(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **3 082 110**

(21) Número de solicitud: 202630411

(51) Int. CI.:

H10F 30/20 (2015.01)
H10F 30/21 (2015.01)
H10F 71/00 (2015.01)
H10F 77/12 (2015.01)
C30B 29/06 (2006.01)
C30B 33/10 (2006.01)

(12) SOLICITUD DE PATENTE A1

(22) Fecha de presentación:

25.03.2026

(43) Fecha de publicación de la solicitud:

20.10.2026

(71) Solicitantes:

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID (100,00%)
Av. Séneca, 2
28040 Madrid (Madrid) ES

(72) Inventor/es:

GARCÍA HEMME, Eric;
OLEA ARIZA, Javier;
PASTOR PASTOR, David;
BENÍTEZ FERNÁNDEZ, Rafael;
GARCÍA HERNANSANZ, Rodrigo;
PÉREZ ZENTENO, Francisco José y
MATA ALONSO, Cecilia

(54) Título: **Dispositivo fotodetector de silicio hiperdopado con telurio mediante estrategias de atrapamiento de luz**

(57) Resumen:

Dispositivo fotodetector de silicio hiperdopado con telurio mediante estrategias de atrapamiento de luz. Los detectores de infrarrojo (IR) actuales son caros y voluminosos porque su electrónica de detección se basa en materiales que presentan desventajas. Como alternativa, el silicio hiperdopado exhibe novedosas propiedades optoelectrónicas. Pero también presenta una limitación y es su baja eficiencia cuántica externa (EQE) sub-badgap debido al escaso grosor de las capas hiperdopadas, lo cual limita la absorción de fotones infrarrojos. Por ello, mejorar la absorción sub-bandgap prohibida de silicio es esencial para mejorar la EQE en fotodiodos hiperdopados de Si.

En la presente invención se plantea una estrategia para mejorar la EQE de fotodiodos hiperdopados de Si operando a temperatura ambiente, integrando una arquitectura de atrapamiento de luz que comprende un fotodiodo de silicio (Si) hiperdopado con telurio (Te), con un texturizado superficial piramidal y un reflector trasero de oro (Au).

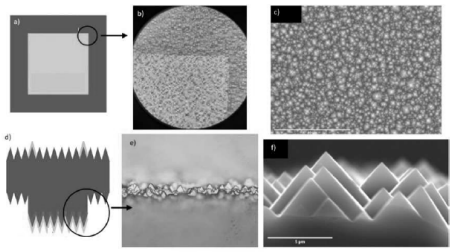


Figura 1

ES 3 082 110 A1

DESCRIPCIÓN

Dispositivo fotodetector de silicio hiperdopado con telurio mediante estrategias de atrapamiento de luz

SECTOR DE LA TÉCNICA

La invención se encuadra en el sector de materiales semiconductores. De forma más concreta se refiere a un método de obtención de un material semiconductor sensible al infrarrojo y basado en silicio hiperdopado con telurio en conjunto con una estructura de atrapamiento de luz consistente en un micro texturizado piramidal y un reflector de luz metálico y su aplicación en sistemas detectores de infrarrojo de aplicación en diferentes campos de la técnica.

ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN

Los detectores de infrarrojo (IR) actuales como, por ejemplo, las cámaras de visión nocturna son caros (hasta mil veces más caras que una cámara normal de alta definición) y voluminosos porque su electrónica de detección se basa en materiales que presentan una o varias de las siguientes desventajas: son materiales contaminantes o tóxicos, escasos (y, por tanto, caros) o necesitan funcionar a temperaturas bajas o criogénicas. Ejemplos de estos materiales son HgCdTe, PbSe, Ge, InSb o InGaAs. Aunque son eficientes, estos materiales son costosos y presentan dificultades de integración con la tecnología actual de microelectrónica CMOS (Complementary Metal-Oxide-Semiconductor), basada en Si, lo cual incrementa aún más el coste final del dispositivo.

Como alternativa, el silicio hiperdopado obtenido mediante la introducción y activación de impurezas muy por encima de su límite de solubilidad (US2017365476A1), exhibe novedosas propiedades optoelectrónicas. Entre ellas, destaca una fotorrespuesta que se extiende a energías muy por debajo de la banda prohibida (*bandgap*) del silicio convencional, siendo esta capacidad especialmente relevante para la visión infrarroja de onda corta (SWIR). Pero también presentan una limitación y es su baja eficiencia cuántica externa (EQE) *sub-badgap* debido al escaso grosor de las capas hiperdopadas, lo cual limita la absorción de fotones infrarrojos. Por ello, mejorar la

absorción *sub-bandgap* prohibida de silicio es esencial para mejorar la EQE en fotodetectores hiperdopados de Si (M. J. Sher and E. G. Hemme,. *Sci. Technol*. **38**, 033001 (**2023**)).

Para mejorar la EQE se han propuesto el uso de microestructuras (como agujeros en forma de pirámide invertida, cilindros o embudos) que actúan como "trampas de luz, lo que aumenta la sensibilidad y permite un rendimiento superior a los sensores de superficie plana (WO2021061543A1).

Otros avances recientes han elevado esta EQE mejorando la extracción de portadores y aumentando la absorción óptica mediante capas más gruesas hiperdopadas con Au. Así, se ha divulgado un fotodetector de emisión de infrarrojo cercando basado en micropirámides de silicio que están recubiertas con partículas de oro (Zhai Y et al. *ACS Appl. Nano Mater.* **2020**, 3, 149−155). Pero el espesor alcanzable de la capa hiperdopada está limitado por la energía de implantación o la densidad de energía máxima de la técnica empleada (típicamente, implantación iónica o depósito de película delgada seguida de fundido por láser pulsado de nanosegundos, PLM, o recocido con lámparas flash de milisegundos, FLA) que evita la ablación superficial, generalmente produciendo espesores de decenas a centenas de nanómetros.

A pesar de los avances teóricos y experimentales recientes, todavía sigue existiendo la necesidad de un fotodiodo que opere a temperatura ambiente en los rangos del infrarrojo cercano (NIR) como alternativa a los actuales fotodiodos de silicio comericales.

En la presente invención se plantea una estrategia para mejorar la EQE de fotodiodos hiperdopados de Si que mejora la EQE integrando una estrategia de atrapamiento de luz.

EXPLICACIÓN DE LA INVENCIÓN

La presente invención describe un fotodiodo de silicio (Si) hiperdopado con telurio (Te) que integra una estrategia de atrapamiento de luz consistente en un texturizado superficial piramidal y un reflector trasero de oro (Au). Esta combinación permite extender el camino óptico dentro de la capa activa, aumentando la absorbancia en la

región de *sub-bandgap* hasta un 85%, así como mejorar la EQE en tres órdenes de magnitud respecto a los fotodiodos de silicio comerciales en longitudes de onda estratégicas, como la luminiscencia atmosférica nocturna.

El fotodiodo se basa en un sustrato de silicio que se procesa del siguiente modo:

- Ambas caras de la oblea se texturizan realizando un grabado químico anisotrópico basado en una solución de ataque químico selectivo por planos cristalinos, para crear pirámides de base cuadrada y dimensiones aleatorias distribuidas por la superficie de la oblea.

- En una de las caras de la oblea (en adelante, referida como cara frontal) se lleva a cabo la implantación de boro (B) seguida de un recocido térmico rápido (1000 ºC, 120 s).

- La cara opuesta a la anterior (en adelante, referida como cara posterior) se implanta con iones de telurio (Te). Tras la implantación se realizan recocidos térmicos a baja temperatura (300 ºC – 400 ºC durante 10 minutos) y posteriormente se activa el Telurio mediante fundido por láser pulsado (PLM). Tras el PLM, se repiten procesos térmicos a baja temperatura (300 ºC – 400 ºC durante 10 minutos);

- Mediante ataque físico-químico reactivo se define una estructura de mesa sobre la cara posterior.

- Sobre la estructura de mesa, hiperdopada con Te, se deposita una capa de Au como reflector posterior y electrodo.

- Sobre la cara frontal, con implantación de B, se deposita un electrodo de Ti/Al en forma de peine que define el contacto frontal.

- En ambas superficies se depositan con técnicas de plasma láminas delgadas de nitruro de silicio como capas antirreflectantes.

El análisis de densidad de corriente-voltaje indica que el transporte electrónico está dominado por la recombinación en la región de carga espacial, mediada por trampas de nivel profundo. Además, se observa una mejora pronunciada de la EQE sub-banda

prohibida de Si superior hasta, aproximadamente, el 1% en longitudes de onda tecnológicamente relevantes, incluyendo la banda C de comunicación óptica (1450 nm) y los picos de luminiscencia nocturna atmosférica, cruciales para aplicaciones de visión nocturna. Estos resultados verifican su aplicación en tecnología Si-CMOS que opera en SWIR.

En una realización particular, el fotodiodo conectado en condiciones de polarización inversa entre -1 V y -5 V, presenta un máximo de eficiencia cuántica externa (EQE) en el rango de energías de 0,4 a 0,6 eV a temperatura ambiente. Ello sugiere su uso específico como sensor de moléculas cuya vibración característica se encuentre en ese rango energético tales como hidrocarburos (metano), amoniaco u óxido nitroso, entre otros.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Figura 1. Imágenes ópticas y de SEM del fotodiodo fabricado tomadas desde la cara posterior: (a) vista superior de la capa posterior; (b) vista superior de la estructura de mesa donde aparece una parte con capa de Au depositada; (c) vista superior de la estructura de mesa en el lado hiperdopado con Te; (d) vista de la sección transversal del electrodo con forma de peine; (e) imagen óptica con suficiente profundidad de campo para capturar tanto la parte superior como inferior de la mesa; (f) sección transversal representativa de SEM.

Figura 2. Dependencia espectral de la absorbancia de la luz, A(λ), calculada como A = 100 – T – R a partir de mediciones de transmitancia y reflectancia, para diferentes pasos de fabricación: (i) Oblea de silicio texturizada, (ii) oblea de silicio texturizada con material hiperdopado y la luz incidiendo por la cara del hiperdopado, (iii) oblea de silicio texturizada con material hiperdopado con la luz incidiendo por la cara del silicio virgen, (iv) oblea de silicio texturizada con material hiperdopado y reflector de oro con la luz incidiendo por la cara del silicio virgen.

Figura 3. Densidad de corriente en oscuridad en función de la tensión de polarización del fotodiodo fabricado.

Figura 4. Dependencia espectral de la eficiencia cuántica externa (EQE) en función

de λ (eje superior) y hv (eje inferior) para el fotodiodo fabricado, para diferentes condiciones de polarización a temperatura ambiente. Marcadores de referencia A y C: picos de luminiscencia nocturna; B: Banda C de telecomunicaciones ópticas.

REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCIÓN

La presente invención se ilustra mediante los siguientes ejemplos, los cuales no pretenden ser limitativos de su alcance.

Ejemplo 1.

En este ejemplo se muestra el procedimiento de fabricación del material fotodetector.

Una oblea de silicio tipo p (1 – 10 Ω·cm, dopado con B, 250 µm de espesor, pulida por ambas caras) se texturiza químicamente mediante grabado anisotrópico en TMAH a 80°C durante 80 minutos.

Posteriormente, se realiza una implantación de boro en la cara frontal de la oblea con una dosis de $6 \cdot 10^{14}$ cm^2 a 20 keV, seguida de un recocido térmico rápido a 1050 °C durante 120 s.

La cara posterior se implanta doblemente con $^{130}Te^{+}$: $7{,}4 \cdot 10^{14}$ cm^2 a 50 keV y $1{,}9 \cdot 10^{15}$ cm^2 a 150 keV. Se realiza recocido térmico suave, 300-400 ºC, 10 minutos en atmósfera inerte. La activación de las impurezas y la recuperación de la red se lograron mediante fundido por láser pulsado (355 nm Nd:YAG, 4 ns, 0,5 $J \cdot cm^{-2}$). Se realiza recocido térmico suave, 300-400 ºC, 10 minutos en atmósfera inerte

Se define una estructura de mesa (0,4 x 0,4 cm^2) en el lado hiperdopado por Te mediante grabado iónico reactivo, con un plasma de SF6, presión de 0.4 mbar, 10 W, 20 minutos. Se deposita una capa de Au de 200 nm mediante evaporación con haz de electrones como deflector posterior y electrodo (Figura 1a). En el lado con implantación de boro se deposita un electrodo de Ti/Al en forma de peine (50 nm/ 200 nm) mediante la evaporación con haz de electrones, que define el contacto frontal (Figura 1d). En ambas caras se depositan capas antirreflectantes de SiNx mediante PECVD.

Ejemplo 2.

En este ejemplo se muestra la caracterización estructural del material obtenido después de cada paso del procedimiento descrito en el ejemplo 1.

Después de cada paso de fabricación se registran espectros de transmitancia y reflectancia utilizando un espectrofotómetro PerkinElmer Lambda 1500 equipado con una esfera integradora de 150 nm. Las imágenes de SEM se obtuvieron con un microscopio electrónico de barrido JEOL JSM-6400.

Las imágenes SEM (Figura 1) demuestran que hay una distribución aleatoria de las caracaterísticas piramidales formados por el grabado anisotrópico de Si. Las pirámides presentan alturas que oscilan entre 2 y 4 µm y un ángulo característico entre la base y la faceta de 54,7°, coherente con la orientación cristalográfica del Si grabado anisotrópicamente. Esta morfología superficial, junto con el reflector de Au, proporciona la interfaz texturizada que sustenta la arquitectura de captura de luz empleada en el depósito.

Ejemplo 3.

En este ejemplo se muestra la catacterización funcional del material obtenido en relación a la absorbancia de la luz del mismo después de cada paso del procedimiento descrito en el ejemplo 1.

Los niveles de absorbancia del material obtenido son significativamente superiores a los reportados para estructuras planas de Si hiperdopado (M. Wang et al., *Rev. Appl.* **10**, 024054 (**2018**)) , como se puede ver en la Figura 2, donde se ha representado la dependencia espectral de la absorbancia de la luz a partir de mediciones de transmitancia y reflectancia para los diferentes pasos de fabricación del material. En la configuración (i), se observa una alta absorbancia de, aproximadamente, 90 % para λ < 1000 nm (hv > 1,12 eV), correspondiente a la absorción intrínseca de la banda prohibida del Si; en la región de subbanda prohibida (λ > 1100 nm, hv < 1,12 eV) la absorbancia disminuye a, aproximadamente, el 25 %, lo que coincide con la de detección de modos normales.

La configuración (ii) presenta una ligera reducción en la absorción de la banda prohibida debido, principalmente, al aumento de la reflectancia en la interfaz aire/Si hiperdopado con Te, en comparación con la interfaz aire/Si en (i). Sin embargo, en la región subbanda prohibida, la absorbancia aumenta drásticamente, alcanzando aproximadamente el 70 %.

En la configuración (iii) la absorción intrínseca de Si casi se recupera a los valores de (i), mientras que la absorbancia subbanda prohibida continúa aumentando.

Finalmente, la configuración (iv) que incorpora un reflector posterior de Au, no altera la absorción intrínseca de banda prohibida, pero incrementa la absorción total aún más hasta, aproximadamente, el 85 %.

Estos resultados demuestran que la texturización superficial combinada con un contacto posterior reflectante proporciona una arquitectura eficiente de captura de luz.

Ejemplo 4.

En este ejemplo se muestra la catacterización funcional del mateiral obtenido en relación al transporte electrónico del mismo después de cada paso del procedimiento descrito en el ejemplo 1.
Las características de corriente-voltaje se miden con una estación de sonda Everbeing y una unidad de fuente y medida keithley 2636A.

Para estudiar el transporte electrónico del material se emplea el modelo de un diodo siguiendo la ecuación [1]:

$$J = J_o\left(e^{\frac{q(V-Jr_S)}{\eta k_B T}} - 1\right) + \frac{V-Jr_S}{r_{sh}} \qquad [1]$$

donde J es la densidad de corriente, J_o es la densidad d corriente de satruración inversa, V la tensión de polarización, q la carga elemental, η el factor de idealidad, T la temperatura, k_B la constante de Boltzmann y r_s y r_{sh} las resistencias en serie y en paralelo normalizadas.

La línea continua (a) de la Figura 3 representa la curva ajustada, mientras que el recuadro bajo ella muestra el circuito equivalente y los parámetros extraídos.

El factor de idealidad extraído (η = 2) indica que el transporte está dominado por la recombinación de portadores a través de niveles de defectos dentro de la región de carga espacial.

Ejemplo 5.

En este ejemplo se muestra la dependencia espectral de la eficiencia cuántica externa (EQE) del fotodiodo fabricado, para diferentes condiciones de polarización.

La EQE espectral se midió en el rango de 1a 3 μm utilizando un monocromador Bentham TMc300 (*Globar source*) calibrado con un detector piroeléctrico Bentham. El haz de luz se moduló a 87 Hz y la señal de fotocorriente se extrajo con un amplificador *lock-in* SR830 acoplado a un preamplificador de bajo rudio SR570 (*Standford Research System*).

En la Figura 4 se muestra, a modo de comparación, la EQE de un fotodiodo PIN de Si comercial (BPW34), y de un fotodiodo de Si hiperdopado con Te planar (sin pirámides). El análisis se centra en la región de subbanda prohibida de Si, es decir 1,1 – 1,3 μm (1,1 – 0,4 eV), medida a temperatura ambiente. Como marcadores de referencia, se destacan la banda C de comunicación óptica y los principales picos de luminiscencia nocturna.

Como era de esperar, el fotodiodo comercial PIN de Si presenta una caída abrupta de la EQE para energías de fotones por debajo de la banda prohibida de Si (1,12 eV), debido a la extinción de la fotogeneración banda a banda. Por el contrario, el fotodiodo Si/p-Si hiperdopado con Te planar muestra una fotorrespuesta subbanda prohibida pronunciada, varios órdenes de magnitud superior a la del PIN de Si. Sorprendentemente, el fotodiodo objeto de la presente invención logra una mejora drástica de la respuesta subbanda prohibida. Así, con polarización cero, su EQE a 1,5 μm es aproximadamente 30 veces superior a la de su homólogo planar. Con polarización inversa, la respuesta aumenta aún más, alcanzando el 2,3 % en el primer pico de luminiscencia nocturna (1.3 eV), más de tres órdenes de magnitud superior a la referencia PIN comercial.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo fotodetector sensible al infrarrojo que comprende una oblea de silicio (Si) tipo p que presenta:

   - una primera cara frontal texturizada con pirámides aleatorias y dopada con boro (B), sobre la que se deposita un electrodo de Ti/Al en forma de peine que define el contacto frontal;
   - una segunda cara posterior texturizada con pirámides aleatorias, hiperdopada con telurio (Te) y recubierta con una capa de oro (Au) que actúa como reflector posterior y electrodo,

   caracterizado por que al ser conectado en condiciones de polarización inversa entre -1 V y -5 V, presenta un máximo de eficiencia cuántica externa (EQE) en el rango de energías de 0,4 a 0,6 eV a temperatura ambiente.

2. Fotodetector, según reivindicación 1, donde las pirámides presentan unas alturas que oscilan entre 2 y 4 µm y un ángulo característico entre la base y la faceta de 54,7°.

3. Método de fabricación del fotodetector reivindicado que comprende:

   - Texturización de ambas caras de la oblea de silicio mediante un grabado químico anisotrópico selectivo por planos cristalinos para crear pirámides de base cuadrada y dimensiones aleatorias distribuidas por la superficie de la oblea.

   - Implantación de boro (B) en una de las caras de la oblea (en adelante, referida como cara frontal) seguida de un recocido térmico rápido.

   - Implantación de iones de telurio (Te) en la cara opuesta a la anterior (en adelante, referida como cara posterior)

   - Recocidos térmicos a baja temperatura y posterior activación mediante fundido por láser pulsado (PLM).

- Activación del Te fundido por láser pulsado (PLM).

- Repetición de recocidos térmicos a baja temperatura.

- Grabado de una estructura de mesa en la cara con telurio mediante ataque químico-físico reactivo.

- Depósito de una capa de Au sobre la estructura de mesa dopada con Te, como reflector posterior y electrodo.

- Depósito de un electrodo de Ti/Al en forma de peine sobre la cara frontal, con implantación de B, que define el contacto frontal.

- Depósito en ambas caras de capas antirreflectantes.

4. Método, según reivindicación 3, donde el recocido térmico rápido posterior a la implantación de B en la cara frontal se realiza a una temperatura de 1000°C durante 120 segundos.

5. Método, según reivindicación 3, donde los recocidos térmicos a baja temperatura se realizan a una temperatura entre 300°C y 400°C durante 10 minutos.

6. Método, según reivindicación 3, donde la oblea de silicio tipo p se texturiza químicamente mediante grabado anisotrópico en TMAH a 80°C durante 80 minutos.

7. Método, según reivindicación 3, donde la implantación de B en la cara frontal de la oblea se realiza con una dosis de $6 \cdot 10^{14}$ cm^2 a 20 keV, seguida de un recocido térmico rápido a 1050°C durante 120 s.

8. Método, según reivindicación 3, donde la cara posterior se implanta con $^{130}Te^{+}$: $^{130}Te^{+}$: $7{,}4 \cdot 10^{14}$ cm^2 a 50 keV y $1{,}9 \cdot 10^{15}$ cm^2 a 150 keV y, posteriormente, se realiza recocido térmico suave, 300-400 ºC, 10 minutos en atmósfera inerte.

9. Método, según reivindicación 3, donde la activación de las impurezas y la recuperación de la red se lograron mediante fundido por láser pulsado (355 nm Nd:YAG, 4 ns, 0,5 $J \cdot cm^{-2}$).

10. Método, según reivindicación 3, donde se define una estructura de mesa (0,4 x 0,4 cm^2) en el lado hiperdopado por Te mediante grabado iónico reactivo, con un plasma de SF6, presión de 0.4 mbar, 10 W, 20 minutos.

11. Método, según reivindicación 3, donde se deposita una capa de Au de 200 nm sobre la estructura de mesa dopada con Te mediante evaporación con haz de electrones como reflector posterior y electrodo.

12. Método, según reivindicación 3, donde sobre la cara frontal, con implantación de B, se deposita un electrodo de Ti/Al en forma de peine (50 nm/ 200 nm) mediante la evaporación con haz de electrones, que define el contacto frontal

13. Método, según reivindicación 3, donde en ambas caras se depositan capas antirreflectantes de SiNx mediante deposito químico en fase vapor activado por plasma (PECVD).

14. Uso del fotodetector reivindicado en tecnología Si-CMOS que opera en SWIR.

15. Uso del fotodetector reivindicado como sensor de moléculas cuya vibración característica se encuentre en el rango 0.4 – 0,6 eV.

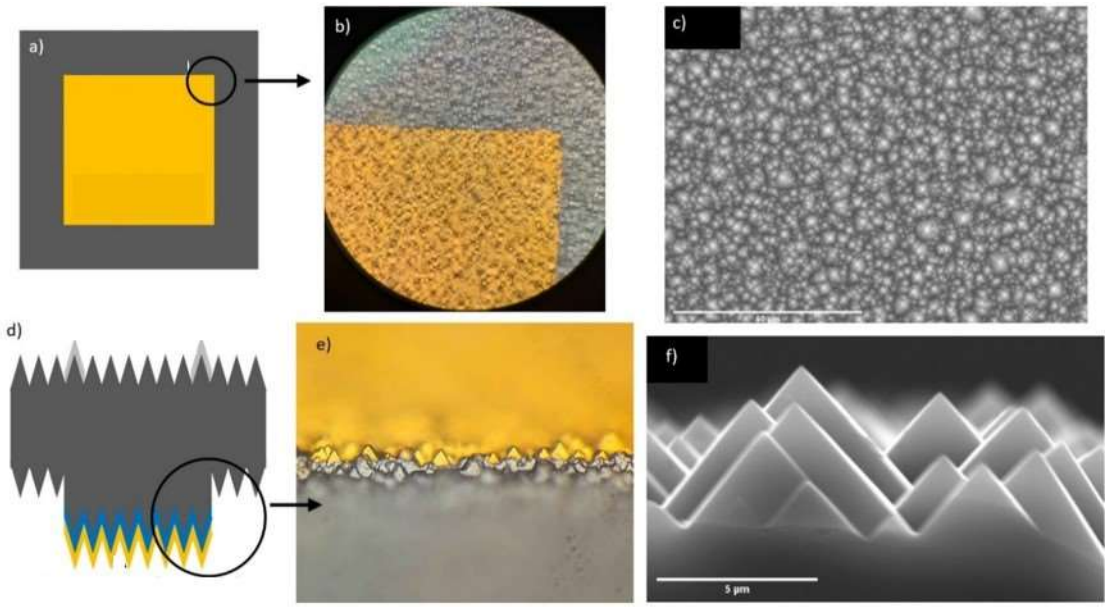


Figura 1

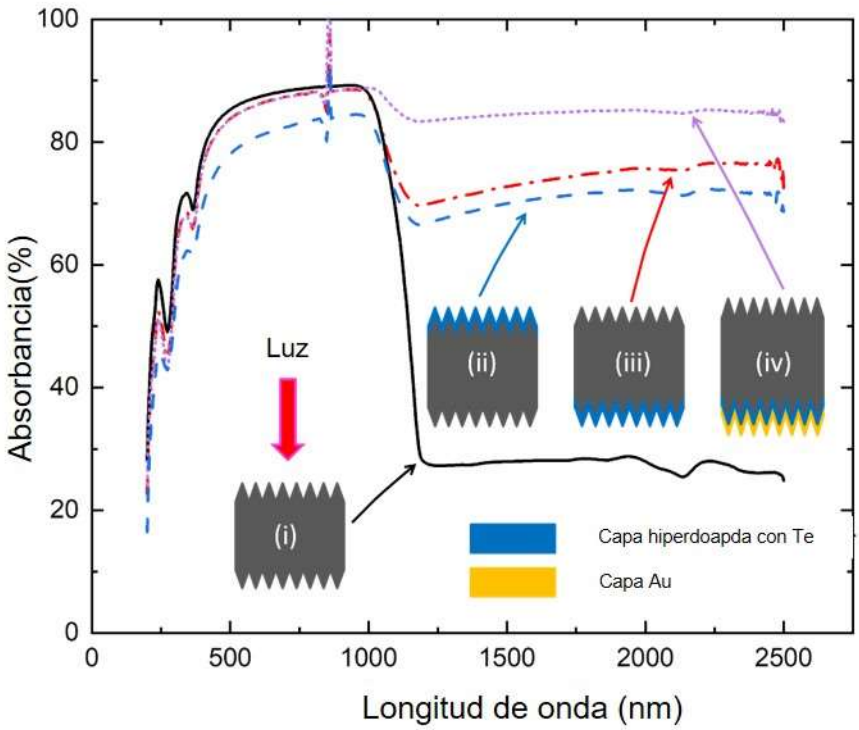


Figura 2

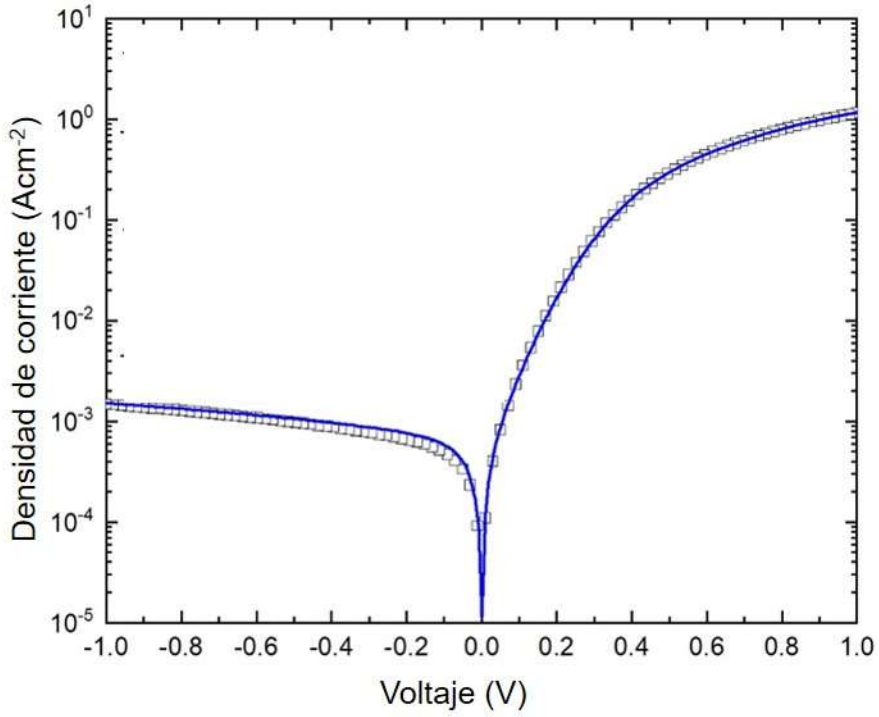


Figura 3

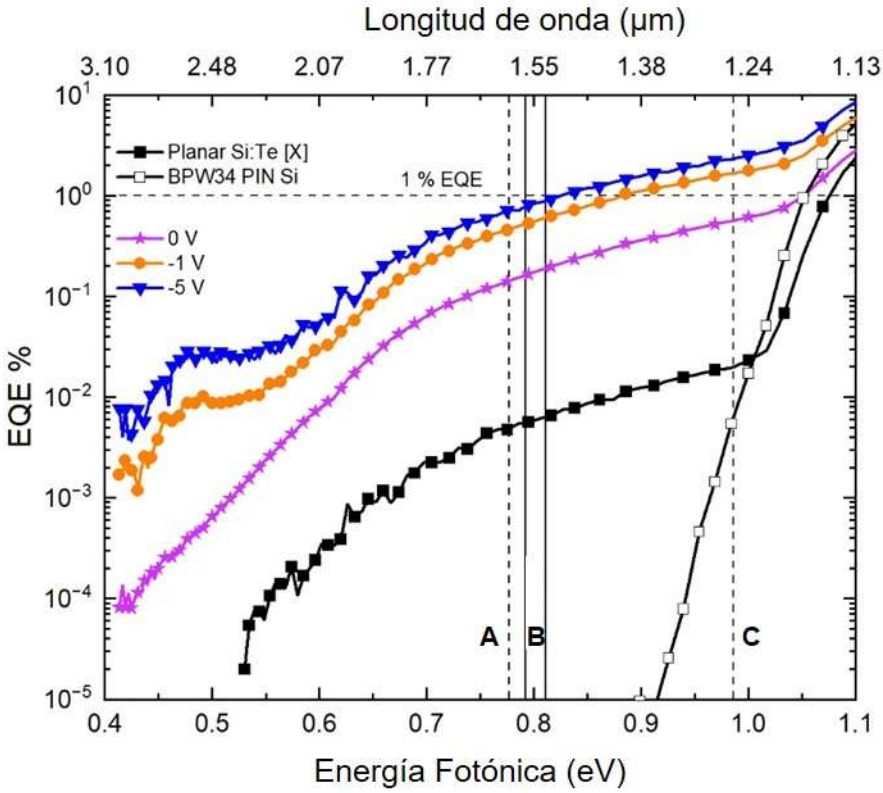


Figura 4

OFICINA ESPAÑOLA
DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(21) N.º solicitud: 202630411

(22) Fecha de presentación de la solicitud: 25.03.2026

(32) Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

(51) Int. CI.: Ver Hoja Adicional

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	(56) Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
Y	US 2017365476 A1 (HARVARD COLLEGE) 21/12/2017	1 - 14
Y	ZHAI Y [0000-0001-5586-1332] et al. Hot Electron Generation in Silicon Micropyramids Covered with Nanometer-Thick Gold Films for Near-Infrared Photodetectors. ACS Applied Nano Materials. American Chemical Society. , 24/01/2020, Vol. 3, Páginas 149-155, ISSN 2574-0970 (electronic), <DOI: 10.1021/acsanm.9b01840>	1 - 14
A	US 2017365476 A1 (HARVARD COLLEGE) 21/12/2017	15
A	ZHAI Y [0000-0001-5586-1332] et al. Hot Electron Generation in Silicon Micropyramids Covered with Nanometer-Thick Gold Films for Near-Infrared Photodetectors. ACS Applied Nano Materials. American Chemical Society. , 24/01/2020, Vol. 3, Páginas 149-155, ISSN 2574-0970 (electronic), <DOI: 10.1021/acsanm.9b01840>	15
A	ZHAO ZHOU et al. Black silicon for near-infrared and ultraviolet photodetection: A review. APL Materials. American Institute of Physics. , 13/02/2023, Vol. 11, ISSN 2166-532X (electronic), <DOI: 10.1063/5.0133770>	1 - 15
A	QI ZHIYANG et al. Au nanoparticle-decorated silicon pyramids for plasmon-enhanced hot electron near-infrared photodetection.. Nanotechnology. 2017-06-15. , 15/06/2017, Vol. 28, ISSN 1361-6528 (electronic), <DOI: 10.1088/1361-6528/aa74a3>	1 - 15
A	SHER MENG-JU et al. Hyperdoped silicon materials: from basic materials properties to sub-bandgap infrared photodetectors. Semiconductor Science and Technology. IOP Publishing. , 06/02/2023, Vol. 38, ISSN 0268-1242, ISSN 1361-6641 (electronic), <DOI: 10.1088/1361-6641/acb16b>	1 - 15
T	GARCIA-HEMME E [0000-0001-5328-8341] et al. Breakthrough in Short-Wavelength Infrared Quantum Efficiency in Te-Hyperdoped Silicon Photodetectors via Light-Trapping Strategies. Physical Review Letters. American Physical Society. , 31/07/2026, Vol. 137, ISSN 0031-9007, ISSN 1079-7114 (electronic), <DOI: 10.1103/96rx-zx6l>	1 - 15

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia
Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría
A: refleja el estado de la técnica
O: referido a divulgación no escrita
P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud
E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

☒ para todas las reivindicaciones ☐ para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe	Examinador	Página
23.09.2026	V. Navarro Paredes	1/2

CLASIFICACIÓN OBJETO DE LA SOLICITUD

H10F30/20 (2025.01)
H10F30/21 (2025.01)
H10F71/00 (2025.01)
H10F77/12 (2025.01)
C30B29/06 (2006.01)
C30B33/10 (2006.01)

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

H10F, C30B

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC