

CELDA SOLAR SENSIBILIZADA POR COLORANTE

Campo de la invención.

La presente invención se refiere a un dispositivo solar fotovoltaico, más particularmente a una celda solar sensibilizada por colorante, que basa su funcionamiento en la absorción de la radiación por medio de un colorante y permite la generación de energía eléctrica.

5

Descripción del estado de la técnica.

Las celdas solares sensibilizadas por colorante (DSSC por las siglas en inglés Dye-Sensitized Solar Cell), son una alternativa a las celdas de silicio para la conversión
10 fotovoltaica. Las celdas DSSC están constituidas por un electrodo de material de óxido semiconductor poroso, generalmente dióxido de titanio TiO_2 nanocrystalino, recubierto con una monocapa de solvente orgánico,

A este tipo de dispositivos se le conoce como celda solar de Grätzel, nombre dado gracias
15 al trabajo de investigación de Michael Grätzel en 1991

En el estado del arte como por ejemplo en el documento (J. Kawakita, “Trends of research and development of dye-sensitized solar cells,” Sci Technol Trends, vol. 35, p. 70, 2010.) donde se dice que los colorantes han sido una pieza clave en el desarrollo de este tipo de
20 dispositivos, uno de ellos es el rutenio; sin embargo, la escasez de este compuesto y la dificultad que presenta para sintetizarlo han propiciado el interés por el desarrollo de los colorantes orgánicos con el fin de fabricar este tipo de sistemas a gran escala .

En el estado del arte se divulgan documentos como la patente US8440908B2, donde se
25 describe una celda solar sensibilizada por colorante comprendida por un sustrato transparente que tiene una cara interna, un electrodo óptico (preferiblemente formada de un óxido conductor transparente (TCO) dispuesto en la cara interna) y un semiconductor en contacto con el electrodo óptico que comprende una pluralidad de capas que incluye una capa de nanopartículas de óxido de metal, una capa de recubrimiento ALD (por sus siglas
30 en inglés atomic layer deposition) de un material semiconductor depositado sobre las nanopartículas de óxido de metal, para proporcionar una conexión con un colorante que es absorbido por el semiconductor. La capa de las partículas de óxido de metal del material semiconductor se selecciona del grupo que consiste en óxido de titanio, óxido de niobio, óxido de tungsteno, óxido de indio, óxido de estaño, óxido de níquel, óxido de circonio y
35 óxido de zinc. Además la celda solar sensibilizada por colorante comprenderá un contraelectrodo y un electrolito que separa el contraelectrodo del semiconductor.

En el estado del arte también se divulga el documento WO2013050373A1 donde se describe un módulo compuesto de una pluralidad de celdas solares sensibilizadas por

colorante, donde cada una de las celdas consisten en un primer sustrato que tiene una primera región conductora, y un segundo sustrato que tiene una segunda región conductora, en el que el segundo sustrato se opone al primer sustrato de modo que cada una de las primeras regiones conductoras queden parcialmente superpuestas a la segunda región conductora de esa celda; garantizando la interconexión eléctrica entre el primer sustrato y el segundo sustrato, conectando eléctricamente la primera región conductora con la segunda región conductora de la celda solar sensibilizada por colorante.

En el estado del arte se divulgan documentos como la patente US9245692B2, donde la celda solar sensibilizada por colorante comprende un primer electrodo, una primera capa porosa de óxido de titanio depositado en una de las superficies del primer electrodo. Un segundo electrodo el cual puede constituirse por un material metálico resistente a la corrosión o puede ser una segunda capa porosa compuesta de un óxido y una sustancia orgánica como la porfirina. Un electrolito impregna la primera capa de óxido de titanio y la segunda capa compuesta de un óxido. Un sello une el primer electrodo con el segundo electrodo manteniendo la primera capa porosa de óxido de titanio y la segunda capa compuesta por óxido.

En el estado del arte se divulgan documentos como la patente US20070163645A1, donde la celda solar sensibilizada por colorante comprende un primer electrodo, un segundo electrodo y una sustancia orgánica que recubre el electrodo y puede estar compuesto por tintes de polimetina y de merocianin. También tiene una capa de solución cristalina

En el estado del arte no se identifica una celda solar sensibilizada por colorante que contenga dos capas de óxido semiconductor poroso separadas, una en cada electrodo, lo cual proporciona dos canales de conducción es decir, dos medios de conducción por los cuales fluye los electrones una vez son excitados.

Breve descripción del invento

La presente invención corresponde a una celda solar sensibilizada por colorante que comprende: un primer electrodo (1); una primera capa de material de óxido semiconductor poroso (2) depositado en una de las superficies del primer electrodo (1); un segundo electrodo (3) recubierto de un catalizador (4); una segunda capa de material de óxido semiconductor poroso (5) depositado en una de las superficies del segundo electrodo (3) recubierto de un catalizador (4); una sustancia orgánica (6) que recubre y es absorbida por la primera capa de material de óxido semiconductor poroso (2) y la segunda capa de material de óxido semiconductor poroso (5); una solución electrolítica (7) que penetra la primera capa de material de óxido semiconductor poroso (2) y la segunda capa de material de óxido semiconductor poroso (5) y llena el espacio entre la primera capa de material de óxido semiconductor poroso (2) y la segunda capa de material de óxido semiconductor poroso (5); un sello (8) que une el borde del primer electrodo (1) con el borde del segundo

electrodo (3) conteniendo la primera capa de material de óxido semiconductor poroso (2), la segunda capa de material de óxido semiconductor poroso (5), la sustancia orgánica (6), y la solución electrolítica (7).

5 Breve descripción de las figuras

FIG. 1 Muestra una vista en corte exponiendo las capas de la estructura tridimensional de la topografía del circuito integrado.

10 FIG. 2 Muestra una vista en corte de las capas de la estructura tridimensional de la topografía del circuito integrado con una carga (10) conectada.

FIG. 3 Muestra la vista superior de una celda solar sensibilizada por colorante de acuerdo con la invención, donde un sello (8) une el primer electrodo (1) y el segundo electrodo (3).

15

FIG. 4 Muestra la gráfica de los valores de tensión en circuito abierto, medidos entre el extremo saliente del primer electrodo (1) y el extremo saliente del segundo electrodo (3) de una celda solar sensibilizada por colorante elaborada de acuerdo con la invención, en respuesta a la incidencia de una radiación pulsante en el tiempo sobre el primer electrodo (1). La radiación es generada por un reflector halógeno de 150W.

20

FIG. 5 Muestra la gráfica de los valores de corriente vs voltaje obtenidos para dos condiciones de operación, ON – OFF, de una celda solar sensibilizada por colorante elaborada de acuerdo con la invención.

25

Descripción detallada de la invención

Haciendo referencia a la FIG 1. La presente invención corresponde a una celda solar sensibilizada por colorante que comprende:

- 30
- un primer electrodo (1);
 - una primera capa de material de óxido semiconductor poroso (2) depositado en una de las superficies del primer electrodo (1);
 - un segundo electrodo (3) recubierto de un catalizador (4);
 - una segunda capa de material de óxido semiconductor poroso (5) depositado en una
- 35
- de las superficies del segundo electrodo (3) recubierto de un catalizador (4);
 - una sustancia orgánica (6) que recubre y es absorbida por la primera capa de material de óxido semiconductor poroso (2) y la segunda capa de material de óxido semiconductor poroso (5);

- una solución electrolítica (7) que penetra la primera capa de material de óxido semiconductor poroso (2) y la segunda capa de material de óxido semiconductor poroso (5) y llena el espacio entre la primera capa de material de óxido semiconductor poroso (2) y la segunda capa de material de óxido semiconductor poroso (5);
- un sello (8) que une el borde del primer electrodo (1) con el borde del segundo electrodo (3) conteniendo la primera capa de material de óxido semiconductor poroso (2), la segunda capa de material de óxido semiconductor poroso (5), la sustancia orgánica (6), y la solución electrolítica (7).

En una modalidad de la invención, el primer electrodo (1) y el segundo electrodo (3) son vidrios eléctricamente conductivos mediante deposiciones de una película de óxido de indio estaño ITO (por sus siglas en inglés, Indium tin oxide), en una de las superficies de los vidrios.

Puesto que la solución electrolítica (7) es corrosiva, el segundo electrodo (3) requiere alta resistencia a la corrosión, para lograr esta resistencia el segundo electrodo (3) está recubierto de un catalizador (4).

En la presente invención, el catalizador (4) se selecciona del grupo compuesto por platino, grafito, carbón activado, carbón negro, nanotubos de carbono, grafeno, hollín o combinaciones de los anteriores.

En una modalidad de la invención, el catalizador (4) es hollín depositado en la superficie conductora del segundo electrodo (3).

En la presente invención la primera capa de material de óxido semiconductor poroso (2) es depositada sobre la superficie conductora del primer electrodo (1), y la segunda capa de material de óxido semiconductor poroso (5) es depositada sobre la superficie de la capa del catalizador (4) del segundo electrodo (3).

En la presente invención el óxido semiconductor poroso se selecciona del grupo compuesto de óxidos metálicos porosos nanocristalinos, TiO_2 , ZnO , SnO_2 , Al_2O_3 , o combinaciones de los anteriores.

En la presente invención la primera capa de material de óxido semiconductor poroso (2) proporciona un canal de conducción para el flujo de electrones que se dirigen desde el catalizador (4) hacia la sustancia orgánica (6) y la segunda capa de material de óxido

semiconductor (5) proporcionan un canal de conducción para el flujo de electrones que se dirigen desde la sustancia orgánica (6) hacia el primer electrodo (1).

5 En una modalidad de la invención donde la primera capa de óxido semiconductor poroso (2) y la segunda capa de material de óxido semiconductor poroso (5) son nano partículas de TiO_2 con forma cristalina anatasa, y rutilo de un tamaño entre 75 y 129 nm, estos tamaños permiten el recubrimiento y la absorción de la sustancia orgánica (6) y la solución electrolítica (7).

10 En la presente invención la sustancia orgánica (6) permite la absorción de los fotones incidentes en el primer electrodo (1), por medio de las moléculas que contiene la sustancia orgánica (6), las moléculas pasan a un estado de excitación en donde un electrón es inyectado a la primera capa de óxido semiconductor poroso (2) y a la segunda capa de material de óxido semiconductor poroso (5).

15 En una modalidad de la invención la sustancia orgánica (6) es antocianina que corresponde a los pigmentos que se hallan en las células vegetales y que otorgan generalmente el color rojo, púrpura o azul a las hojas, flores y frutos.

20 En una modalidad de la invención, la sustancia orgánica (6) es un extracto de los frutos de los géneros vegetales Rubus y Morus también conocidos como mora o zarza.

En la presente invención, la solución electrolítica (7) funciona como conductor de electricidad, permitiendo el flujo de electrones que se dirigen desde el segundo electrodo (3) hacia el primer electrodo (1).

25 En la presente invención, la solución electrolítica (7) penetra la primera capa de material de óxido semiconductor poroso (2) y la segunda capa de material de óxido semiconductor poroso (5) y llena el espacio entre la primera capa de material de óxido semiconductor poroso (2) y la segunda capa de material de óxido semiconductor poroso (5).

30 En una modalidad de la invención, la solución electrolítica (7) se compone de solución de yodo y yoduro de potasio (KI), donde por cada 10 ml de yodo se agrega 0.42 gr de yoduro de potasio (KI).

35 En una modalidad de la invención, la solución electrolítica (7) se compone de yodopovidona y yoduro de potasio (KI), donde por cada 10ml de yodo se agrega 0.42 gr de yoduro de potasio (KI).

40 En la presente invención el sello (8) permite la unión entre los bordes del primer electrodo (1) y el segundo electrodo (3), previniendo posibles fugas de la solución electrolítica (7).

En una modalidad de la invención, el sello (8) es una resina epóxica que garantiza la unión del primer electrodo (1) y el segundo electrodo (3), y posee la propiedad de baja permeabilidad de agentes externos “aire- agua” y resistencia a la fotooxidación.

5

En una modalidad de la invención y haciendo referencia a la FIG. 2 la celda solar sensibilizada por colorante, la posición del primer electrodo (1) presenta un corrimiento en relación con segundo electrodo (3) el cual presenta un corrimiento en paralelo del primer electrodo (1) con respecto al segundo electrodo (3).

10

En una modalidad de la invención la distancia de corrimiento es aproximadamente de 15 mm, con el fin de utilizar el extremo saliente del primer electrodo (1) y el extremo saliente del segundo electrodo (3) como puntos de conexión de la carga (10).

15 La presente invención, tiene una primera capa de óxido semiconductor poroso (2) y una segunda capa de material de óxido semiconductor poroso (5) con la finalidad de lograr la conductividad entre el primer electrodo (1) y el segundo electrodo (3).

La sustancia orgánica (6) al ser excitada por una fuente de radiación (9), crea un flujo de electrones libres, que fluyen desde la sustancia orgánica (6) pasando por la solución electrolítica (7) hacia la primera capa de óxido semiconductor poroso (2). Luego el flujo de electrones se dirige hacia el primer electrodo (1) que los transporta hacia una carga (10) conectada a la celda solar sensibilizada por colorante, y se completa el circuito con el flujo de electrones desde la carga (10) hacia el segundo electrodo (3) y la segunda capa de óxido semiconductor poroso (5).

25

La sustancia orgánica (6) que impregna la primera capa de óxido semiconductor poroso (2) y la sustancia orgánica (6) que impregna la segunda capa de óxido semiconductor poroso (5) al ser excitadas por una fuente de radiación (9), crean un flujo de electrones libres, que fluyen hacia la primera capa de óxido semiconductor poroso (2), así: A) Un grupo de electrones fluye desde de la capa de sustancia orgánica (6) que se encuentra contigua a la primera capa de óxido semiconductor poroso (2) hacia la primera capa de óxido semiconductor poroso (2); B) Otro grupo de electrones desde la capa de sustancia orgánica (6) que se encuentra contigua a la segunda capa de óxido semiconductor poroso (5), pasando por la solución electrolítica (7) hacia la primera capa de óxido semiconductor poroso (2). Luego todo el grupo de electrones libres se dirige hacia el primer electrodo (1) que los transporta hacia una carga (10) conectada a la celda solar sensibilizada por colorante, y se completa el circuito con el flujo de electrones desde la carga (10) hacia el segundo electrodo (3) y la segunda capa de óxido semiconductor poroso (5). Lo anterior permite que las dos capas de material de óxido semiconductor poroso (2) y (5), proporcionen dos canales de conducción es decir, dos medios de conducción por los cuales fluyen los electrones una vez son excitados.

40

Haciendo referencia a la FIG 3, el sello (8) se dispone en los bordes del primer electrodo (1), la sustancia orgánica (6) y el segundo electrodo (3).

5 Ejemplo de realización:

Para ejemplificar los resultados obtenidos en la invención, se realiza una celda solar sensibilizada por colorante con las siguientes especificaciones

- 10 - un primer electrodo (1) que consiste en un sustrato de vidrio eléctricamente conductivo mediante una capa ITO, de 76 mm de largo por 26 mm de ancho y 1,1 mm de espesor, posee una resistencia laminar de entre $90 \pm 15 \Omega$, y cuenta con una capacidad de transmitancia superior al 88%.
- 15 - una primera capa de óxido semiconductor poroso (2) compuesta de dióxido de titanio TiO_2 con forma cristalina anatasa, y de un tamaño aproximado entre 75 y 129 nm, depositado sobre la superficie conductora del primer electrodo (1) exceptuando un espacio de 15 mm en uno de sus extremos, la primera capa de óxido semiconductor poroso (2) se aplica utilizando la técnica del Doctor Blading con una inclinación del primer electrodo (1) aproximada de 20° .
- 20 - un segundo electrodo (3) que consiste en un sustrato de vidrio eléctricamente conductivo mediante una capa de ITO, de 76 mm de largo por 26 mm de ancho y 1,1 mm de espesor, posee una resistencia laminar de entre $90 \pm 15 \Omega$, y cuenta con una capacidad de transmitancia superior al 88%.
- 25 - Un segundo electrodo (3) recubierto sobre la superficie conductora por un catalizador (4).
- 30 - una segunda capa de material de óxido semiconductor poroso (5) compuesta de dióxido de titanio TiO_2 con forma cristalina anatasa, de un tamaño aproximada entre 75 y 129 nm, depositado sobre la superficie del segundo electrodo (3) recubierta de un catalizador (4).
- 35 - una sustancia orgánica (6) compuesta de un colorante conformado por antocianina extraída de la Mora o Zarza, la sustancia orgánica (6) se obtiene de la mora licuada previamente en licuadora industrial y filtrada por medio de papel filtro.
- 40 - la sustancia orgánica (6) se aplica sobre la primera capa de óxido semiconductor poroso (2) del primer electrodo (1).

- la sustancia orgánica (6) se aplica sobre la segunda capa de material de óxido semiconductor poroso (5) del segundo electrodo (3) recubierto de un catalizador (4).
- Se dispone de un sello (8) que consiste en una resina epóxica, el sello (8) es aplicado en dos de sus extremos opuestos de tal forma que se garantice la unión entre la primera capa de óxido semiconductor poroso (2) dispuesta sobre el primer electrodo (1) impregnada con la sustancia orgánica (6) y la segunda capa de material de óxido semiconductor poroso (5) dispuesta sobre el segundo electrodo (3) recubierto de un catalizador (4) impregnada con la sustancia orgánica (6), con una separación menor a un milímetro, y un corrimiento en paralelo del primer electrodo (1) con respecto al segundo electrodo (3), de aproximadamente 15 mm; de tal forma que dos de sus extremos opuestos queden sin sellar, con el fin de permitir por uno de ellos el ingreso de la solución electrolítica (7).
- una solución electrolítica (7) compuesta de solución de yodo (Iodopovidona) y yoduro de potasio (KI).

Haciendo referencia a La FIG. 4, el comportamiento de la tensión medida en circuito abierto de la celda elaborada, como respuesta a la incidencia de una radiación pulsante en el tiempo generada por un reflector halógeno de 150W. Se puede observar que la tensión alcanza un valor máximo de 4.5 mV mientras la fuente de radiación se encuentra encendida y alcanza su valor mínimo de 2.4 mV mientras la fuente de radiación se encuentra apagada. El tiempo durante el cual la fuente de radiación se encuentra encendida es 300 segundos y el tiempo en que se encuentra apagada es de 300 segundos; la gráfica de irradiancia generada por la fuente de radiación representa una función de tren de pulsos periódica, con un valor pico de 700 W/m^2 .

De acuerdo con este resultado se evidencia un efecto fotoeléctrico de la celda al aumentar y disminuir su voltaje en circuito abierto cuando se aumenta y disminuye respectivamente la irradiancia generada por la fuente.

Haciendo referencia a la FIG. 5 la gráfica de la curva voltiamperica en estado encendido de la celda solar sensibilizada por colorante (curva IV ON) y la gráfica de la curva voltiamperica en estado apagado de la celda solar sensibilizada por colorante (curva IV OFF); la curva IV ON representa el comportamiento característico de la celda mientras la fuente de radiación se encuentra encendida, emitiendo una irradiancia de 700 W/m^2 , iniciando en un valor de corriente de corto circuito de 1,4 uA, y decreciendo hasta un valor de voltaje de circuito abierto de 15 mV, cuyo punto máximo de potencia (P Max ON) es 4.09 nW, Correspondiente un valor de voltaje de 8mV multiplicado por un valor de corriente de 0.51 uA, la curva IV OFF representa el comportamiento característico de la celda mientras la fuente de radiación se encuentra apagada, iniciando en un valor de

corriente de corto circuito de 0.42 μA , y decreciendo hasta un valor de voltaje de circuito abierto de 3 mV, cuyo punto máximo de potencia (P Max OFF) es 0.34 nW correspondiente un valor de voltaje de 1.61 mV multiplicado por un valor de corriente de 0.21 μA .

5

Lo cual permite ver el efecto fotoeléctrico de la celda, indicando que existe conducción.

Se debe entender que la presente invención no se halla limitada a las modalidades descritas e ilustradas, pues como será evidente para una persona versada en el arte, existen variaciones y modificaciones posibles que no se apartan del espíritu de la invención, el cual solo se encuentra definido por las siguientes reivindicaciones.

10

REIVINDICACIONES

1 Una celda solar sensibilizada por colorante que comprende:

- un primer electrodo (1);
- 5 - una primera capa de material de óxido semiconductor poroso (2) depositado en una de las superficies del primer electrodo (1);
- un segundo electrodo (3) recubierto de un catalizador (4);
- una segunda capa de material de óxido semiconductor poroso (5) depositado en una de las superficies del segundo electrodo (3) recubierto de una capa de catalizador (4);
- 10 - una sustancia orgánica (6) que recubre y es absorbida por la primera capa de material de óxido semiconductor poroso (2) y la segunda capa de material de óxido semiconductor poroso (5);
- una solución electrolítica (7) que penetra la primera capa de material de óxido semiconductor poroso (2) y la segunda capa de material de óxido semiconductor poroso (5) y llena el espacio entre la primera capa de material de óxido semiconductor poroso (2) y la segunda capa de material de óxido semiconductor poroso (5);
- 15 - un sello (8) que une el borde del primer electrodo (1) con el borde del segundo electrodo (3) conteniendo la primera capa de material de óxido semiconductor poroso (2), la segunda capa de material de óxido semiconductor poroso (5), una sustancia orgánica (6), y la solución electrolítica (7).
- 20

2. La celda solar de la reivindicación 1, donde primer electrodo (1) es un vidrio eléctricamente conductivo mediante una capa de óxido conductivo transparente ITO.

25

3. La celda solar de la reivindicación 1, donde el catalizador (4) que recubre el segundo electrodo (3) se selecciona del grupo compuesto por platino, grafito, carbón, carbón activado, carbón negro, nanotubos de carbono, grafeno, hollín combinaciones de los anteriores.

30

4. La celda solar de la reivindicación 1, donde el catalizador (4) que recubre el segundo electrodo (3) es hollín.

5. La celda solar de la reivindicación 1, donde los materiales de la primera capa de óxido semiconductor poroso (2) y la segunda capa de óxido semiconductor poroso (5) se selecciona del grupo compuesto de óxidos metálicos mesoporosos nanocristalinos, TiO_2 , ZnO , SnO_2 , Al_2O_3 y combinaciones de los anteriores.

35

6. La celda solar de la reivindicación 1, donde los materiales de la primera capa de material de óxido semiconductor poroso (2) y la segunda capa de material de óxido semiconductor

40

poroso (5) son nano partículas de TiO_2 con forma cristalina anatasa, de un tamaño entre 75 y 129 nm.

5 7. La celda solar de la reivindicación 1, donde la capa de una sustancia orgánica (6) es antocianina.

8. La celda solar de la reivindicación 1, donde la capa de una sustancia orgánica (6) es un extracto de *Rubus ulmifolius*.

10 9. La celda solar de la reivindicación 1, donde la solución electrolítica (7) se compone de solución de yodo y yoduro de potasio (KI), donde por cada 10 ml de yodo (Iodopovidona), se agrega 0.42 gr de yoduro de potasio (KI).

10. La celda solar de la reivindicación 1, donde el sello (8) es masilla epóxica.

RESUMEN

La presente invención corresponde a una celda solar sensibilizada por colorante que
5 comprende: un primer electrodo (1); una primera capa de material de óxido semiconductor
poroso (2) depositado en una de las superficies del primer electrodo (1); un segundo
electrodo (3) recubierto de un catalizador (4); una segunda capa de material de óxido
semiconductor poroso (5) depositado en una de las superficies del segundo electrodo (3)
recubierto de un catalizador (4); una sustancia orgánica (6) que recubre y es absorbida por
10 la primera capa de material de óxido semiconductor poroso (2) y la segunda capa de
material de óxido semiconductor poroso (5); una solución electrolítica (7) que penetra la
primera capa de material de óxido semiconductor poroso (2) y la segunda capa de material
de óxido semiconductor poroso (5) y llena el espacio entre la primera capa de material de
óxido semiconductor poroso (2) y la segunda capa de material de óxido semiconductor
15 poroso (5); un sello (8) que une el borde del primer electrodo (1) con el borde del segundo
electrodo (3) conteniendo la primera capa de material de óxido semiconductor poroso (2),
la segunda capa de material de óxido semiconductor poroso (5), la sustancia orgánica (6), y
la solución electrolítica (7).

20

FIGURAS

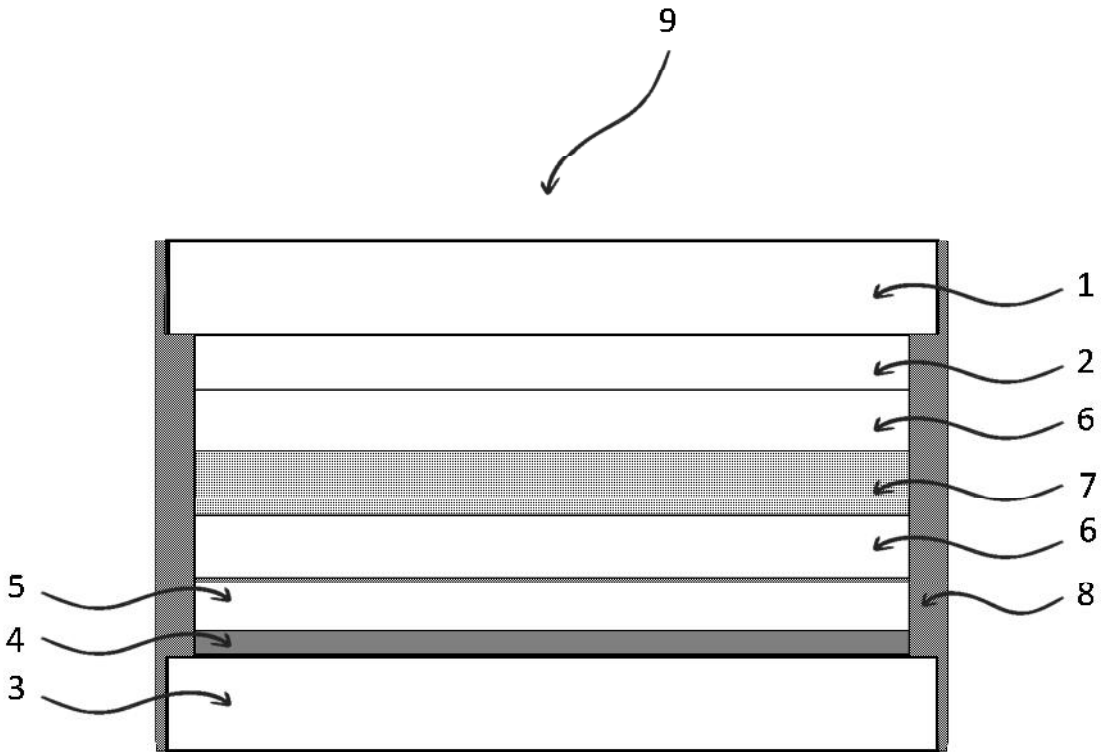


FIG.1

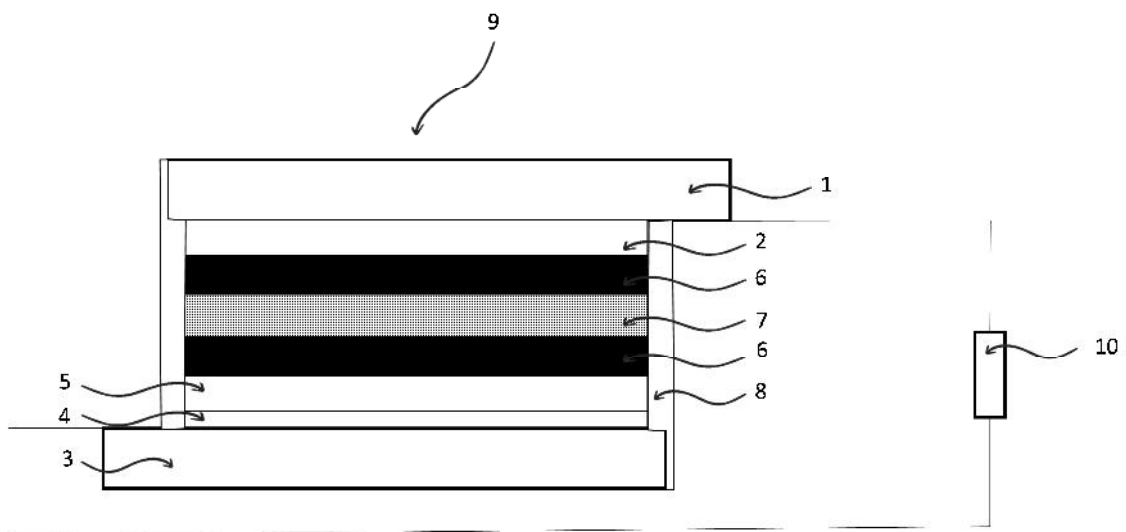


FIG.2

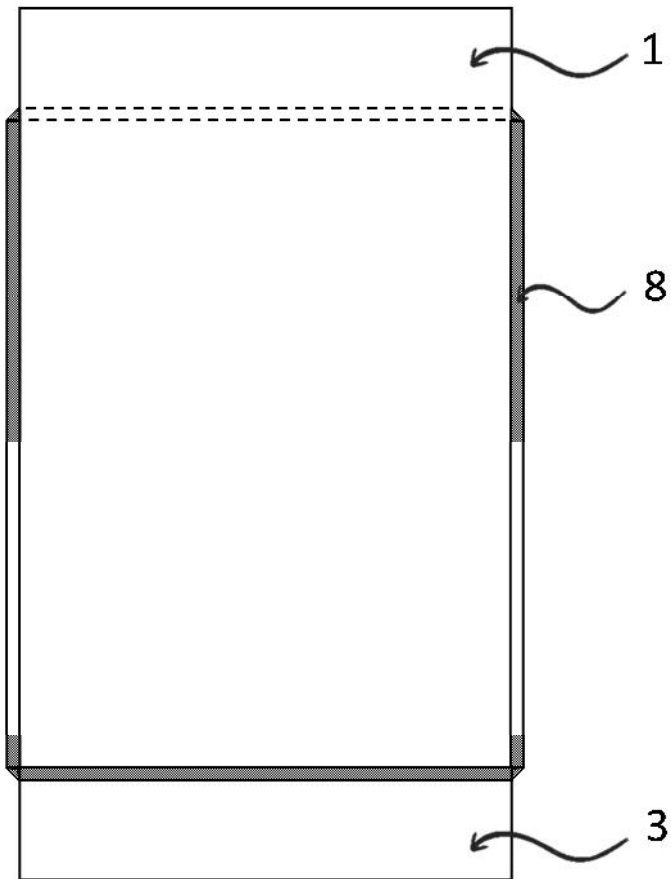


FIG.3

5

10

15

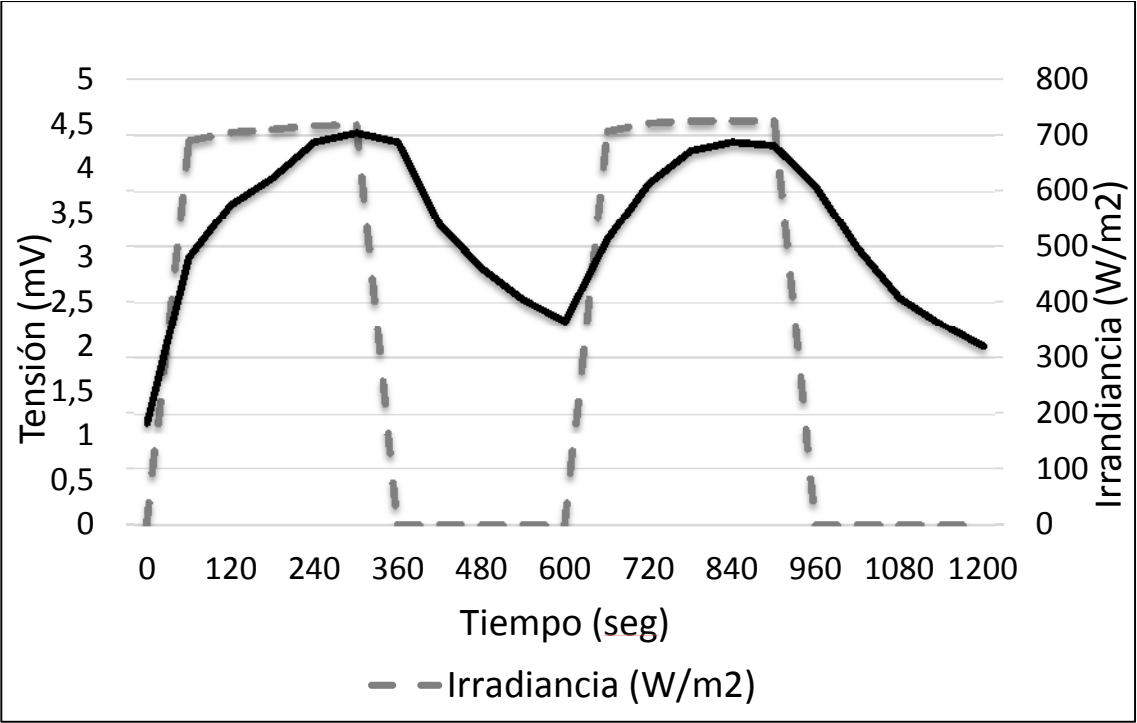


FIG.4

5

10

15

20

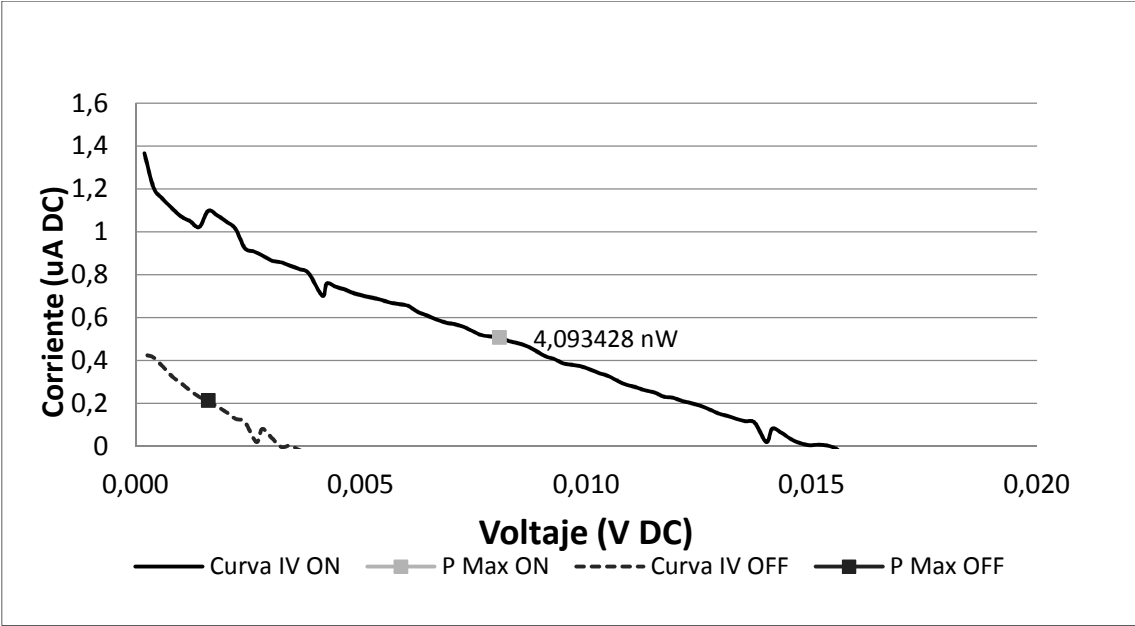


FIG.5