Si la luz que incide en el dispositivo es de alta frecuencia, los fotones son absorbidos por la elasticidad del semiconductor dando a los electrones la suficiente energía para saltar la banda de conducción. El electrón libre que resulta (y su hueco asociado) conduce electricidad, de tal modo que disminuye la resistencia.



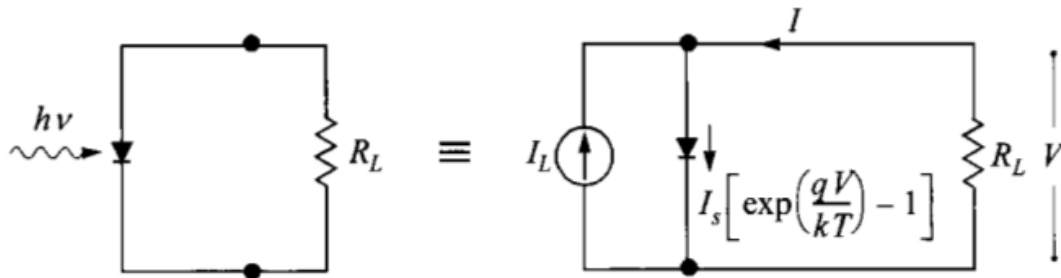
Un dispositivo fotoeléctrico puede ser intrínseco o extrínseco. En dispositivos intrínsecos el fotón debe tener bastante energía (longitud de onda corta) para excitar a los electrones. Los dispositivos extrínsecos tienen impurezas agregadas, que permiten que fotones con menor energía (es decir, de mayor longitud de onda) provoquen variaciones en la resistencia del dispositivo.

Se fabrican de diversos tipos. Se pueden encontrar células baratas de sulfuro del cadmio en muchos artículos de consumo, por ejemplo cámara fotográfica, medidores de luz, relojes con radio, alarmas de seguridad y sistemas de encendido y apagado del alumbrado de calles en función de la luz ambiente.

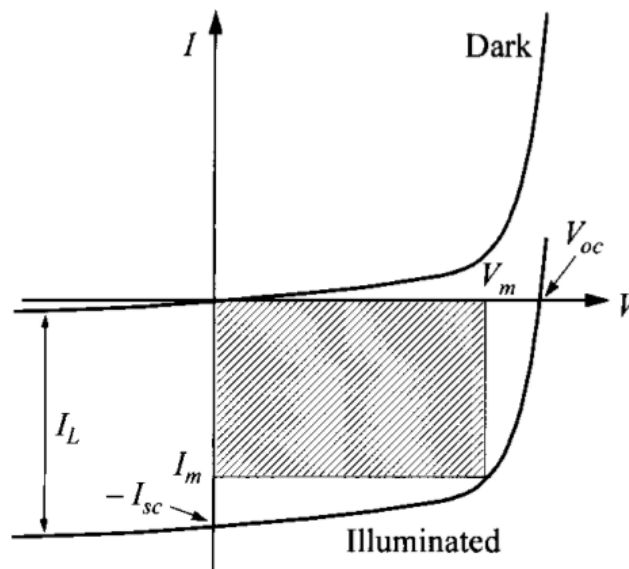


Celda Fotoeléctrica, Fotovoltaica o Solar

La celda fotoeléctrica se utiliza generalmente como parte constitutiva de un panel solar, o como un componente central del circuito de recarga de las baterías para equipos portátiles o que operan en regiones sin acceso a la red eléctrica. Por lo tanto el campo de aplicación de las celdas fotoeléctricas es inmenso: desde relojes y calculadores hasta dispositivos de señalización, comunicación y satélites.



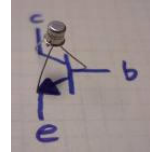
Esquema de la celda fotoeléctrica elemental



Curvas I-V de una celda fotoeléctrica

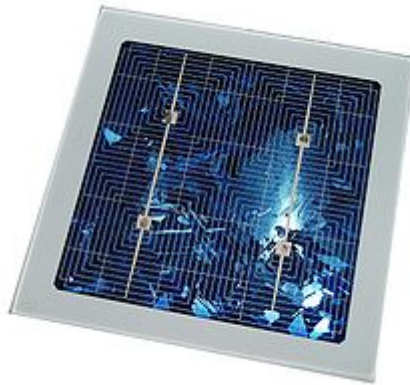
La eficiencia de conversión media obtenida por las celdas disponibles comercialmente (producidas a partir de silicio monocristalino) está alrededor del 11-12%, pero según la tecnología utilizada varía desde el 6% de las células de silicio amorfo hasta el 14-19% de las células de silicio policristalino. También existen Las células multicapa, normalmente de Arseniuro de Galio, que alcanzan eficiencias del 30%. En laboratorio se ha superado el 42% con nuevos paneles experimentales.

La vida útil media a máximo rendimiento se sitúa en torno a los 25 años, período a partir del cual la potencia entregada disminuye.

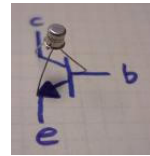


Al grupo de células fotoeléctricas para energía solar se le conoce como panel fotovoltaico. Los paneles fotovoltaicos consisten en una red de celdas solares conectadas como circuito en serie para aumentar la tensión de salida hasta el valor deseado (usualmente se utilizan 12V ó 24V) a la vez que se conectan varias redes como circuito paralelo para aumentar la corriente eléctrica que es capaz de proporcionar el dispositivo.

El tipo de corriente eléctrica que proporcionan es corriente continua, por lo que si fuese necesaria corriente alterna o aumentar su tensión, debe recurrirse a la utilización de convertidores de potencia eléctrica.



Panel solar

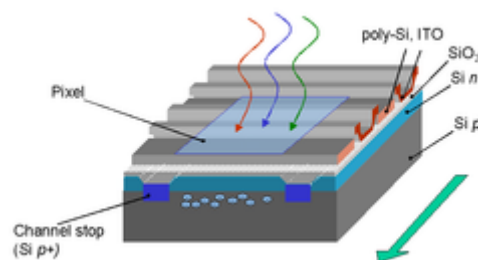


Sensores de Imagen

Los sensores de imagen se utilizan como parte de las cámaras de fotos digitales, para astronomía, etc. Su velocidad de respuesta es mucho menor a la de los fotodiodos, pero sus características permiten su fácil y económica integración en detectores de muchos pixeles. Según la aplicación se emplean sensores CCD o sensores CMOS.

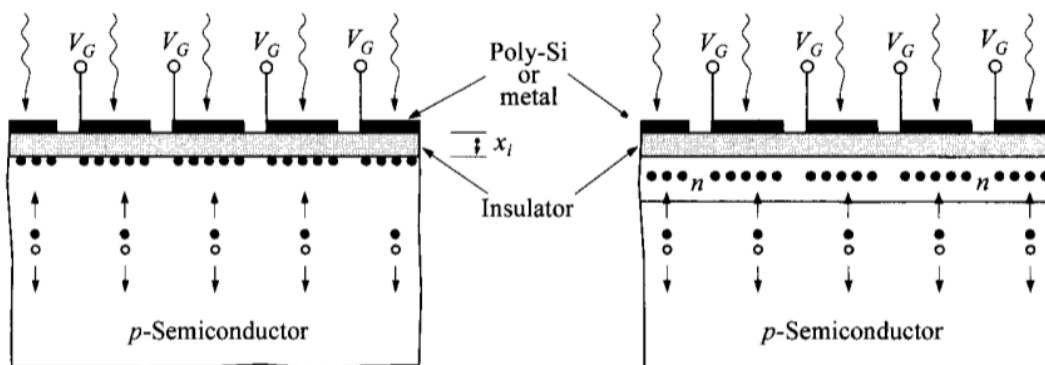
Sensores CCD

Un CCD (Charge-Coupled Device, 'dispositivo de cargas interconectadas') es un capacitor MOS que almacena carga eléctrica generada a partir del efecto fotoeléctrico.

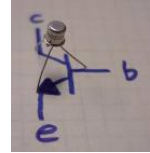


Esquema de un sistema CCD

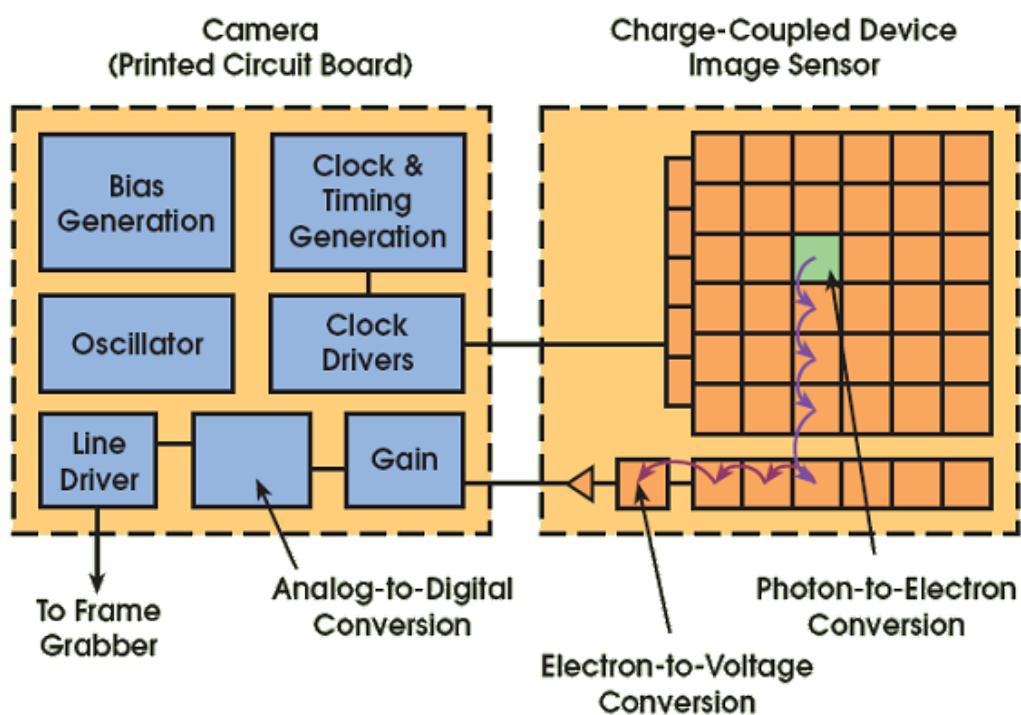
El capacitor MOS se construye con una ventana óptica sobre el poli-silicio, de modo tal que la luz incidente atraviesa el poli-silicio y el SiO_2 , alcanzando al Silicio del sustrato. Al alcanzar el sustrato cada fotón incidente genera un electrón debido al efecto fotoeléctrico. Durante el tiempo de exposición el capacitor MOS se polariza de modo tal de crear un pozo de potencial debajo del SiO_2 , tal que atrape a estos electrones ópticamente generados e impida su recombinación. Superado el tiempo de exposición, se pasa a la etapa de lectura, donde se modifica la polarización con el fin de que los electrones acumulados en el pozo de potencial conformen una corriente eléctrica que será leída por un convertor AD externo, y que cuya integral será directamente proporcional a la cantidad total de luz recibida durante el tiempo de exposición.



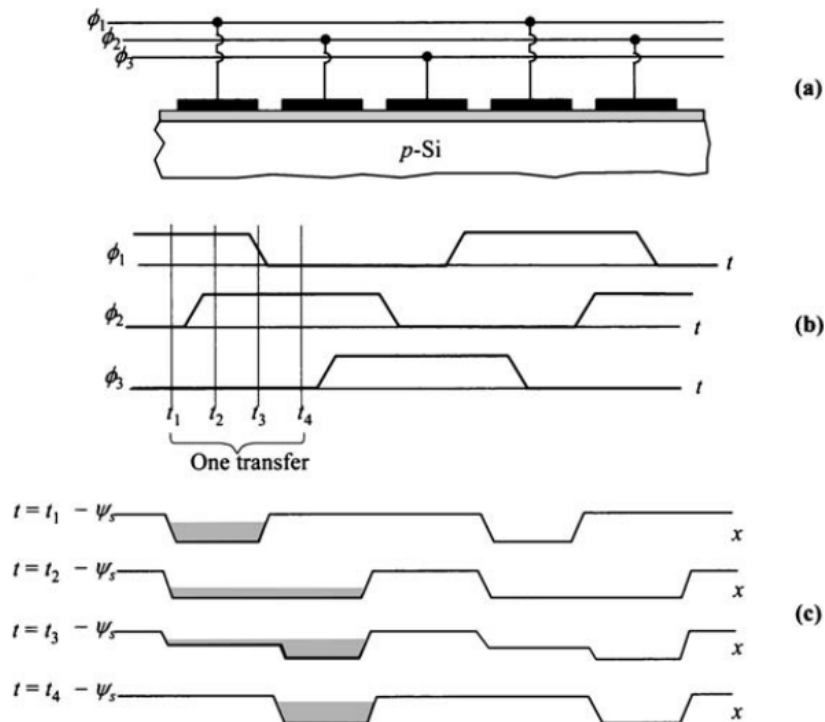
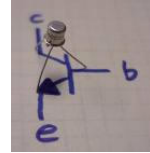
Corte lateral de un sistema CCD



Para obtener una imagen completa se emplean gran cantidad de estos capacitores MOS. Para realizar la lectura la carga de cada capacitor es necesario poder transportar la carga hasta el conversor. En la siguiente figura se muestra una posible arquitectura que permite realizar la lectura de cada capacitor. La conversión de la carga acumulada en cada celda o píxel, se realiza mediante un único conversor. Por este motivo es necesario implementar un sistema de traspaso de la carga acumulada de una celda a la siguiente, hasta alcanzar al conversor, lo cual se logra aplicando determinadas combinaciones de potenciales a las distintas celdas CMOS. De este modo el conversor va leyendo sucesivamente la información correspondiente a la cantidad de luz recibida por cada celda durante el tiempo de exposición.

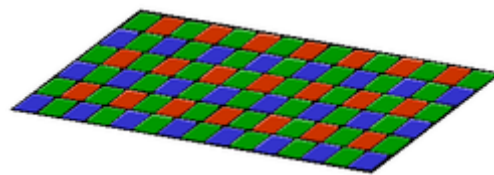


Posible arquitectura para la lectura de las celdas CCD



Mecanismo de transporte la carga entre celdas contiguas

Debe observarse que el principio fotoeléctrico de acumulación de carga en el pozo de potencial suele ser sensible a todo el rango de luz visible. Por este motivo, para obtener imágenes a color, la mayoría de cámaras CCD utilizan una [máscara de Bayer](#) que proporciona una trama para cada conjunto de cuatro píxeles de forma que un pixel registra luz roja, otro luz azul y dos píxeles se reservan para la luz verde (el ojo humano es más sensible a la luz verde que a los colores rojo o azul).

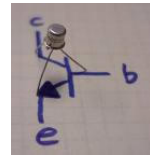


Máscara de Bayer

La sensibilidad del detector CCD depende de:

- La eficiencia cuántica del chip (eficiencia de conversión de fotones a electrones)
- La cantidad de [fotones](#) que deben incidir sobre el detector para producir una dada [corriente eléctrica](#) (determinada por la conversión E-V y A-D).
- El ruido electrónico/térmico, que se debe a que durante el tiempo de exposición se generan electrones en el pozo de potencial, y cuya influencia aumenta fuertemente con la temperatura (suele doblarse cada 6 u 8°C).

Una gran ventaja de los CCD es su alta sensibilidad: mientras que un CCD típico puede alcanzar hasta un 70% de eficiencia en la recolección de luz, la



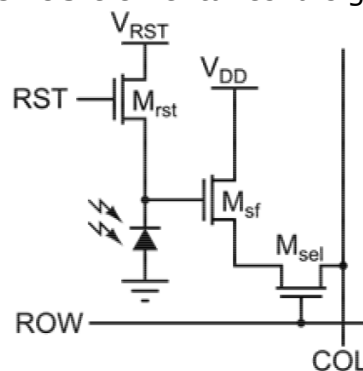
eficiencia de una película fotográfica es de aproximadamente 2%. Por esta razón, y por la facilidad con la que la imagen de un CCD puede corregirse informáticamente, la fotografía digital sustituyó rápidamente a la fotografía convencional en casi todos los campos de la astronomía.

En aplicaciones astronómicas, donde se requiere detectar muy poca luz, y en consecuencia los tiempos de exposición pueden ser del orden de minutos u horas, suelen utilizarse CCD refrigerados a -50°C , con el objeto de disminuir el ruido térmico.

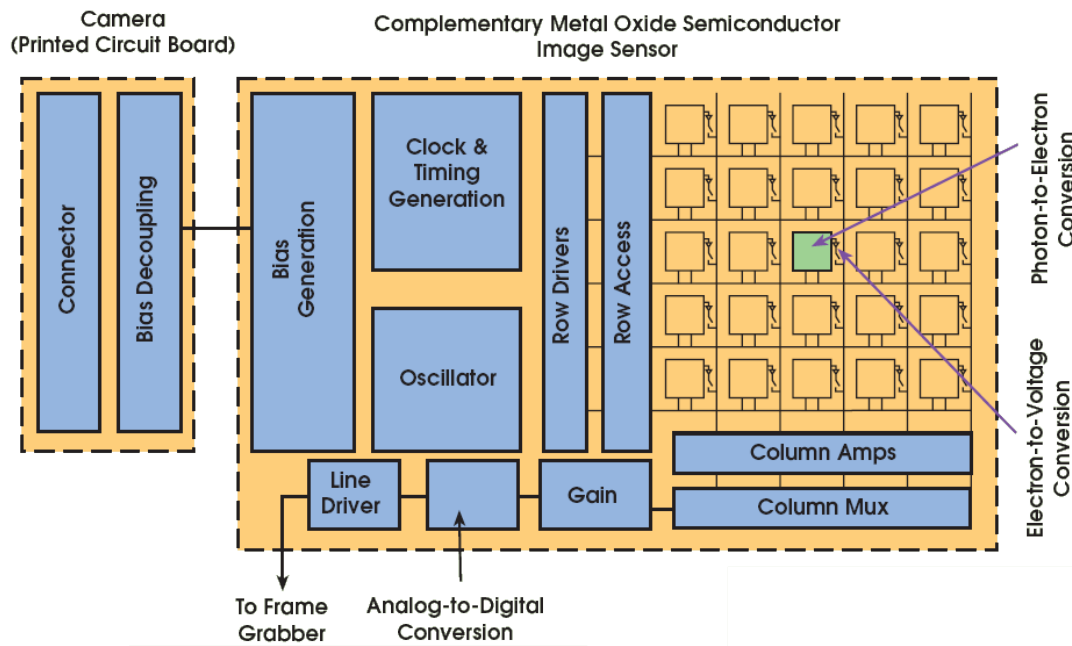
Sensores CMOS

Los llamados sensores de imagen CMOS son sensores en los cuáles la conversión de carga a voltaje se realiza en cada pixel y además se integran un mayor número de funciones al chip. En consecuencia se obtiene un sensor de menor sensibilidad, pero que en general es más conveniente para la mayoría de las aplicaciones comerciales.

La estructura de la celda CMOS elemental es la siguiente:



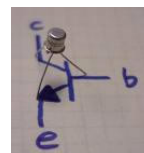
El fotodiodo se implementa mediante una difusión N+ y el sustrato P. El transistor M_{rst} permite cargar este fotodiodo con una tensión en inversa, lo que implica una determinada acumulación de carga. Cuando M_{rst} se desactiva el fotodiodo se empieza a descargar muy lentamente por efectos de las corrientes parásitas. Pero si es iluminado se empieza a descargar mucho más rápidamente, porque aparecen foto-corrientes. La velocidad de descarga depende entonces de la intensidad de la iluminación. De este modo, si se define un tiempo de exposición fijo, el valor de la tensión final en el fotodiodo dependerá de la intensidad de luz promedio recibida. El transistor M_{sf} actúa como un buffer (seguidor de emisor) que permite leer el voltaje en el píxel, pero sin quitarle carga. El transistor M_{sel} permite seleccionar de a un píxel por vez, lo cual es necesario en un sistema de múltiples píxeles, como se ve en la siguiente figura.



Los sensores CMOS ofrecen mayor integración de funciones, menor disipación de potencia, y mayor área de exposición. Pero también tienen menor calidad de imagen y flexibilidad de uso. Se utilizan en general en aplicaciones de alto volumen, con poco espacio disponible y con bajos requisitos de calidad, como ser cámaras de vigilancia, celulares, scanner de barras, etc.

Los sensores CCD se utilizan para aplicaciones de alta performance, como fotografía digital, y aplicaciones científicas y médicas.

Para más información sobre sensores CCD y CMOS se recomienda la lectura de la Ref. [3].



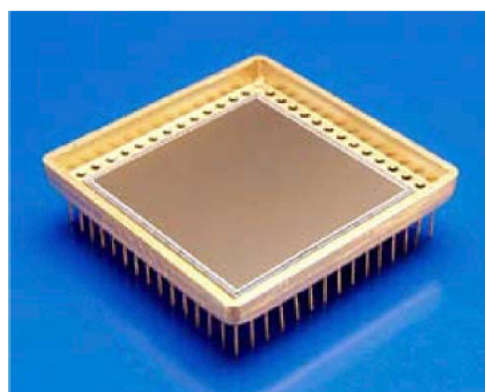
Ejemplos de sensores de imagen comerciales



CCD 442A 2048 x 2048 Element Full Frame Image Sensor

FEATURES

- 2048 x 2048 photosite array
- 15µm x 15µm pixel
- 30.72 mm x 30.72 mm image area
- Near 100% fill factor
- Multi-pinned phase (MPP) option
- Readout Noise less than 7 electrons at 250K pixels/sec
- Dynamic range: 10000:1
- Three-phase buried channel NMOS



GENERAL DESCRIPTION

The CCD442A is a 2048 x 2048 element solid state Charge Coupled Device (CCD) Full Frame area image sensor which is intended for use in high-resolution scientific, industrial, and commercial electro-optical systems. The CCD442A is organized as a matrix array of 2048 horizontal by 2048 vertical CCD photosites. The pixel pitch and spacing is 15µm. For dark reference, the top and bottom eight rows and the left and right eight columns are covered by a light shield. The available imaging area is thus 2032 rows by 2032 columns.

The imaging array may be operated in one of two modes, Buried Channel or Multi-Pinned Phase (MPP). The Buried Channel operation offers low-noise performance and excellent charge transfer efficiencies. An additional implant under one vertical phase creates a virtual well which collects the photo-electrons with all vertical clocks low during integration. This MPP mode decreases dark current down to 25 pA/cm² @ 25° C. Excellent low noise performance is achieved by use of the buried channel CCD structure and a dual stage low noise output amplifier with an output conversion of 3V/e.

Device processing uses 2.5 micron design rules. The single metal, triple-poly process allows a photosite layout with smaller pixel geometries and fewer array blemishes.

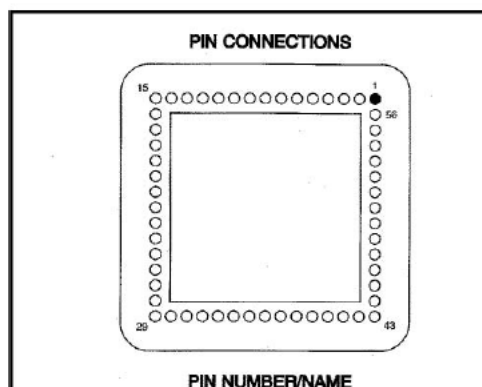
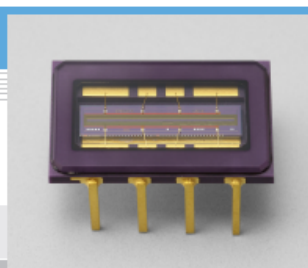


IMAGE SENSOR

CMOS linear image sensor **S9226**

Built-in timing generator and signal processing circuit; single 3.3 V supply operation



S9226 is a small CMOS linear image sensor designed for image input applications. The signal processing circuit has a charge amplifier with excellent input/output characteristics.

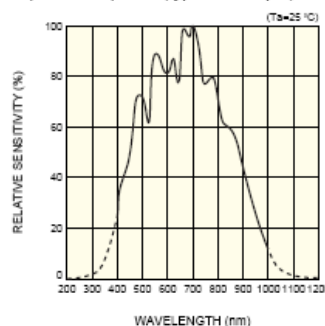
Features

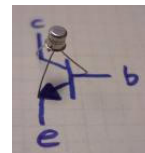
- Pixel pitch: 7.8 µm
- Pixel height: 125 µm
- Number of pixels: 1024 ch
- Single 3.3 V power supply operation available
- High sensitivity, low dark current, low noise
- On-chip charge amplifier with excellent input/output characteristics
- Built-in timing generator allows operation with only start and clock pulse inputs
- Video data rate: 200 kHz Max.
- Spectral response range: 400 to 1000 nm
- 8-pin DIP, 16-pin surface mount type also available

Applications

- Analytical equipment
- Position detection
- Image reading

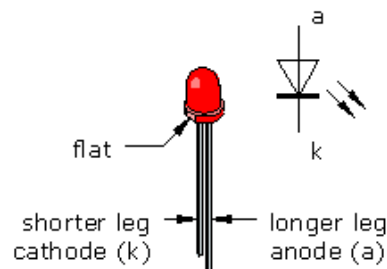
■ Spectral response (typical example)



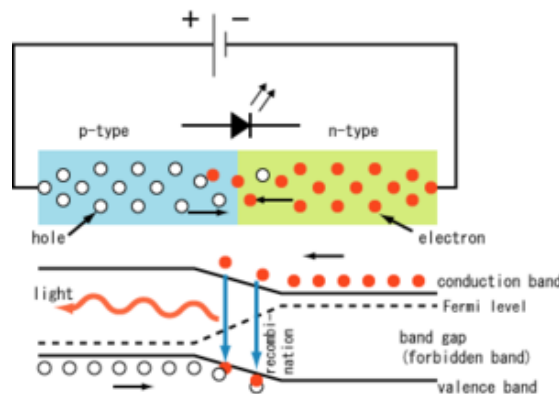


Diodo LED

El diodo emisor de luz, también conocido como LED (acrónimo del inglés de Light-Emitting Diode) es un dispositivo semiconductor (diodo) que emite luz cuando se polariza de forma directa. El color (longitud de onda) depende del material semiconductor empleado en la construcción del diodo y puede variar desde el ultravioleta, pasando por el visible, hasta el infrarrojo. Los diodos emisores de luz que emiten luz ultravioleta también reciben el nombre de UV-LED (UltraViolet Light-Emitting Diode) y los que emiten luz infrarroja suelen recibir la denominación de IRED (Infra-Red Emitting Diode).

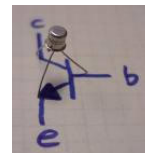


El funcionamiento físico se basa en que al recombinarse un electrón con un hueco se libera energía. Esta energía se puede manifestar en forma de calor, pero también se puede manifestar mediante la emisión de un fotón, con una amplitud, una dirección y una fase aleatoria. El que esta energía perdida se manifieste como un fotón desprendido o como otra forma de energía (calor por ejemplo) depende principalmente del tipo de material semiconductor. Por razones cuánticas estas emisiones son mucho más probables en algunos semiconductores (como el Nitruro de Galio) que en otros (como el Silicio).



Para obtener una buena intensidad luminosa debe escogerse bien la corriente que atraviesa el LED. Valores típicos de corriente directa de polarización de un LED corriente están comprendidos entre los 10 y los 40 mA, aunque existen LEDs de potencia de hasta 1 Amper.

Compuesto	Color	Long. de onda	Tensión típica de operación
Arseniuro de Galio (GaAs)	Infrarrojo	940 nm	
Arseniuro de Galio y Aluminio (AlGaAs)	Rojo e infrarrojo	890 nm	1.8 a 2.2 V
Arseniuro fosfuro de galio (GaAsP)	Rojo, naranja y amarillo	630 nm	2.1 a 2.4V
Fosfuro de Galio (GaP)	Verde	525 nm	2.0 a 3.5V
Nitruro de galio (GaN)	Verde		
Seleniuro de zinc (ZnSe)	Azul	450 nm	3.5 a 3.8V
Nitruro de galio e indio (InGaN)	Azul	480 nm	3.5 a 3.8V
Carburo de silicio (SiC)	Azul		
Diamante (C)	Ultravioleta		



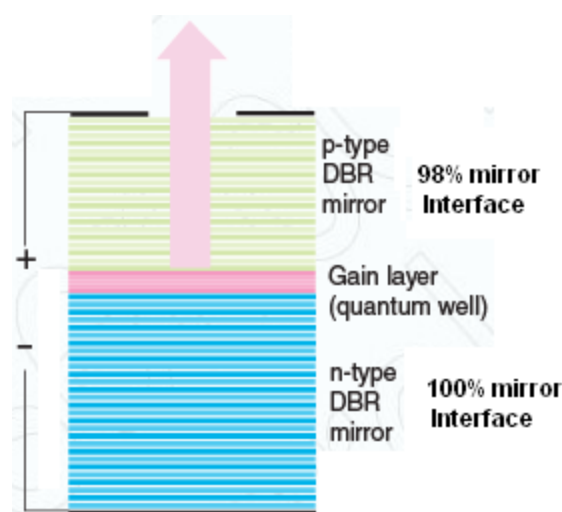
Diodo Láser

El diodo láser es un dispositivo semiconductor similar a los diodos LED pero que bajo las condiciones adecuadas emite luz láser (luz muy monocromática y coherente).



En condiciones apropiadas, el electrón y el hueco de un LED pueden coexistir un breve tiempo, del orden de nanosegundos, antes de recombinarse, de forma que si un fotón con la energía apropiada pasa por casualidad por allí durante ese periodo, se producirá la "emisión estimulada", es decir, al producirse la recombinación el fotón emitido tendrá igual frecuencia, polarización y fase que el primer fotón. En términos coloquiales, un fotón le "contagia a otro" sus características, de modo que los dos fotones resultan idénticos.

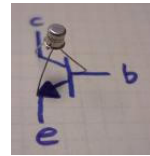
En los diodos láser, para favorecer la emisión estimulada y generación de luz láser, el cristal semiconductor del diodo puede tener la forma de una lámina delgada con un lado totalmente reflectante (100%) y otro sólo reflectante de forma parcial (98%), lográndose así una unión PN de grandes dimensiones con las caras exteriores perfectamente paralelas y reflectantes. En ella, los fotones emitidos en la dirección adecuada se reflejarán repetidamente en dichas caras reflectantes (en una totalmente y en la otra sólo parcialmente), lo que ayuda a su vez a la emisión de más fotones estimulados dentro del material semiconductor y consiguientemente a que se amplifique la luz



(mientras dure el bombeo derivado de la circulación de corriente por el diodo). Parte de estos fotones saldrá del diodo láser a través de la cara parcialmente transparente. Este proceso da lugar a que el diodo emita luz, que al ser coherente en su mayor parte (debido a la emisión estimulada), posee una gran pureza espectral (una longitud de onda muy bien determinada). Por tanto, como la luz emitida por este tipo de diodos es de tipo láser, a estos diodos se los conoce por el mismo nombre.

Algunas ventajas de los diodos láser son las siguientes: La eficiencia de conversión de energía a luz láser es mucho mayor que en otros tipos de láseres; son muy durables; son económicos; se puede modular la luz emitida hasta velocidades de 1GHz; son pequeños y livianos; su consumo de energía es reducido.

Algunas de sus aplicaciones son: Comunicaciones de datos por fibra óptica; Lectores de CDs y DVDs; Interconexiones ópticas entre circuitos integrados; Impresoras láser; Escáneres; Sensores.



Displays LCD

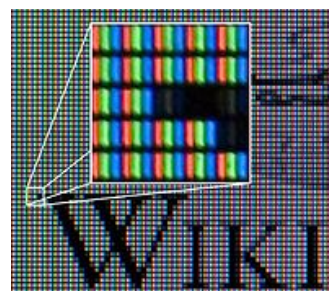
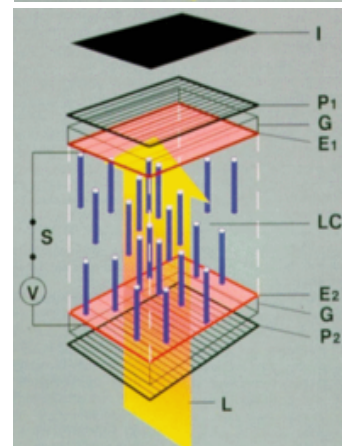
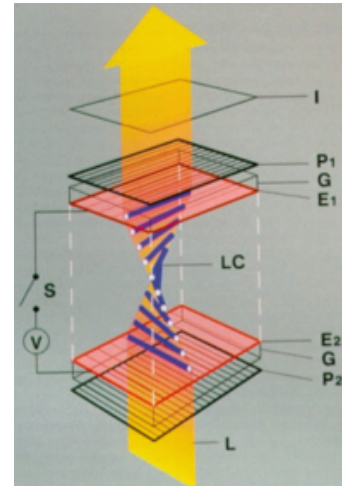
Una pantalla de cristal líquido o LCD (Liquid crystal display) es una pantalla delgada y plana formada por un número de píxeles en color o monocromos colocados delante de una fuente de luz o reflectora. A menudo se utiliza en dispositivos electrónicos de pilas, ya que utiliza cantidades muy pequeñas de energía eléctrica.

Cada píxel de un LCD típicamente consiste de una capa de moléculas de un cristal líquido especial colocadas entre dos electrodos de vidrio y dos filtros de polarización. Los filtros polarizadores se colocan con sus ejes perpendiculares entre sí. Sin cristal líquido entre el filtro polarizador, la luz que pasa por el primer filtro sería completamente bloqueada por el segundo polarizador, ya que este se haya con su eje óptico rotado 90° respecto al primero.

Antes de la aplicación de un campo eléctrico sobre los electrodos de vidrio, la orientación de las moléculas de cristal líquido está determinada por unas micro-muestras que se hacen en las superficies de los vidrios. Típicamente las direcciones de alineación de la superficie de los dos electrodos son perpendiculares entre sí, y así se organizan las moléculas en una estructura helicoidal, o retorcida. Debido a que el cristal líquido es birefringente, la luz que pasa a través del primer filtro polarizador va cambiando su polarización de acuerdo con la hélice de cristal líquido, y de este modo logra pasar a pasar por el segundo filtro polarizador.

Cuando se aplica un voltaje a través de los electrodos, una fuerza de giro orienta las moléculas de cristal líquido paralelas al campo eléctrico. Es decir, se distorsiona la estructura helicoidal. De este modo se reduce la rotación de la polarización de la luz incidente, y la luz ya no logra atravesar el segundo polarizador. Si la tensión aplicada es lo suficientemente grande, las moléculas de cristal líquido en el centro de la capa son casi completamente desenrolladas y la polarización de la luz incidente no es rotada por el cristal líquido. Esta luz será bloqueada por el segundo filtro polarizador y el píxel aparecerá negro. Por el control de la tensión aplicada a través de la capa de cristal líquido en cada píxel, la luz se puede permitir pasar a través de distintas cantidades, constituyéndose los diferentes tonos de gris.

En las pantallas LCD de color cada píxel individual se divide en tres células, o subpíxeles, de color rojo, verde y azul, donde cada subpíxel puede controlarse independientemente para producir millones de posibles colores para cada píxel.





Bibliografía

1. Sze "Physics of Semiconductor Devices"
2. Wikipedia
3. "CCD vs. CMOS: Facts and fiction", by Dave Litwiller
http://www.dalsa.com/shared/content/Photonics_Spectra_CCDvsCMOS_Litwiller.pdf
4. "Pin Diode", <http://www.answers.com/topic/pin-diode>
5. http://sales.hamamatsu.com/assets/applications/SSD/photodiode_technical_formation.pdf