

**Departament de Química
Inorgànica**

Grado en Ingeniería Electrónica Industrial

Efrén Navarro Moratalla, Ana I. Terraes
Huerta, Isabel Roda, Mercedes Sanaú, Michele
Sessolo, Hendrik J. Bolink

Laboratorio de Química II

Curso 2022-2023

Práctica 2:

CONSTRUCCIÓN DE UNA CELDA SOLAR

INTRODUCCIÓN

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), aprobados por la ONU en el 2015, son un conjunto de medidas para alcanzar un desarrollo sostenible a nivel económico, social y medioambiental. Entre los objetivos, concretamente el ODS-7, propone que se debe “Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna” lo que implica dirigir los esfuerzos hacia el acceso a fuentes de energía renovables, que no dañen el medioambiente, al contrario de lo que sucede con el empleo de combustibles fósiles.

El sector energético es actualmente responsable del 75% de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero. La lucha contra el cambio climático requiere una descarbonización radical de la industria energética y la energía solar fotovoltaica es una tecnología central en todos los planes propuestos para una transición energética renovable. La energía solar puede proporcionar electricidad libre de carbono, asequible y omnipresente, y es capaz de superar económicamente a los combustibles fósiles y a otras tecnologías renovables en la mayoría de los lugares del mundo. Los dispositivos fotovoltaicos (FV) que convierten la energía solar en energía eléctrica tienen el mayor potencial para liderar el futuro escenario energético (Fig. 1). Sin embargo, para conseguir un suministro de energía libre de carbono en 2050, la capacidad de generación fotovoltaica instalada en la UE tiene que aumentar a más de 4 Tn en 2025, y a 21,9 Tn en 2050. Estos objetivos exigen un enorme cambio en la forma de generar y consumir energía.

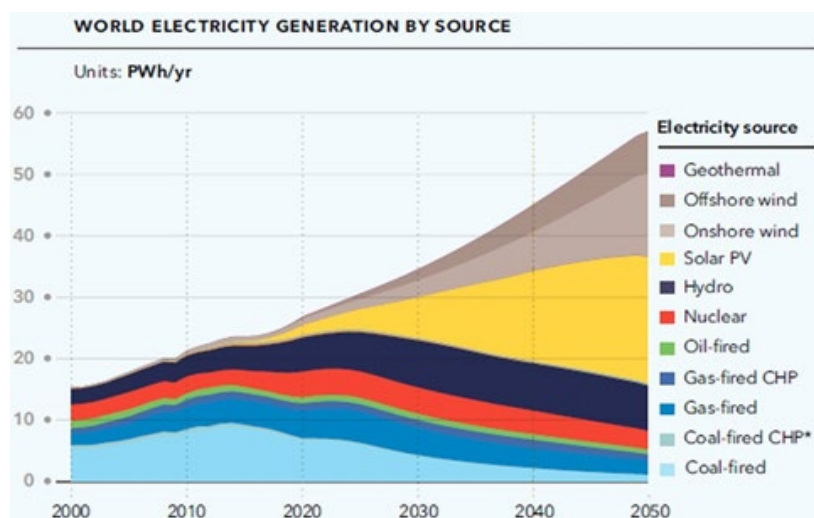


Fig 1 Generación de energía en el mundo divide por origen en Peta-vatios-hora (Peta es 10E15).

Dado que la eficiencia de las instalaciones fotovoltaicas basadas en el silicio C-Si están llegando a su límite práctico y económico, necesitamos tecnologías fotovoltaicas alternativas

que tengan un menor impacto en el paisaje que las fotovoltaicas C-Si.

Las celdas fotovoltaicas de película fina o también llamadas de película delgada (thin-film solar cell, abreviadamente TFSC, en inglés), se construyen mediante un depósito de una o más capas sobre un sustrato de vidrio o plástico. Estas celdas llamadas de segunda generación tienen diferentes ventajas respecto a las de C-Si, ya que pueden producirse a gran escala utilizando menos energía, tienen un menor peso (alta relación entre potencia y peso), pueden ser flexibles y semitransparentes. Esto permite su uso en aplicaciones llamadas de "doble uso terrestre/espacial", como la agrivoltaica, la automoción y la fotovoltaica integrada en edificios.

En esta experiencia vamos a construir una celda o célula solar (tipo Grätzel), también conocidas como células solares sensibilizadas por colorante (Dye Sensitized Solar Cells o DSSC). Estas células fueron inventadas en 1991 por un grupo de investigación de la Escuela Politécnica Federal de Lausana (EPFL) encabezado por Michael Grätzel y Brian O'Regan. Los dispositivos en cuestión son capaces de transformar la energía solar en energía eléctrica, mediante el efecto fotoeléctrico. Aunque no han alcanzado la eficiencia que presentan las celdas basadas en silicio, se han logrado obtener buenos resultados con ellas obteniéndose una eficiencia, η , del 12 %.

La celda solar DSSC, se compone principalmente de cuatro componentes, colocados en una estructura tipo sándwich:

- Fotoánodo o electrodo negativo (óxido semiconductor TiO_2 depositado sobre un vidrio conductor).
- Colorante sensibilizador de luz; (té rojo, frambuesas, etc.)
- Electrolito: compuesto por I^-/I_2 (par redox)
- Contraelectrodo o electrodo positivo: consiste en un vidrio conductor con una película de grafito. (Para conseguirlo se pinta con lápiz la cara del vidrio conductor).

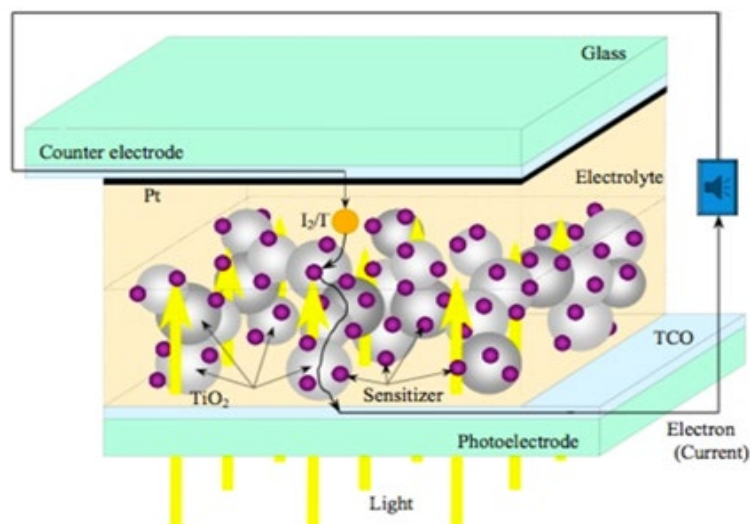


Fig. 2: Esquema del funcionamiento de una célula solar sensibilizada con colorantes. El colorante se representa como las bolas moradas unidas a las bolas blancas más grandes que representan el TiO_2 .

El funcionamiento de la celda consiste en la captura de los fotones de la radiación solar, por parte del colorante (que se encuentra adsorbido en el TiO_2) (Fig. 2).

Este colorante, no es capaz de transportar cargas, por lo que se enlaza a un semiconductor que sí

tiene la capacidad de transportar los electrones. Este semiconductor es el TiO_2 que tiene una superficie polar, de forma que el colorante orgánico se puede unir covalentemente con él.

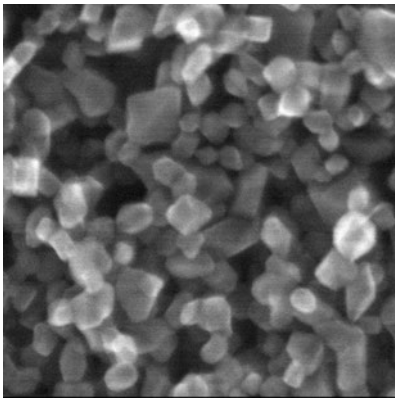


Fig. 3: Imagen SEM de una capa de TiO_2 mesoscópico

Para aumentar el número de moléculas de colorante que se unen al semiconductor, se utilizan nano-partículas de TiO_2 fusionadas (ver imagen en Fig. 3). De este modo, la superficie del TiO_2 aumenta enormemente y, por tanto, también la cantidad de colorante adherido a él.

La energía de los fotones excita un electrón del colorante desde un nivel de energía fundamental a otro nivel de energía más elevado. El electrón excitado del colorante se transfiere rápidamente al TiO_2 dejando el colorante cargado positivamente. Este electrón se transfiere a la banda de conducción del TiO_2 que por difusión pasa al electrodo negativo (foto ánodo) y es transportado por el

circuito externo hasta llegar al electrodo positivo (contraelectrodo). Al mismo tiempo, el electrolito (par redox I_2/I^-) cede un electrón al colorante cargado positivamente (oxidado) dejándolo en su estado neutro. Por lo tanto, el par redox (par redox I_2/I^-) se reduce. Como el par redox está formado por iones disueltos en etilenglicol, también pueden llegar al contraelectrodo, donde se oxida. Por lo tanto, el círculo es completo y el colorante puede absorber otro fotón de nuevo. Este círculo se representa en la Fig. 2 como el movimiento de electrones.

Para determinar la eficiencia de una célula solar, es importante utilizar un espectro solar normalizado con una energía constante. Esto es importante ya que varía, dependiendo del lugar de la tierra, la hora del día y la intensidad del sol. Se acordó utilizar una condición definida como AirMass 1.5 a 100 mW/cm^2 como espectro solar estándar. Por lo tanto, necesitamos lámparas especiales (simuladores solares) para poder determinar correctamente la eficiencia de las células solares.

Una vez que iluminamos la célula con el simulador solar, se puede realizar un barrido de tensión en función de la intensidad (Fig. 4). La energía máxima que genera la célula es cuando el producto de $I \times V$ es mayor en el denominado punto de máxima potencia.

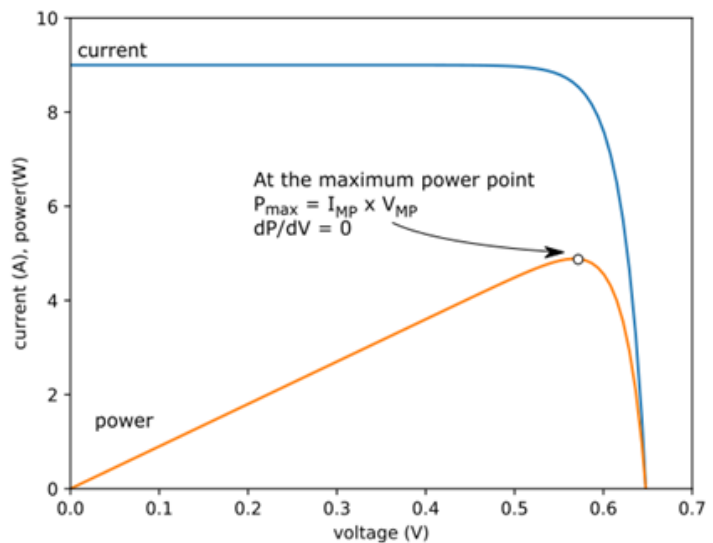


Fig. 4: Corriente en función de la tensión de una célula solar iluminada. La línea naranja representa la potencia de salida

CUESTIONES PREVIAS

1. El rendimiento máximo de una célula solar constituida por un único colorante sensibilizador no es del 100 %. ¿A qué es debido?
2. ¿Por qué se emplea el TiO_2 nanoporoso?
3. ¿Existe una relación entre la brecha energética (bandgap) del colorante sensibilizador y el voltaje que puede generar la célula?

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Material

TiO_2 (anatase < 25 nm)

Ácido acético muy diluido (0,1 mL de ácido acético concentrado en 50 mL de agua)

Electrolito: KI_3 en etilenglicol (0.5 M de KI y 0.05 M de I_2 en etilenglicol anhidro)

Mortero y mano

2 Vidrios conductores

Celo

Polímetro

Cuentagotas vidrio

Etanol 96%

Colorante sensibilizador: (Extractos vegetales de color rojo o azul como: té rojo, moras, frambuesas, granadas y cerezas. Las fresas y las uvas rojas no funcionan.) Es importante que la molécula sensibilizadora tenga una absorción intensa en la región visible del espectro electromagnético.

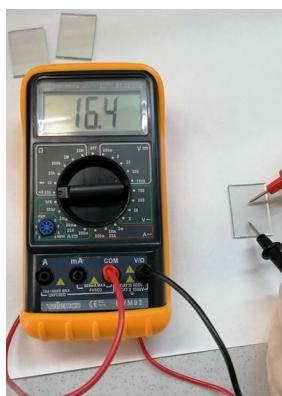
Clips

Fuente de luz

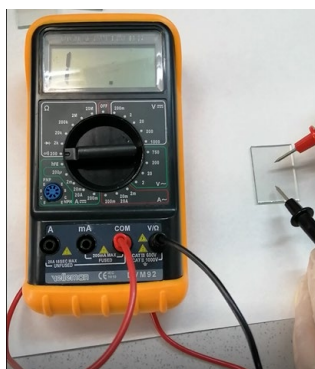
Lápiz

1. Preparación de las placas conductoras. Una de las caras del vidrio está recubierta con una película de óxido de estaño dopado, lo que permite el paso de la corriente a través de la misma. Para identificar qué lado del vidrio es conductor, se procede a medir la resistencia con el polímetro. El lado conductor tendrá una resistencia de 15-30 ohmios y el no conductor mostrará un valor de 1. Realizarlo con los dos vidrios, y dejar el lado conductor hacia arriba.

La imagen muestra la lectura de la resistencia en cada lado.



Lado conductor



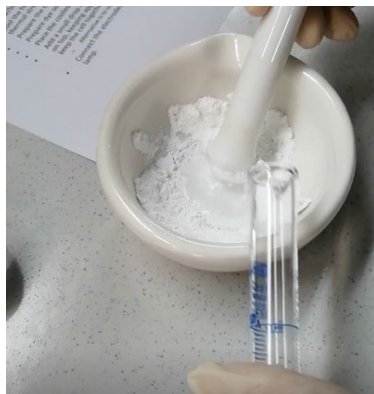
Lado no conductor

2. Con el lado conductor hacia arriba, fijar el vidrio con cinta adhesiva, a la mesa o a un papel de filtro. Fijarlo por los dos lados laterales de mayor longitud. Limpiar las huellas dactilares o la grasa con un papel humedecido con etanol. Realizar esta operación también con el otro vidrio).

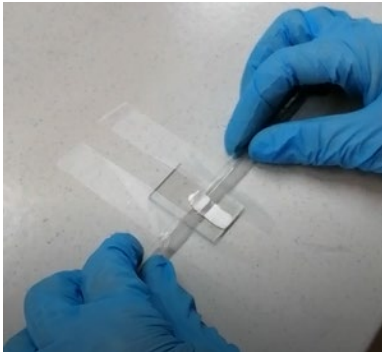
La cinta adhesiva servirá como espaciador para controlar el grosor de la capa de dióxido de titanio (40-50 micrómetros) por lo que la cinta no debe estar arrugada.



3. Preparar la pasta de TiO_2 , mezclando en un mortero 5 g de TiO_2 con 8 mL de (ácido acético diluido (0,1 mL de ácido acético concentrado en 50 mL de agua), de la siguiente forma añadir el ácido acético poco a poco mientras se molutra la mezcla de manera suave y homogénea. (Este proceso se realiza el profesor para todos los grupos).



4. Agregar una pequeña cantidad de pasta de dióxido de titanio a uno de los vidrios y extenderla antes de que se seque la pasta. Se puede utilizar una varilla de vidrio.

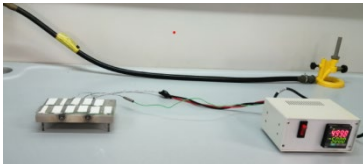


5. Dejar secar unos minutos y retirar con mucho cuidado la cinta adhesiva, sin rayar el revestimiento de TiO_2 . Dejar la cinta adhesiva en el bote de residuos.

6. Sinterización del el TiO_2 .

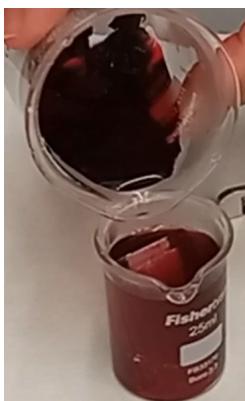
Calentar (en la vitrina), el vidrio con TiO_2 en una placa calefactora a 500°C durante 10-20 minutos. Es posible que la superficie se vuelva marrón por la combustión de la materia orgánica, pero a medida que avanza el calentamiento, la superficie se volverá blanca.

Apagar la placa calefactora y dejar que el vidrio se enfríe **lentamente encima de la placa.**



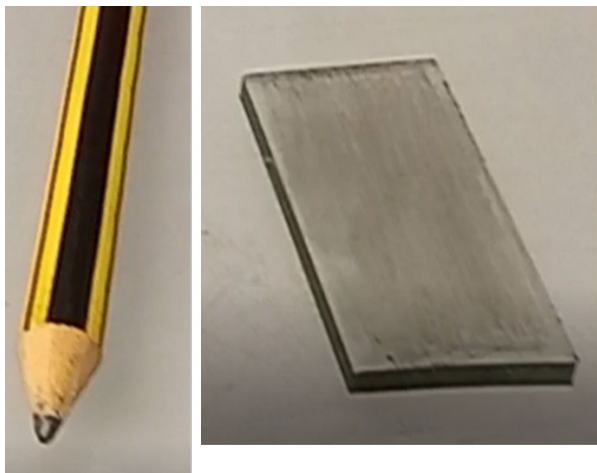
7. Preparación del colorante.

Se pueden usar diferentes tipos de colorante, uno de ellos es el té rojo hibiscus. Para prepararlo se hierve el agua y se introduce el té rojo. Después de enfriar se decanta el extracto en un vaso, de un tamaño adecuado para introducir los cristales. A continuación, se sumerge el vidrio anteriormente preparado. **Tenga cuidado de no dejar caer las placas de vidrio recubiertas de TiO_2 , ya que la capa de TiO_2 se despega fácilmente del vidrio.**

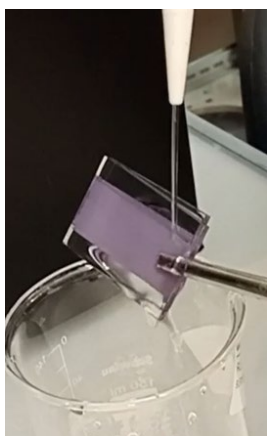


El TiO_2 blanco, cambiará de color a medida conforme el tinte se absorba. Dejarlo sumergido 20 min. El colorante se fija mediante un enlace covalente a la superficie del TiO_2 debido a la formación de esteres. (Mientras este proceso tiene lugar, preparar la segunda pieza como se indica a continuación)

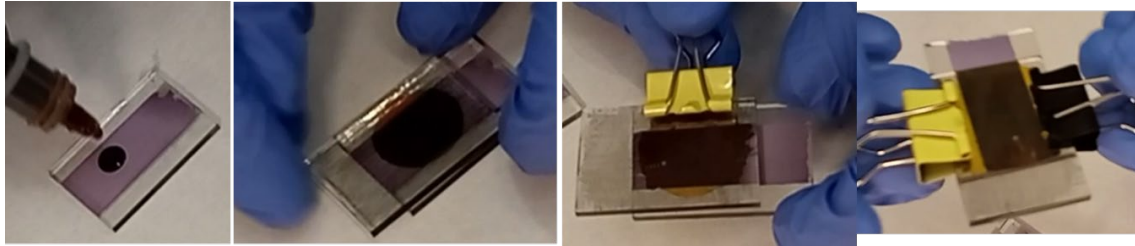
8. La segunda pieza de vidrio que habíamos preparado en el paso 1 y 2, se pinta el lado conductor con un lápiz.



9. Después de unos 20 minutos, retiramos las placas de la solución de colorante. Se puede observar cómo han adquirido un color púrpura debido al colorante adsorbido. Lavamos suavemente estos sustratos con un poco de etanol. Como el colorante está enlazado covalentemente, no se elimina con este tratamiento. Dejar evaporar el etanol antes de montar la celda.

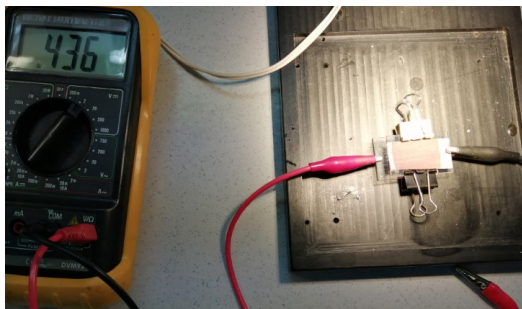


10. Agregue una gota de la disolución de electrolito (solución de triyoduro KI_3 en etilenglicol) en una de las placas de vidrio. A continuación, ensamblar las dos placas de vidrio encarando los dos lados que están recubiertos, pero un poco desplazados. No frotar ni deslizar las placas. Observar las fotos que se muestran a continuación.

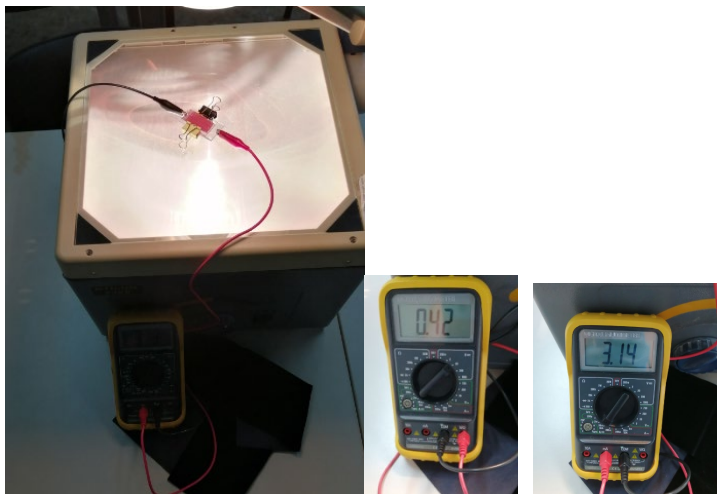


Sujetar las placas con clips de carpeta.

11. Conectar un multímetro con dos pinzas de cocodrilo cada uno de ellos a un vidrio (el electrodo negativo es el vidrio recubierto de TiO_2 y el electrodo positivo es el vidrio recubierto de carbono).



Medir la corriente y el voltaje producidos por la iluminación (solar o de un retroproyector).



Ejemplo de medidas de voltaje e intensidad, cuando se ilumina con el retroproyector

CUESTIONES ADICIONALES

1- ¿Ha funcionado la celda solar? Anotar las medidas de intensidad y el voltaje (con unidades) producidos por su celda solar en sus conclusiones. ¿Cuánta energía se produce? (energía / tiempo = voltios x amperios = vatios)

Comparar si es el caso con los diferentes colorantes utilizados.

- 2- Reunir todas las celdas que se hicieron en clase. ¿Cómo se conectarían las placas para producir un voltaje máximo? Y ¿Cómo se conectarían las placas para conseguir una corriente máxima?
- 3- ¿Cuál es la función de cada parte de la celda solar que construiste? Para responder a esta pregunta describir el camino de un electrón a través del circuito completo.
- 4- ¿Qué reacciones tendrán lugar en el electrolito? (Tanto al aceptar el electrón, como al cederlo).

Pràctica 2

CONSTRUCCIÓ D'UNA CEL·LA SOLAR

INTRODUCCIÓ

Els objectius de desenvolupament sostenible (ODS), aprovats per l'ONU en 2015, són un conjunt de mesures per aconseguir un desenvolupament sostenible des del punt de vista econòmic, social i mediambiental. D'aquests objectius, el 7 proposa: “Garantir l'accés a una energia assequible, segura, sostenible i moderna”, la qual cosa implica dirigir els esforços a l'accés a fonts d'energia renovables que no danyen el medi ambient, al contrari del que passa amb l'ús de combustibles fòssils.

El sector energètic és actualment responsable del 75% de les emissions mundials de gasos d'efecte hivernacle. La lluita contra el canvi climàtic requereix una descarbonització radical de la indústria energètica i l'energia solar fotovoltaica és una tecnologia central en tots els plans proposats per a una transició energètica renovable. L'energia solar pot proporcionar electricitat lliure de carboni, assequible i omnipresent i és capaç de superar econòmicament els combustibles fòssils i altres tecnologies renovables en la majoria dels llocs del món. Els dispositius fotovoltaics (FV) que converteixen l'energia solar en energia elèctrica tenen el major potencial per a ser els més importants en el futur (fig. 1). No obstant això, per aconseguir un subministrament d'energia lliure de carboni en 2050 la capacitat de producció fotovoltaica de la UE ha d'augmentar a més de quatre Tn en 2025 i a 21,9 Tn en 2050. Aquests objectius exigeixen un enorme canvi en la forma de produir i consumir energia.

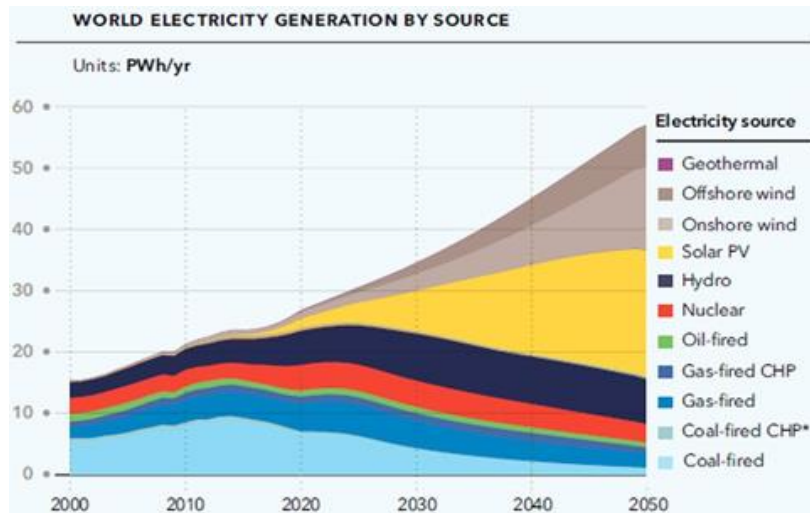


Fig 1. Producció d'energia al món per origen en petawatts-hora, (peta és 10E15).

Atès que l'eficàcia de les instal·lacions fotovoltaïques basades en el silici C-Si estan arribant al seu límit pràctic i econòmic, necessitem tecnologies fotovoltaïques alternatives que tinguin un menor impacte en el paisatge que les fotovoltaïques C-Si.

Les cel·les fotovoltaïques de pel·lícula fina, també anomenades de pel·lícula prima (thin-film solar cell; abreujadament, TFSC en anglès, i CFPP en valencià), es construeixen mitjançant un dipòsit d'una o més capes sobre un substrat de vidre o plàstic. Aquestes cel·les, anomenades de segona generació, tenen diferents avantatges respecte a les de C-Si, ja que es poden produir a gran escala utilitzant menys energia; tenen un menor pes (gran relació entre potència i pes), i poden ser flexibles i semitransparents. Això permet el seu ús en aplicacions anomenades de doble ús terrestre/espacial, com l'agrivoltaica, l'automoció i la fotovoltaica integrada en edificis

En aquesta pràctica construirem una cel·la o cèl·lula solar (de tipus Grätzel), també conegudes com cèl·lules solars sensibilitzades per colorant (Dye Sensitized Solar Cells o DSSC). Aquestes cèl·lules les inventà en 1991 un grup d'investigació de l'Escola Politècnica Federal de Lausana (EPFL), encapçalat per Michael Grätzel i Brian O'Regan. Els dispositius en qüestió són capaços de transformar l'energia solar en energia elèctrica mitjançant l'efecte fotoelèctric. Encara que no han aconseguit l'eficàcia de les cel·les basades en silici, s'han aconseguit obtenir bons resultats amb elles amb una eficàcia, η , del 12%.

La cel·la solar (DSSC) té quatre components principals col·locats en una estructura de forma de de sàndwix:

- a) Fotoànode o elèctrode negatiu (òxid semiconductor TiO_2 , col·locat sobre un vidre conductor).
- b) Colorant sensibilitzador de llum (té roig, gerds, etc.).
- c) Electròlit compost per I^-/I_2 (parell redox).
- d) Contraelèctrode o elèctrode positiu consistent en un vidre conductor amb una pel·lícula de grafit. Per obtenir-lo es pinta amb llapis la cara del vidre conductor.

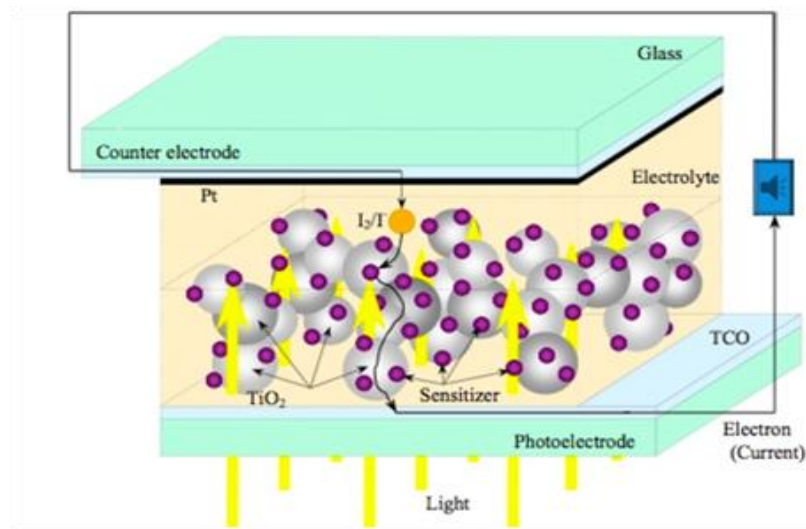


Fig. 2. Esquema del funcionament d'una cèl·lula solar sensibilitzada amb colorants. El colorant el representen les boles morades unides a les boles blanques, més grans, que representen el TiO_2 .

El funcionament de la cel·la consisteix en la captura dels fotons de la radiació solar per part del colorant, que està adsorbit en el TiO_2 . (Fig. 2).

Aquest colorant no és capaç de transportar càrregues, per la qual cosa s'enllaça a un semiconductor que sí té la capacitat de transportar els electrons. Aquest semiconductor és el TiO_2 , que té una superfície polar de forma que el colorant orgànic s'hi pot unir covalentment.

Per a augmentar el nombre de molècules de colorant que s'uneixen al semiconductor s'utilitzen nanopartícules de TiO_2 fusionades (vegeu la imatge en la fig. 3). D'aquesta manera la superfície

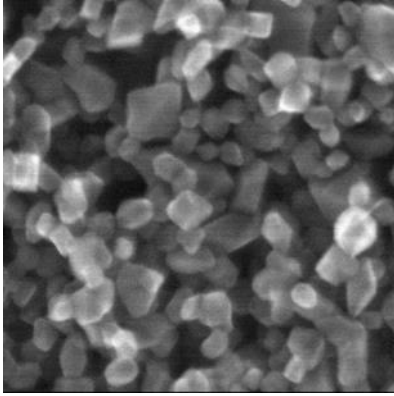


Fig. 3: Imatge SEM d'una capa de TiO₂ mesoscòpic.

del TiO₂ augmenta enormement i per tant també la quantitat de colorant adherit a ell.

L'energia dels fotons excita un electró del colorant d'un nivell d'energia fonamental a un altre més elevat. L'electró excitat del colorant es transfereix ràpidament al TiO₂ i deixa el colorant carregat positivament. Aquest electró es transfereix a la banda de conducció del TiO₂, que passa per difusió a l'elèctrode negatiu (fotoànode) i és transportat pel circuit extern a l'elèctrode positiu (contraelèctrode). Al

mateix temps, l'electròlit (parell redox I₂/I⁻) cedeix un electró al colorant carregat positivament (oxidat) i el deixa en el seu estat neutre. Per tant, el parell redox I₂/I⁻ es redueix. Com aquest està format per ions dissolts en etilenglicol, també poden arribar al contraelèctrode, on s'oxida. Per tant, el cercle està complet i el colorant pot absorbir de nou un altre fotó. Aquest cercle es representa en la fig. 2 com el moviment d'electrons.

Per a determinar l'eficàcia d'una cèl·lula solar és convenient utilitzar un espectre solar normalitzat amb una energia constant, perquè l'energia varia segons el lloc, l'hora i la intensitat del sol. Es va acordar utilitzar una condició definida com AirMass 1,5, a 100 mW/cm², com a espectre solar estàndard. Per tant, necessitem llums especials (simuladors solars) per a determinar correctament l'eficàcia de les cèl·lules solars.

Una vegada que s'il·lumina la cèl·lula amb el simulador solar es pot fer un escombratge de tensió en funció de la intensitat (fig. 4). La quantitat màxima d'energia que produeix la cèl·lula s'obté quan el producte d'I-V és major en el denominat punt de màxima potència.

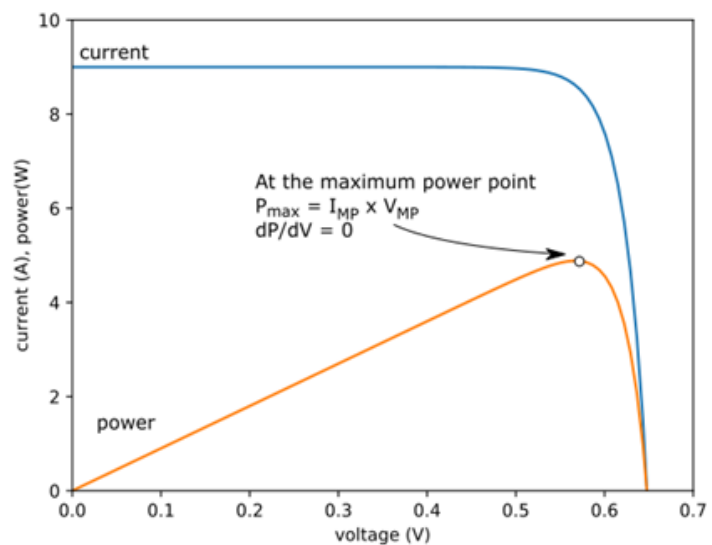


Fig. 4: Corrent en funció de la tensió d'una cèl·lula solar il·luminada. La línia taronja representa la potència d'eixida en funció de la tensió de conducció.

QÜESTIONS PRÈVIES

1. El rendiment màxim d'una cèl·lula solar constituïda per un únic colorant sensibilitzador no és del 100%. A què es deu això?
2. Per què s'utilitza el TiO₂ nanoporós?
3. Hi ha una relació entre la bretxa energètica del colorant sensibilitzador i el voltatge que pot produir la cèl·lula?

PROCEDIMENT EXPERIMENTAL

Material

TiO₂ (anatasa < 25 nm).

Àcid acètic molt diluït (0,1 ml d'àcid acètic concentrat en 50 ml d'aigua).

Electròlit: KI₃ en etilenglicol (0,5 M de KI i 0,05 M d'I₂ en etilenglicol anhidre).

Morter i mà.

Dos vidres conductors.

Cinta adhesiva.

Polímetre.

Comptagotes vidre.

Etanol 96%.

Colorant sensibilitzador: extractes vegetals de color roig o blau com té roig, mores, gerds, magranes i cireres; les maduixes i el raïm roig no serveixen. És important que la molècula sensibilitzadora tinga una absorció intensa en la regió visible de l'espectre electromagnètic.

Clips.

Font de llum.

Llapis.

1. Preparació de les plaques conductores. Una de les cares del vidre està recoberta amb una

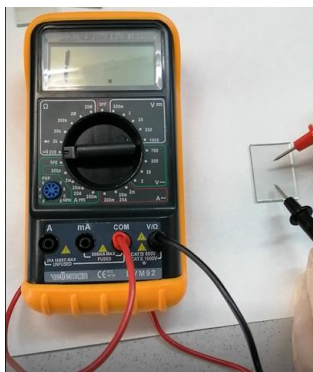
pel·lícula d'òxid d'estany dopat, la qual cosa permet el pas del corrent a través d'aquesta.

Per identificar quin costat del vidre és conductor es mesura la resistència amb el polímetre. El costat conductor tindrà una resistència de 15-30 ohms i el no conductor donarà un valor d'1. Es fa amb els dos vidres i es deixa el costat conductor cap a dalt.

La imatge mostra la lectura de la resistència en cada costat.



Costat conductor



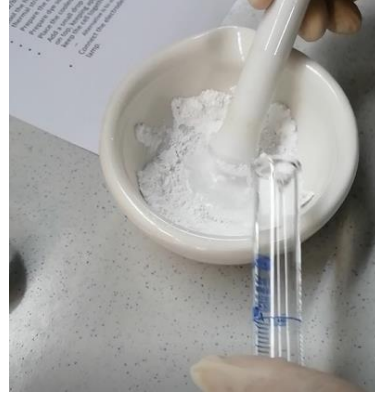
Costat no conductor

2. Amb el costat conductor cap amunt es fixa el vidre amb cinta adhesiva a la taula o a un paper de filtre. Es fixa pels dos costats laterals de major longitud i es netegen les empremtes dactilars o el greix amb un paper humitejat amb etanol. Es fa l'operació també amb l'altre vidre.

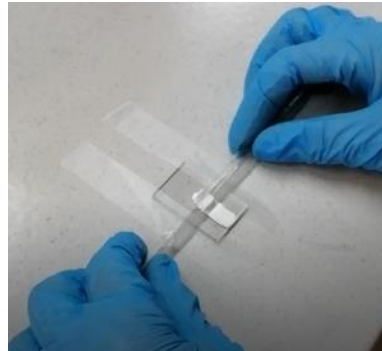
La cinta adhesiva servirà d'espaiador per a controlar el gruix de la capa de diòxid de titani (40-50 micròmetres), per la qual cosa la cinta no ha d'estar arrugada.



3. Es prepara la pasta de TiO_2 mesclant en un morter 5 g de TiO_2 amb 8 ml d'àcid acètic diluït (0,1 ml d'àcid acètic concentrat en 50 ml d'aigua) de la forma següent: s'afegeix l'àcid acètic a poc a poc mentre es mol la mescla de forma suau i homogènia. Aquesta operació la fa el professor per a tots els grups.



4. S'agrega una petita quantitat de pasta de diòxid de titani a un dels vidres i s'estén abans que s'asseque. Es pot utilitzar una vareta de vidre.



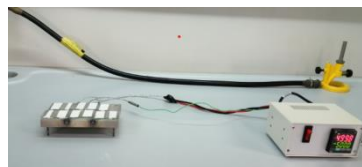
1. Es deixa assecar uns minuts i es retira amb molta cura la cinta adhesiva sense ratllar el revestiment de TiO_2 . Es deixa la cinta adhesiva en el pot de residus.

2. Sinterització del TiO_2 .

S'escalfa en la vitrina el vidre amb TiO_2 en una placa calefactors a $500\text{ }^\circ\text{C}$ durant 10-20 minuts.

És possible que la superfície es torne marró per la combustió de la matèria orgànica, però a mesura que avança l'escalfament la superfície es tornarà blanca.

S'apaga la placa calefactors i es deixa que el vidre es refrede **lentament damunt de la placa.**



3. Preparació del colorant.

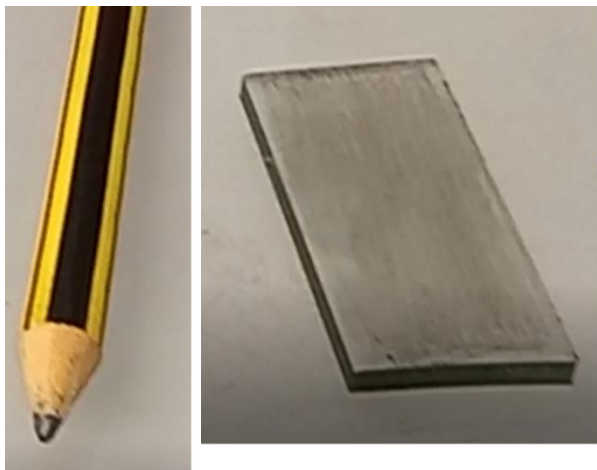
Es poden usar diferents tipus de colorant, un és el té roig hibiscus. Per preparar-lo es bull l'aigua

amb el té roig. Després de refredar-lo es decanta l'extracte en un vas d'una grandària adequada per a abocar-hi els cristalls. A continuació se submergeix el vidre preparat anteriorment. **Cal anar amb compte de no deixar caure les plaques de vidre recobertes de TiO_2 , ja que la capa de TiO_2 es desenganxa fàcilment del vidre.**

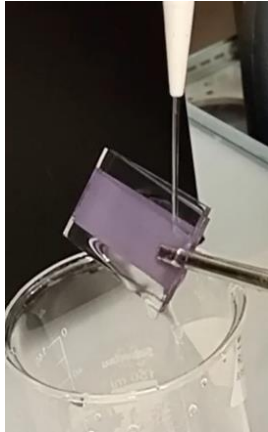


El TiO_2 blanc canviarà de color a mesura que el tint s'absorbsca. Es deixa submergit vint minuts. El colorant es fixa mitjançant un enllaç covalent a la superfície del TiO_2 a causa de la formació d'èsters. Mentre té lloc aquest procés es prepara la segona peça com s'indica a continuació.

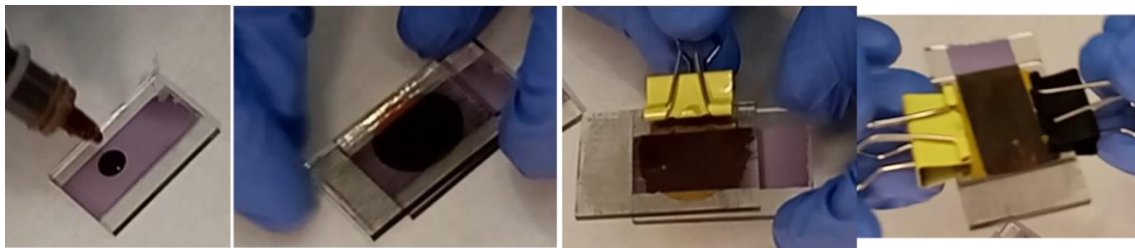
8. Es pinta amb un llapis el costat conductor de la segona peça de vidre que s'havia preparat en els passos 1 i 2.



9. Després d'uns vint minuts es retirem les plaques de la solució de colorant. Es pot observar com han adquirit un color porpra a causa del colorant adsorbit. Es renten suaument aquests substrats amb un poc d'etanol. Com el colorant està enllaçat covalentment no s'elimina amb aquest tractament. Es deixa evaporar l'etanol abans de muntar la cel·la.

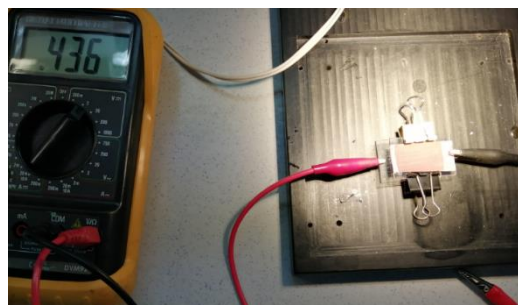


10. S'afegeix una gota de la dissolució d'electròlit (solució de triiodur KI_3 en etilenglicol) en una de les plaques de vidre. A continuació s'acoblen les dues plaques de vidre encarant els dos costats que estan recoberts, però un poc desplaçats. Cal no fregar ni fer lliscar les plaques. Observeu les fotos que es mostren a continuació.

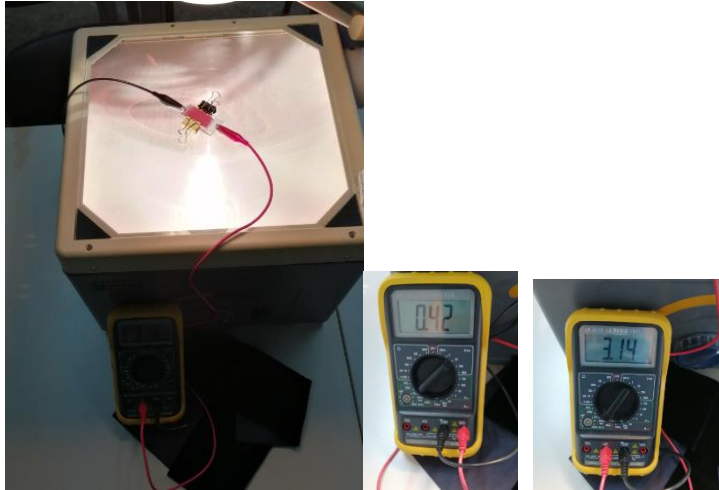


Se subjecten les plaques amb clips de carpeta.

11. Es connecta un multímetre amb dues pinces de cocodril, cadascuna a un vidre (l'elèctrode negatiu és el vidre recobert de TiO_2 i l'elèctrode positiu, el recobert de carboni).



Es mesura el corrent i el voltatge produïts per la il·luminació (solar o d'un retroprojector).



Exemple de mesures de voltatge i intensitat quan s'il·lumina amb el retroprojector.

QÜESTIONS ADDICIONALS

1. Ha funcionat la cel·la solar? Anoteu en les conclusions les mesures d'intensitat i el voltatge (en unitats) produïts per la cel·la solar. Quanta energia es produeix? (Energia / temps = volts x amperes = watts).

Compareu, si escau, amb els diferents colorants utilitzats.

2. Reuniu totes les cel·les que s'han fet en classe. Com es connectarien les plaques per produir un voltatge màxim? I per aconseguir un corrent màxim?

3. Quina és la funció de cada part de la cel·la solar que heu fet? Per respondre aquesta pregunta indiqueu el camí d'un electró a través del circuit complet.

4. Quines reaccions hi haurà en l'electròlit? Tant en acceptar l'electró, com en cedir-lo.