

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 672 148**

51 Int. Cl.:

**H01L 31/054** (2014.01)

**H01L 31/0232** (2014.01)

**H01L 31/0236** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.10.2012 PCT/GB2012/052550**

87 Fecha y número de publicación internacional: **02.05.2013 WO13061028**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.10.2012 E 12779150 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.04.2018 EP 2771914**

54 Título: **Célula solar de película delgada**

30 Prioridad:

**27.10.2011 GB 201118602**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

**12.06.2018**

73 Titular/es:

**UNIVERSITY COURT OF THE UNIVERSITY OF ST ANDREWS (100.0%)  
College Gate, North Street  
St Andrews, Fife KY16 9AJ, GB**

72 Inventor/es:

**MARTINS, EMILIANO REZENDE y  
KRAUSS, THOMAS FRASER**

74 Agente/Representante:

**VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro**

ES 2 672 148 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Célula solar de película delgada

5 **Campo de la invención**

La presente invención se refiere a una célula solar de película delgada. En particular, la presente invención se refiere a una célula solar de película delgada que tiene una o más estructuras de supercélula óptica difractiva para mejorar la captura de luz.

10

**Antecedentes de la invención**

Los paneles solares están hechos de una serie de células solares. Estas se utilizan para capturar la luz solar y convertirla en energía eléctrica. Con el avance en curso hacia la energía renovable, los paneles solares se están convirtiendo en un interés cada vez mayor para los consumidores y las empresas por igual. Sin embargo, el coste de los paneles solares sigue siendo relativamente alto y la eficiencia relativamente baja.

15

Para hacer que los paneles solares sean más accesibles, ha habido una campaña para reducir los costes y mejorar la eficiencia. Con este fin, cada vez se utilizan más células solares de película delgada. Estos dispositivos tienen una capa activa que tiene un espesor reducido. Esto significa que los costes de procesamiento y materiales se reducen, mientras que la eficiencia general del dispositivo se puede mantener. Para mantener la eficiencia de los dispositivos de película delgada, se utilizan estructuras de captura de la luz para acoplar la luz de manera efectiva en los modos guiados de la película delgada, lo que facilita una absorción eficiente.

20

Trabajos recientes han demostrado que el uso de estructuras ópticas difractivas proporciona una técnica de captura de luz prometedora para células solares de película delgada. Las estructuras o rejillas difractivas pueden usarse para excitar modos cuasi-guiados en la película absorbente, proporcionando una fuerte mejora de la absorción a la longitud de onda resonante. Como ejemplo, una rejilla simple se ha utilizado en una célula solar para actuar como un acoplador de superficie. La rejilla tiene un período correspondiente a la longitud de onda de la luz, es decir, 500-1000 nm para aplicaciones de células solares basadas en silicio. Esta rejilla se basa en pocos órdenes de difracción, principalmente la primera, para acoplar la luz en la película delgada. Esto proporciona una mejora de banda muy estrecha y muy dependiente del ángulo, por lo que solo tiene un alcance limitado para la captura de luz.

25

30

El documento US2011/0203663 describe una célula solar basada en rejilla flameada.

35

Para aumentar el ancho de banda y el número de ángulos que pueden acoplarse en modos guiados, se puede usar un período de red más grande. En este caso, los órdenes superiores de la rejilla se utilizan para excitar modos múltiples en la película delgada. Las rejillas simples difractan la mayor parte de la energía en el primer orden difractado. Sin embargo, esto no puede excitar un modo guiado si el período es mayor que la longitud de onda. Por lo tanto, la mayor parte de la potencia entrante se pierde y no se difunde con éxito en un modo guiado.

40

**Sumario de la invención**

De acuerdo con la presente invención, se proporciona una célula solar como se especifica en la reivindicación 1. Algunas características preferidas se definen en las reivindicaciones dependientes.

45

Diseñando cada célula de difracción para suprimir los modos de difracción de orden inferior, que generalmente no se pueden acoplar en la película delgada, se transfiere más energía a los modos de orden superior, que pueden acoplarse en la película delgada. Esto permite el acoplamiento multimodo y maximiza la excitación de los modos guiados en la película delgada.

50

Normalmente, el período de las células de difracción es de dos o más longitudes de onda ópticas, a la longitud de onda de interés. Preferiblemente, el período es de tres a cinco longitudes de onda ópticas. Se suprime el modo de primer orden, o una combinación del modo de primer y segundo orden, o una combinación del modo de primer, segundo y tercer orden. Se pueden suprimir otros modos de orden superior, por ejemplo, el cuarto modo. Las células de difracción pueden proporcionarse en una matriz unidimensional. Alternativamente, las células de difracción pueden proporcionarse en una matriz bidimensional.

55

Las células de difracción pueden ser todas las mismas.

La película delgada de material activo puede tener un espesor en el intervalo de 100 nm a 100  $\mu$ m, siendo el intervalo entre 100 nm y 1  $\mu$ m el más prometedor, dependiendo del material.

60

La película delgada de material activo puede comprender silicio, pero el método también puede aplicarse con éxito a otros materiales tales como CdTe, CIGS y las diferentes formas de silicio, tales como silicio amorfo, microcristalino y monocristalino.

65

De acuerdo con un segundo aspecto de la presente invención, se proporciona un panel solar que incluye una pluralidad de células solares según el primer aspecto de la invención.

De acuerdo con otro aspecto de la invención, se proporciona un sistema de panel solar que incluye una pluralidad de paneles solares de acuerdo con el segundo aspecto de la invención.

**Breve descripción de los dibujos**

5 Varios aspectos de la invención se describirán ahora, a modo de ejemplo solamente, y con referencia a los siguientes dibujos, en los que:

- 10 La figura 1(a) es una vista en planta de una célula solar con una supercélula óptica difractiva;
- La figura 1(b) es una vista en planta de una célula solar con rejillas periódicas convencionales;
- La figura 2(a) es una sección transversal a través de la célula solar de la figura 1(a), en la que se muestra el acoplamiento de luz en la película delgada;
- La figura 2(b) es una sección transversal a través de la célula solar de la figura 1(b), en la que se muestra el acoplamiento de luz en la película delgada;
- 15 La figura 3 es una vista en planta de una célula solar de supercélula diseñada específicamente para suprimir la primera y segunda órdenes de difracción;
- La figura 4 muestra las series de Fourier para la célula de la figura 3;
- La figura 5 ilustra el principio de diseño de una rejilla de supercélula que consiste en una superposición de múltiples rejillas de factor de llenado bajo con el mismo período, donde las rejillas están separadas espacialmente entre sí;
- 20 Las figuras 6(a) a (c) muestran una comparación entre los rendimientos de una rejilla de sub-longitud de onda convencional y una supercélula;
- La figura 7 es una imagen de microscopio electrónico de exploración (SEM) de una supercélula que se fabricó en material de silicio sobre aislante (SOI);
- 25 La figura 8 es un gráfico de la absorción frente a la longitud de onda para los datos experimentales y los datos calculados para una oblea de SOI con rejillas de supercélula;
- La figura 9 es una vista en planta de una supercélula en 2D fabricada;
- La figura 10 muestra una vista en planta de una retícula de supercélula en 2-D en una célula solar de película delgada (a), y los correspondientes órdenes de difracción (b), también conocidos como componentes de Fourier;
- 30 La figura 11 muestra un espectro de absorción para una supercélula y un espectro de absorción para una rejilla en 2D estándar con un período optimizado de 350 nm;
- La figura 12 es una sección transversal a través de otro ejemplo de célula solar de supercélula, y
- La figura 13 es una sección transversal a través de otro ejemplo más de célula solar de supercélula.

**35 Descripción detallada de los dibujos**

La figura 1(a) muestra una célula solar basada en supercélulas y la figura 1(b) muestra una célula solar basada en una rejilla convencional.

40 La célula solar de supercélula de la figura 1(a) tiene una película delgada de material activo, por ejemplo, de silicio, sobre la superficie de la cual se definen una serie de supercélulas, que forman una serie de escalones no periódicos en la superficie externa de la célula solar. Cada supercélula tiene características no periódicas, en este caso, características de línea simples. En el ejemplo que se muestra, la anchura de las características de línea dentro de cada supercélula es diferente. Además, el espacio entre las características de línea es diferente. El período de la supercélula es un múltiplo de la longitud de onda objetivo (normalmente 3-5 longitudes de onda).

La célula solar de la figura 1(b) tiene una película delgada de material activo, por ejemplo, de silicio, sobre la superficie de la cual se define una rejilla de difracción periódica convencional. En este caso, las características de línea de la rejilla son todas de la misma anchura y la separación entre cada característica de línea es la misma.

50 La rejilla de supercélula está diseñada para acoplar órdenes superiores difractados en modos guiados y para suprimir modos que no se pueden acoplar, normalmente los modos de primer y segundo orden. Como regla general, si la supercélula es de  $m$  longitudes de onda de longitud, entonces el  $m$ -ésimo y órdenes superiores difractados se acoplan en un modo guiado, mientras que el  $m-1^o$  y los modos de orden inferior son difractados en el aire, por lo que necesitan ser suprimidos. Por ejemplo, para una longitud de onda de  $\lambda = 600$  nm y  $m = 3$ , la supercélula sería  $a = 1800$  nm de largo, y la estructura delgada estaría diseñada para suprimir el 1er y 2º orden difractados mientras mejora el tercer y órdenes más altos.

60 La supercélula de la figura 1(a) está diseñada para suprimir los modos de primer y segundo orden. La serie de Fourier para la célula de la figura 1(a) se ilustra en el gráfico en el lado derecho de la figura 1(a). A partir de esto, se puede ver que el primer y segundo órdenes están sustancialmente suprimidos, y la mayor parte de la energía incidente está en las órdenes de difracción tercera y cuarta. Por el contrario, para la rejilla convencional de la figura 1(b), gran parte de la energía incidente se transfiere al primer y segundo órdenes difractados.

65 La figura 2 ilustra la diferencia en el acoplamiento entre los diferentes órdenes difractados en el caso de la rejilla de supercélula y la rejilla regular. Esto muestra las ventajas de suprimir los órdenes de difracción más bajos, que no se

acoplan en la película delgada. Al asegurar que la mayor cantidad de energía posible se transfiere a los órdenes de difracción superiores, la eficiencia de acoplamiento para la célula solar de supercélula es mejor que para la rejilla simple, donde los órdenes de difracciones inferiores que no se acoplan en la película delgada tienen energías relativamente altas.

5 Por motivo de exhaustividad, hay que señalar que en el ejemplo de la figura 1, y de hecho todas las células solares de supercélula descritas en este documento, el orden cero exhibe la amplitud más alta. Este orden no se ve afectado por la geometría de la supercélula. Por lo tanto, debe ser suprimida por una optimización separada que involucre la profundidad y el factor de relleno de la rejilla. Las técnicas para hacer esto son conocidas en la técnica y no son el objetivo de la presente invención.

15 La figura 3 muestra un ejemplo de una supercélula que está diseñada para suprimir los dos primeros órdenes de difracción para mejorar la absorción en una célula solar de silicio cristalino de película delgada, normalmente de 400 nm de espesor. La región absorbente abarca el intervalo de longitud de onda de 300 nm a 1,2 μm y la rejilla está diseñada para atrapar la luz principalmente en la región entre 500 nm y 1,2 μm, donde la longitud de absorción es mucho mayor que el espesor del material. Esta supercélula tiene un período de 1,8 μm. Esto significa que los primeros dos órdenes difractados contribuyen a la difracción en el aire. Siguiendo la regla de diseño, estos órdenes de difracción son suprimidos por la supercélula. La figura 4 muestra las series de Fourier de la supercélula de la figura 3.

20 La supresión del primer y segundo órdenes es causada por interferencia. La serie de Fourier de supercélula comprende varias funciones de sombrero de copa de la serie Fourier. Debido a que cada función de sombrero de copa se desplaza en el espacio desde cada orden, sus series de Fourier se desplazan en fase por un factor de  $\exp(i2\pi na/a)$ . Aquí,  $i$  es el número complejo puro,  $n$  es el número de orden,  $a$  es la longitud de desplazamiento y es el período. Como este desplazamiento de fase depende del número de orden, es posible obtener una interferencia constructiva para órdenes superiores y una interferencia destructiva para los órdenes inferiores cuando se agregan varias funciones de sombrero de copa. Diseñando adecuadamente la supercélula, es posible garantizar que los órdenes de difracción inferiores interfieran de forma destructiva y, por lo tanto, se supriman.

30 Para diseñar la célula se adapta el espectro de Fourier de la rejilla. Este proceso se ilustra en la figura 5 y se basa en la propiedad bien conocida de la serie de Fourier de que un desplazamiento espacial de la función induce un desplazamiento de fase de las series de Fourier, como se muestra en la ecuación 1:

$$f(x - x_0) \Leftrightarrow F(m) \exp(-i \frac{2\pi}{a} m x_0) \quad (\text{ecuación 1})$$

35 donde  $F(m)$  es la serie de Fourier de  $f(x)$ ,  $m$  es un número entero que corresponde al orden de difracción,  $a$  es el período y  $x_0$  es la traslación espacial. Como el desplazamiento de fase depende de  $x_0$  y de  $m$ , el desplazamiento espacial puede elegirse para proporcionar interferencia destructiva para órdenes inferiores e interferencia constructiva para órdenes superiores. En este ejemplo, el objetivo es acoplar la luz principalmente en la región de longitud de onda por encima de 600 nm, porque esta es la región espectral donde la absorción en silicio es muy baja.

45 Una vez que se define la región de longitud de onda de interés, el orden de difracción más alto está dado por la relación entre el período y la longitud de onda. Como ejemplo, el período se selecciona para ser de 1800 nm, lo que da una relación de 3; es decir, el orden  $m = 3$  se acopla al aire para  $\lambda < 600$  nm, y solo en la losa para  $\lambda > 600$  nm, mientras que los órdenes 1 y 2 siempre se difractan en el aire y, por lo tanto, deben suprimirse. La siguiente etapa es superponer múltiples rejillas para reducir los órdenes 1 y 2. La selección de los desplazamientos espaciales requeridos se realiza mediante una simple búsqueda binaria. En la búsqueda binaria, se define una matriz de píxeles. Los píxeles definidos como 1 representan nervios y los píxeles definidos como 0 representan ranuras. El tamaño del píxel es arbitrario, por lo que las limitaciones de fabricación se eligieron como los criterios de restricción, es decir, 112 nm. Por lo tanto, hay 32 píxeles para el período elegido de 1800 nm, con un tamaño de bloque mínimo de 2 píxeles.

55 Se realiza una búsqueda binaria intercambiando el valor de cada píxel y calculando la transformada de Fourier de la matriz de píxeles total cada vez que se cambia un píxel. La supercélula resultante consiste en 10 bloques, con la siguiente secuencia de número de píxeles: 4, 2, 3, 4, 2, 2, 3, 5, 4, 3. Esta secuencia, con nervios que se representan en negrita, se muestra esquemáticamente en la figura 5.

60 El rendimiento de la supercélula se puede comparar con rejillas de sub-longitud de onda convencionales mediante el análisis riguroso de onda acoplada (RCWA), que es un método semi-analítico estándar para calcular los problemas de difracción. Como ejemplo, se comparó el rendimiento de una red de sub-longitud de onda simple optimizada (con un período de 600 nm) con la supercélula mostrada en la figura 3. Para los propósitos de los cálculos, se supuso que la losa de silicio tenía un espesor de 400 nm. La absorción integrada se calculó suponiendo la densidad de fotones solares. El factor de mejora es una medida de la absorción total relativa a una losa sin patrón.

La figura 6 muestra simulaciones comparativas para una célula solar basada en supercélula y una rejilla simple. La figura 6(a) muestra una mejora calculada sobre una losa sin patrón para polarización de TE, tanto para una célula solar de supercélula como para una rejilla simple. La figura 6(b) muestra una mejora calculada sobre una losa sin patrón para polarización de TM, tanto para una célula solar de supercélula como para una rejilla simple. La figura 6(c) muestra una mejora calculada sobre una losa sin patrón para luz no polarizada, tanto para una célula solar de supercélula como para una rejilla simple. Como puede verse en la figura 6, la supercélula supera a la rejilla de longitud de onda inferior en un amplio intervalo de ángulos de incidencia. Esto es una ventaja para aplicaciones de células solares.

La figura 7 muestra una imagen del microscopio electrónico de exploración (SEM) de una supercélula que se fabricó en una oblea de silicio sobre aislante (SOI), que tiene 220 nm de silicio encima de dióxido de silicio de 2  $\mu\text{m}$ , sobre un sustrato de 500  $\mu\text{m}$ . Se midió la absorción del SOI con la rejilla en la parte superior. La contribución de la rejilla se ve como resonancias en el espectro de absorción. La figura 8 muestra una comparación entre la absorción experimental y la calculada en una oblea de SOI con las rejillas de supercélula. Como se puede ver a partir de esto, hay una muy buena coincidencia entre el experimento y los cálculos.

El concepto de supercélula se puede extender a estructuras 2-D. Un ejemplo de una supercélula 2D fabricada se muestra en la figura 9. Esta supercélula 2D se logra simplemente repitiendo la supercélula 1D de la figura 7 en las direcciones x e y. Otra opción es crear una superred que suprima los órdenes de baja difracción, como se muestra en la figura 10. La figura 10(a) muestra una superred y la figura 10(b) muestra los componentes de Fourier correspondientes de la superred que muestran órdenes de baja difracción suprimidos. En este caso, la estructura 2D se creó utilizando una rutina de optimización numérica basada en los conceptos descritos anteriormente. Los beneficios del enfoque de supercélula son más altos en el caso 2D que en el caso 1D, ya que el diseño en 2-D permite el control de más grados de libertad. Las simulaciones numéricas han demostrado que la supercélula 2D puede superar sustancialmente las rejillas 2D estándar.

La figura 11 muestra un espectro de absorción para una supercélula y un espectro de absorción usando una rejilla en 2D estándar con un período optimizado de 350 nm. Como se desprende de los espectros, la supercélula puede excitar muchas más resonancias que la rejilla estándar, lo que resulta en una mejora del 46 % de la eficiencia. Las simulaciones numéricas también muestran que la supercélula es capaz de proporcionar, en una losa de silicio de 400 nm de grosor, la misma absorción integrada que una rejilla 2D optimizada estándar puede proporcionar en una losa de 1  $\mu\text{m}$  de espesor. Por lo tanto, la supercélula es capaz de reducir el coste asociado con más de la mitad del espesor de la losa absorbente.

La figura 12 muestra una célula solar que incluye las supercélulas difractivas de la invención. En este caso, la rejilla de supercélula se proporciona en la interfaz entre un conductor transparente orientado hacia el exterior y la capa activa. Para hacer la célula de la figura 12, la capa activa puede modelarse en una superficie superior y recubrirse con una capa transparente a la luz. La superficie posterior de la capa activa está recubierta con un metal u otra capa conductora. Opcionalmente, la superficie trasera también es transparente. Alternativamente, primero se modela un sustrato superior y luego se recubre con una capa transparente. En este caso, el patrón se transfiere automáticamente al conductor transparente. Finalmente, se deposita la capa activa. Otra opción es modelar el conductor transparente y luego depositar la capa activa.

La figura 13 muestra una disposición alternativa. En este caso, la interfaz entre la capa activa y la capa transparente que orientada hacia el exterior es sustancialmente plana, y la rejilla de supercélula difractiva se proporciona en la interfaz entre el conductor posterior y la capa activa. En este ejemplo, la estructura puede hacerse a partir del conductor transparente, luego la capa activa se deposita y se modela, y finalmente se deposita el metal en la superficie posterior. Otra opción sería comenzar desde el metal en la superficie posterior, modelarlo, luego depositar la capa activa y finalmente depositar el conductor transparente.

La presente invención proporciona una solución sencilla y eficaz para el problema técnico de cómo maximizar la eficacia de acoplamiento en las células solares de película delgada. Ventajosamente, las células solares de película delgada de la presente invención se pueden fabricar usando técnicas de procesamiento de semiconductores convencionales, por ejemplo, fotolitografía, litografía de nanoimpresión y ataque químico para formar las estructuras ópticas difractivas.

Un experto apreciará que son posibles variaciones de las disposiciones divulgadas sin apartarse de la invención. Por ejemplo, aunque las células solares descritas anteriormente tienen matrices periódicas de supercélulas, esto no es esencial, y las supercélulas pueden separarse de forma no periódica, siempre que la disposición e interacción general de las supercélulas sea tal que supriman al menos un modo de difracción de orden inferior. Por consiguiente, la descripción anterior de la realización específica se realiza a modo de ejemplo solamente y no por motivos de limitación. Será evidente para la persona experta que se pueden hacer modificaciones menores sin cambios significativos en la operación descrita.

**REIVINDICACIONES**

1. Una célula solar que tiene una película delgada de material activo en la que están definidas una serie o una matriz de células de difracción, en la que:
- 5            cada célula de difracción tiene una serie no periódica de características de difracción; cada célula de difracción está configurada para suprimir solo un modo de difracción de primer orden, solo una combinación del modo de difracción de primer orden y un modo de difracción de segundo orden, o solo una combinación del modo de difracción de primer orden, el modo de difracción de segundo orden y un modo de difracción de tercer orden; y
- 10           transferir energía desde uno o más de los modos de difracción suprimidos a uno o más modos de difracción de orden superior que son guiados dentro de la película delgada, para mejorar al menos uno del uno o más modos de difracción de orden superior.
- 15   2. Una célula solar según la reivindicación 1, en la que las células de difracción en la serie o la matriz están dispuestas periódicamente.
3. Una célula solar según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que solo está suprimido el modo de primer orden.
- 20   4. Una célula solar según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que solo están suprimidos el modo de primer orden y de segundo orden.
5. Una célula solar según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que solo están suprimidos los modos de primer, segundo y tercer orden.
- 25   6. Una célula solar según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde las células de difracción se proporcionan en una matriz unidimensional.
- 30   7. Una célula solar según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en donde las células de difracción se proporcionan en una matriz bidimensional.
8. Una célula solar según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la película delgada de material activo tiene un espesor en el intervalo de 100 nm a 100 µm, preferiblemente de 100 nm a 1 µm.
- 35   9. Una célula solar según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la película delgada de material activo comprende silicio, por ejemplo, silicio amorfo, microcristalino y monocristalino, y/o CdTe y/o CIGS.
10. Una célula solar según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que las células de difracción están formadas en una superficie frontal y/o posterior del material activo.
- 40   11. Una célula solar según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que una capa transparente está depositada sobre una superficie frontal del material activo.
12. Una célula solar según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que una capa conductora está depositada sobre una superficie posterior del material activo.
- 45   13. Un panel solar que incluye una pluralidad de células solares de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores.
- 50   14. Un sistema de paneles solares que incluye un panel solar de acuerdo con la reivindicación 13.

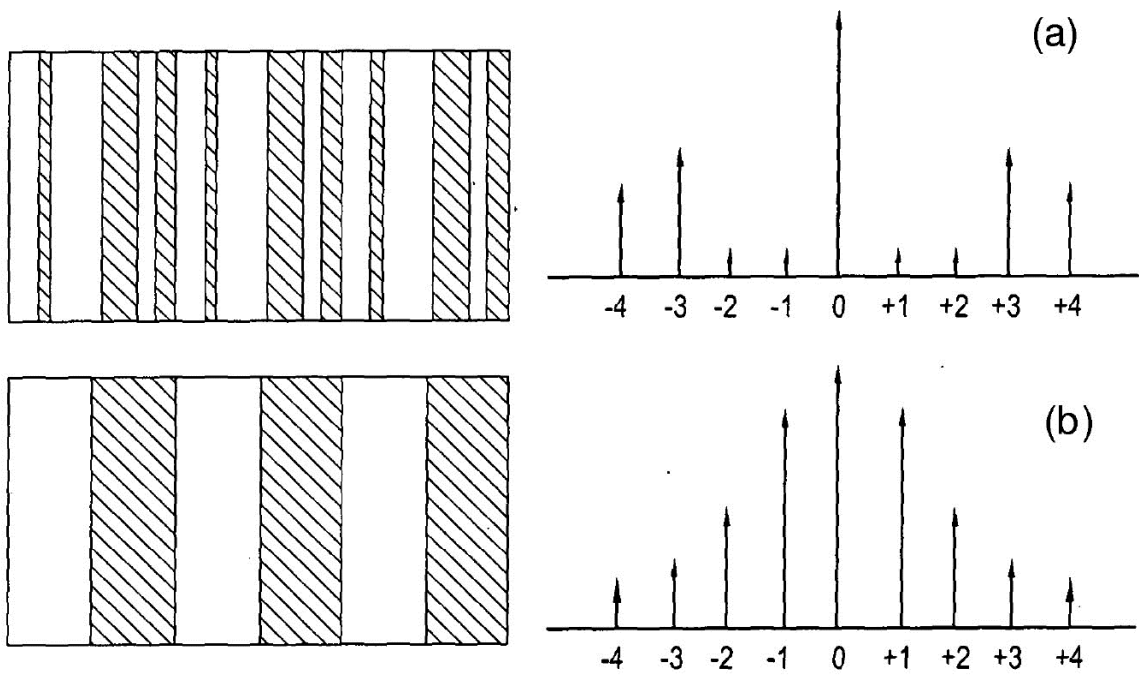


Figura 1

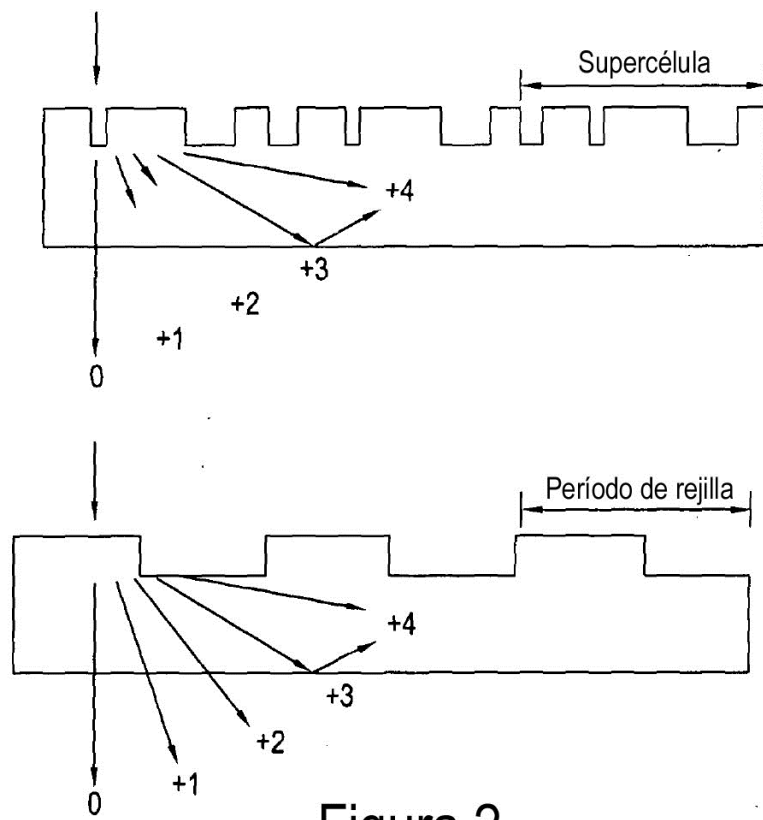


Figura 2

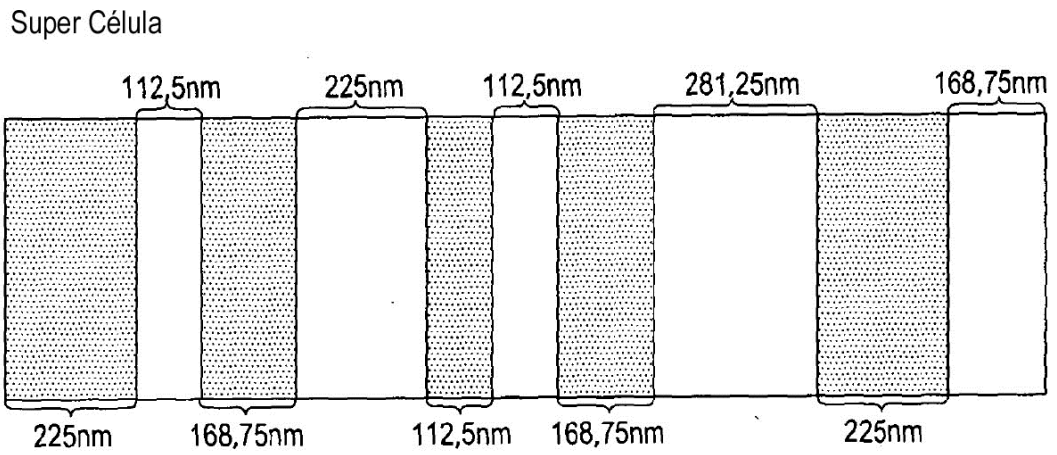


Figura 3

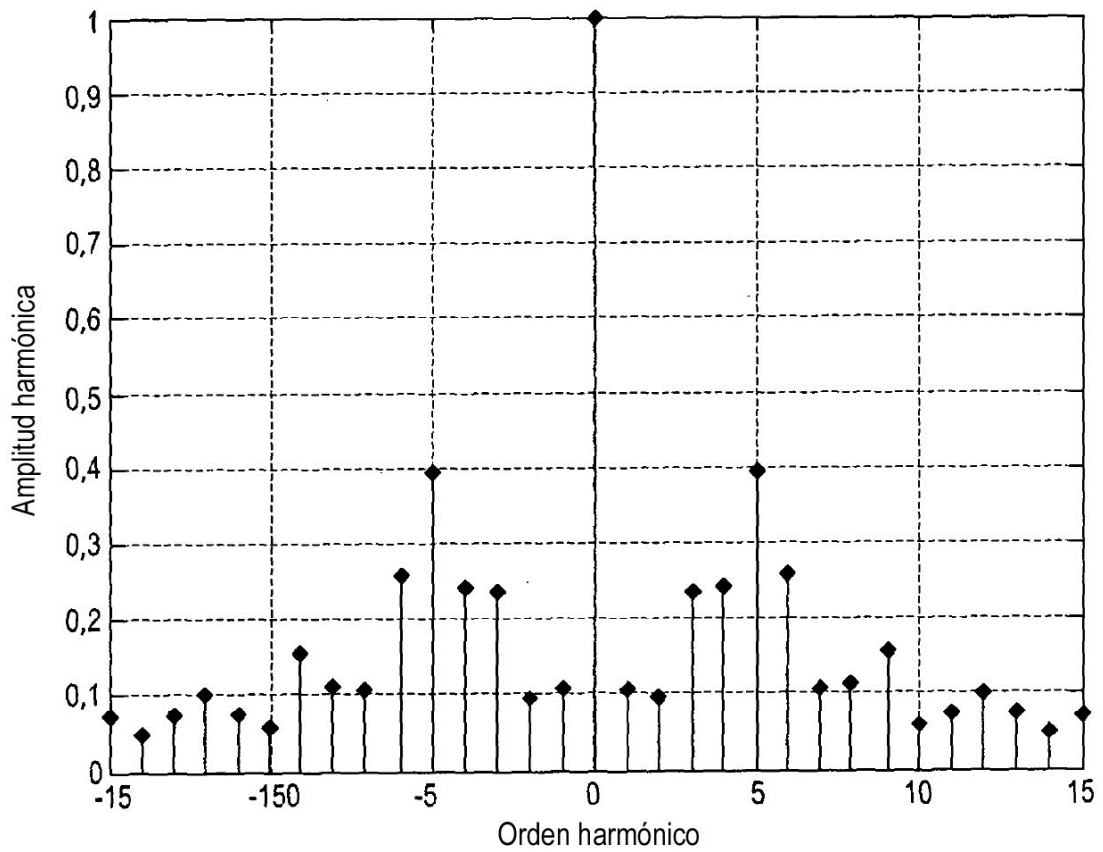


Figura 4



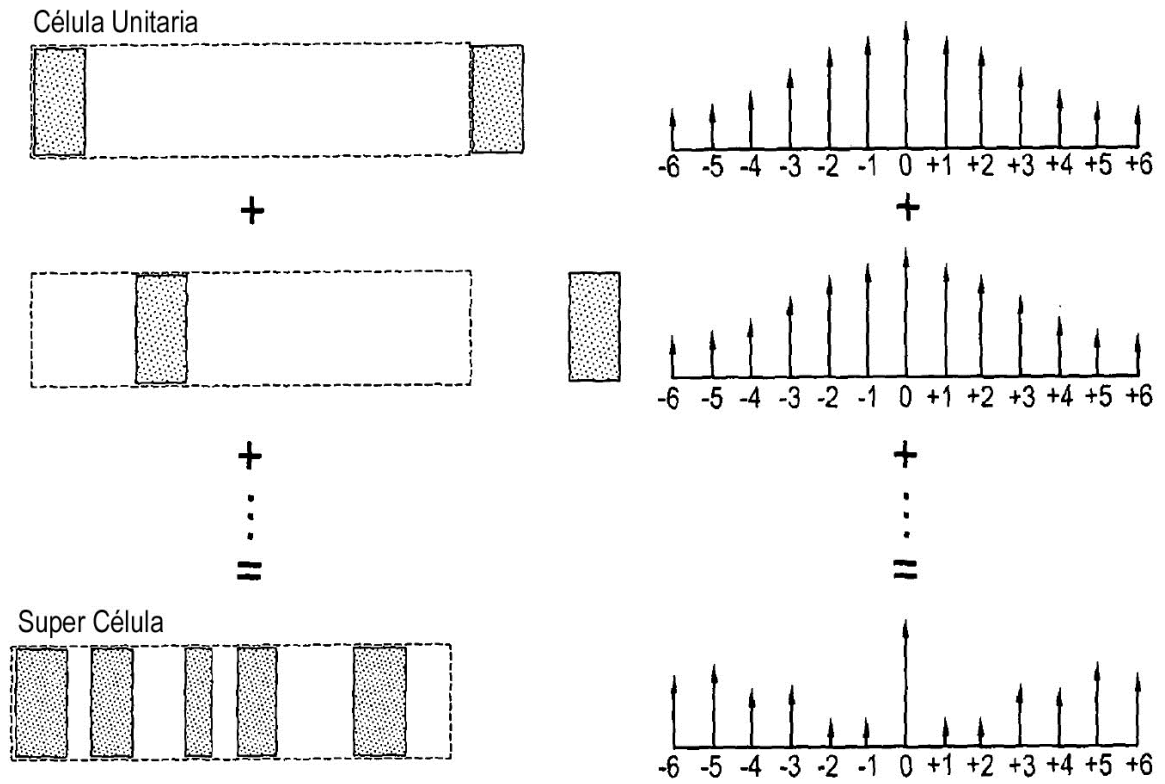
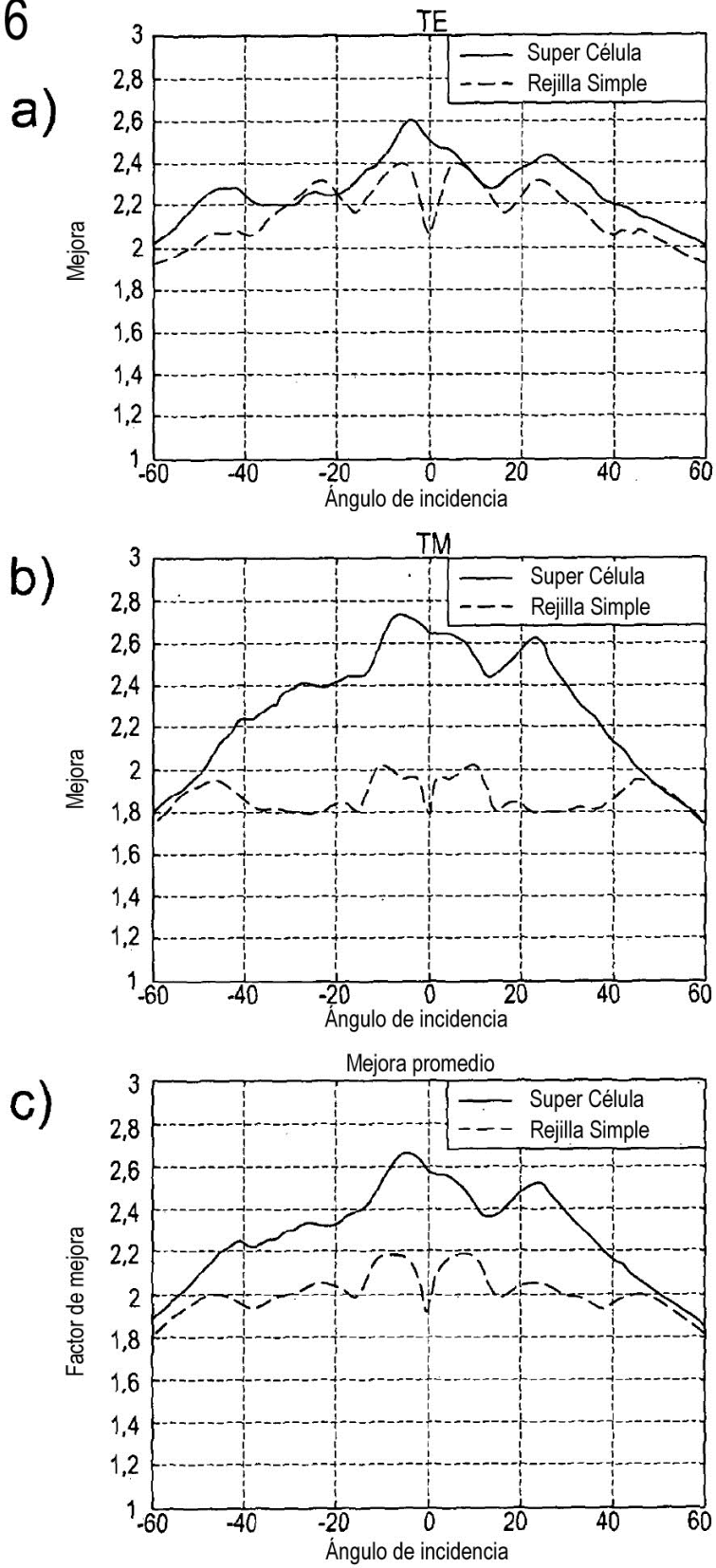


Figura 5

Figura 6



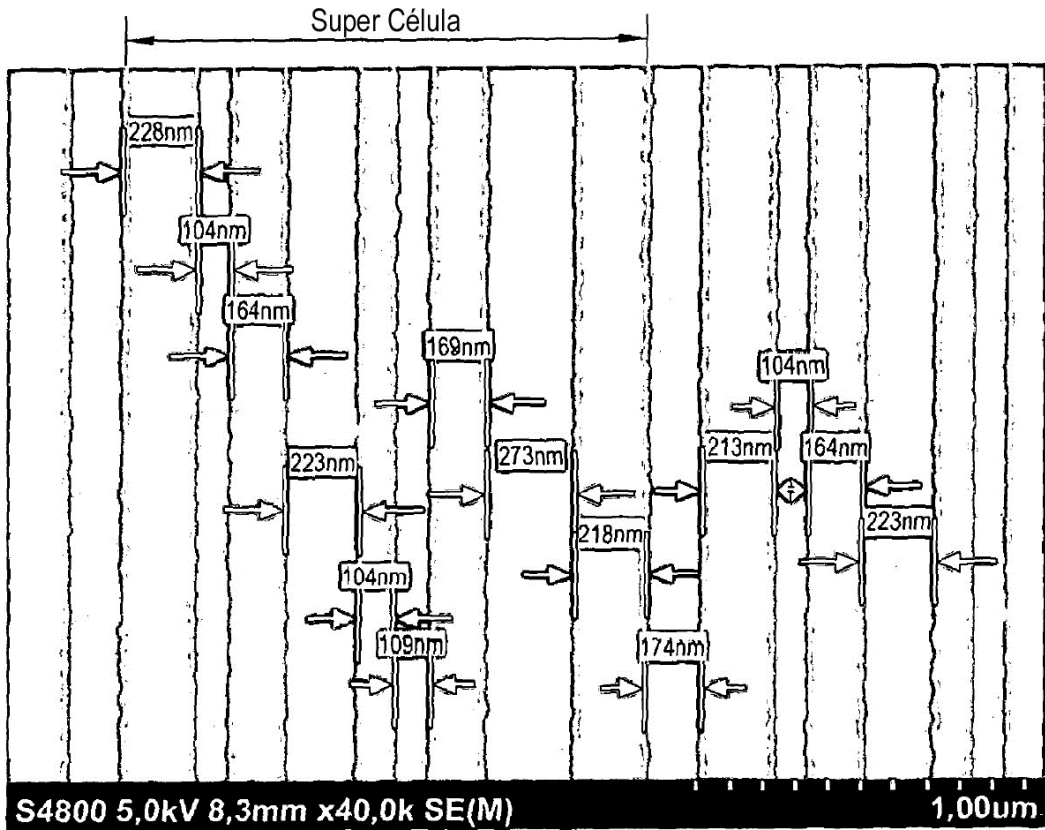


Figura 7

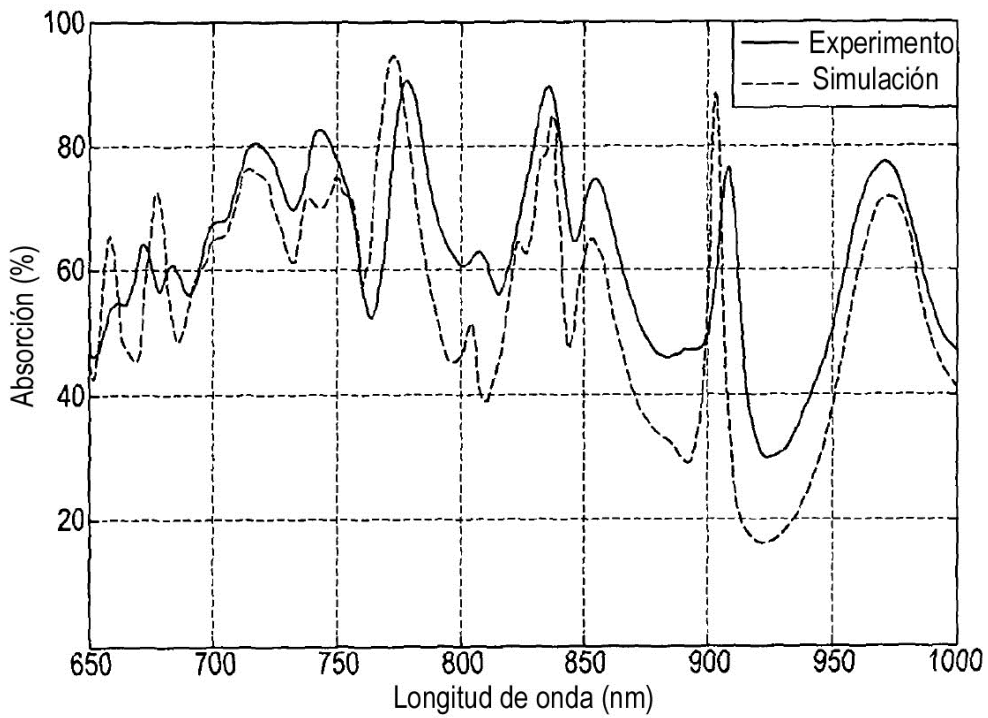


Figura 8

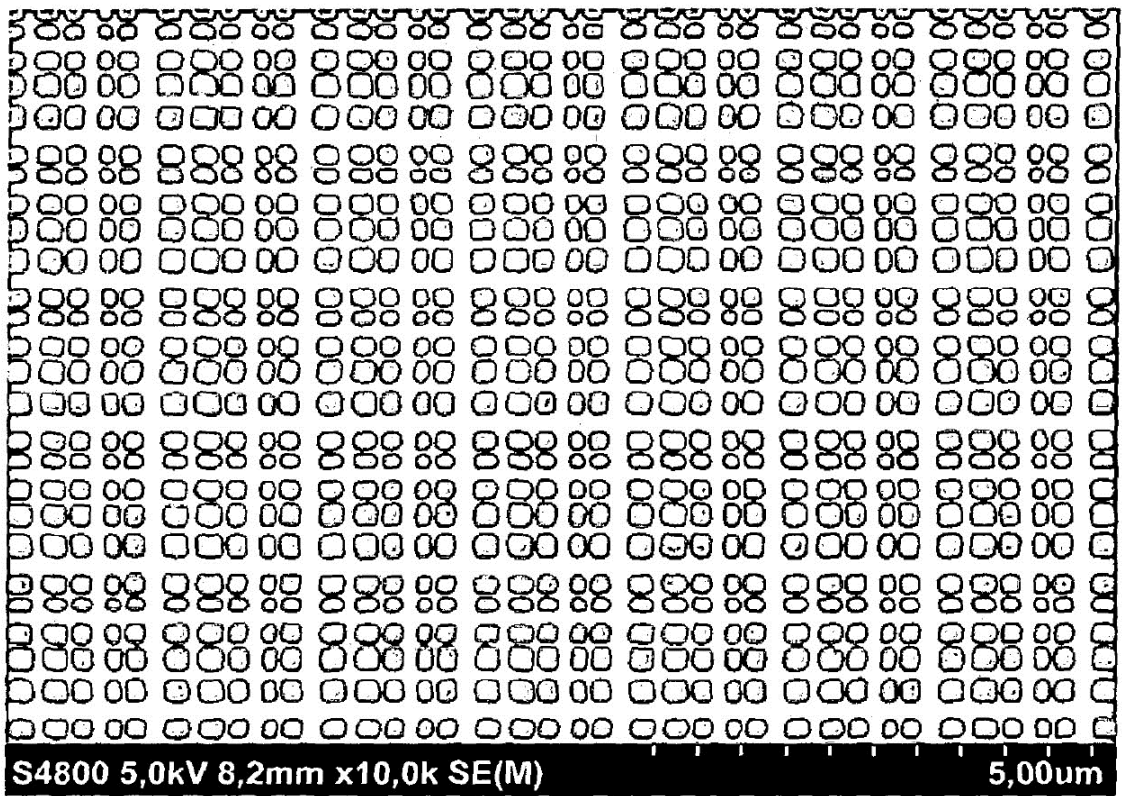


Figura 9

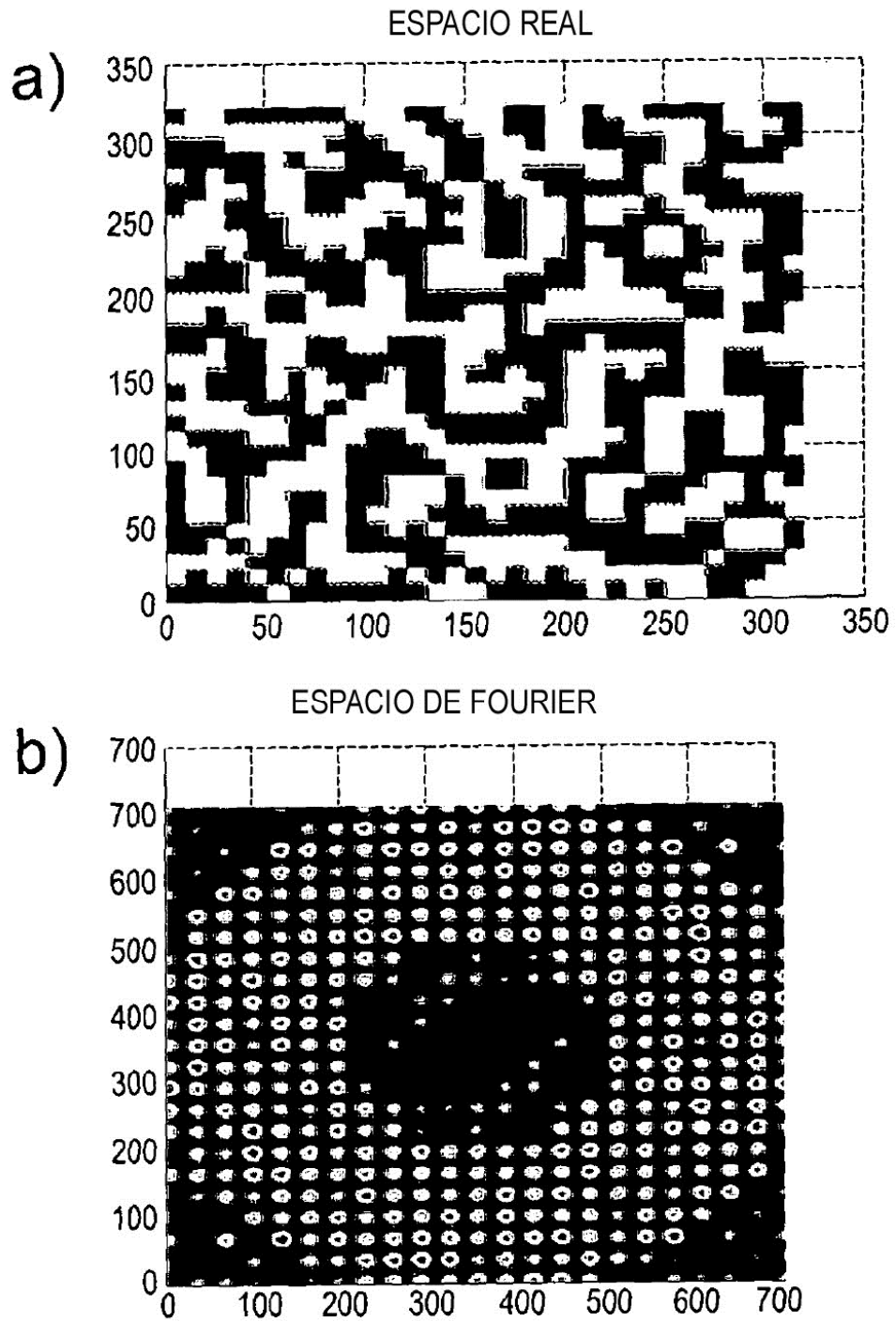


Figura 10

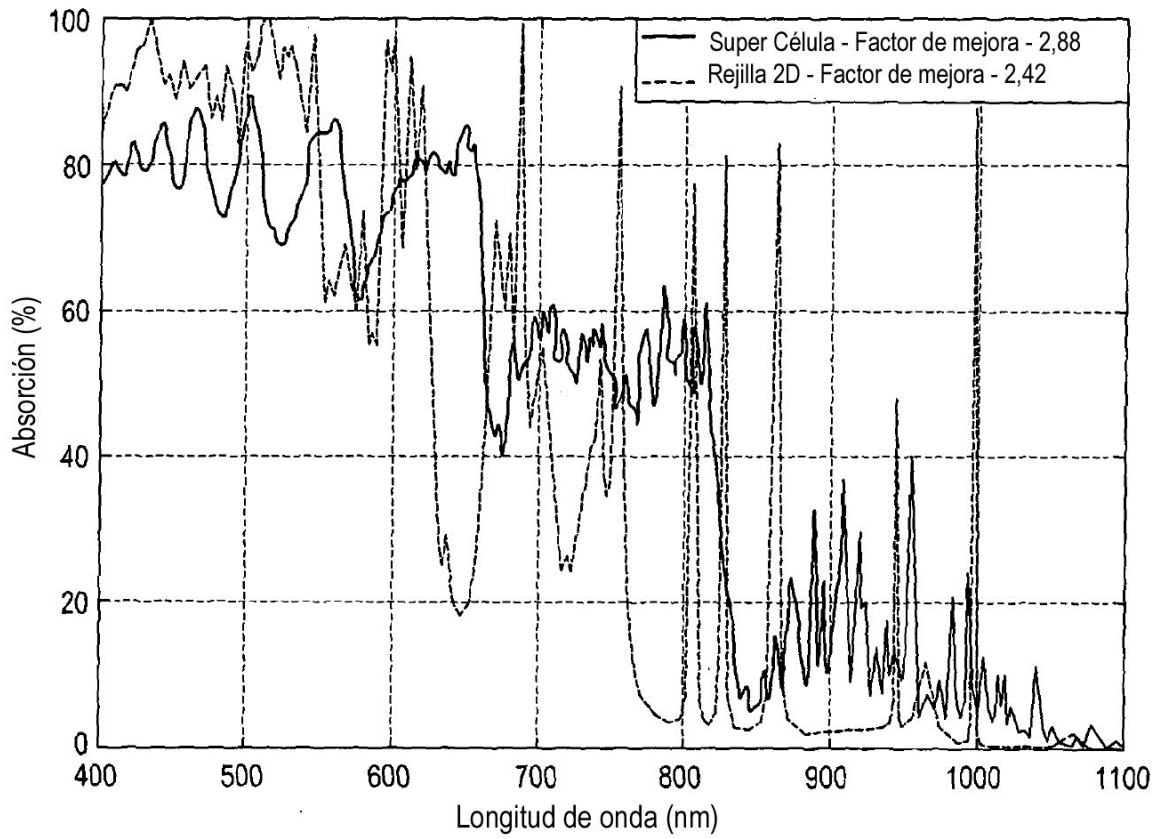


Figura 11

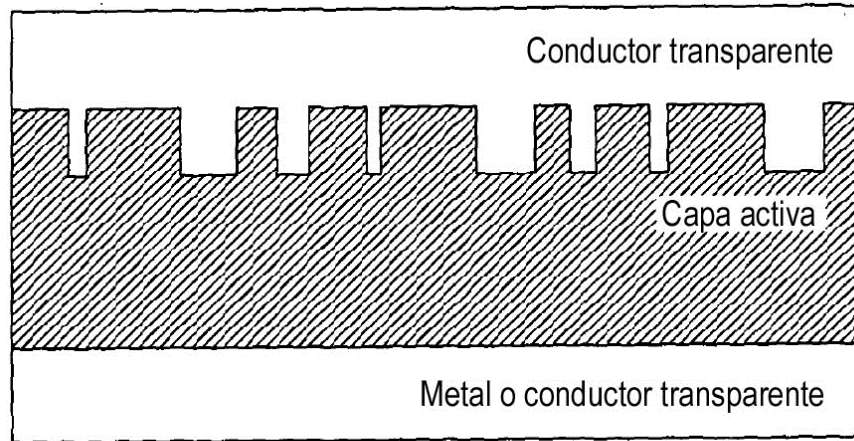


Figura 12

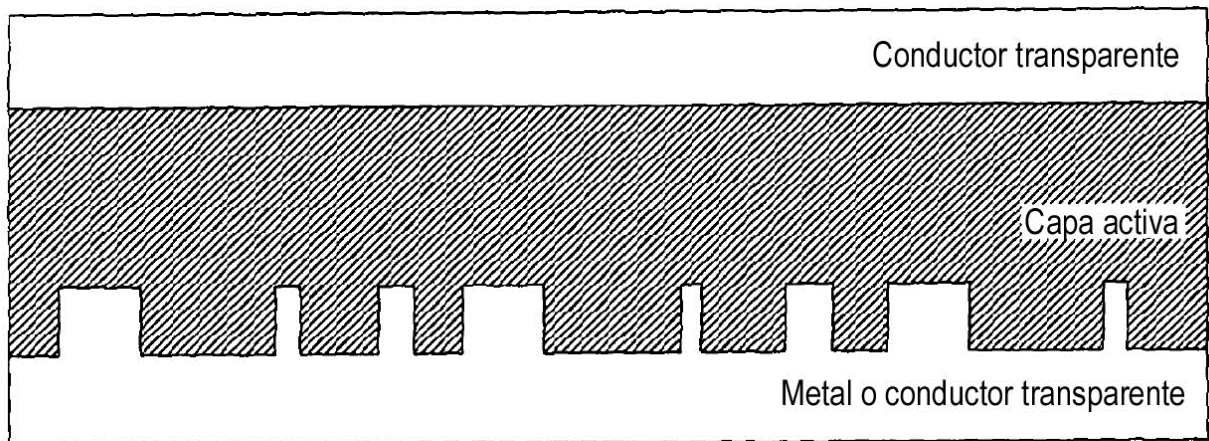


Figura 13