

Actividades en energías renovables en CINVESTAV-Mérida

Gerko Oskam

Departamento de Física Aplicada
CINVESTAV-IPN, Unidad Mérida
Mérida, Yuc. 97310, MEXICO

Collaboration UNAM - CINVESTAV
2 April 2009

CINVESTAV - Unidad Mérida

Física Aplicada

26 investigadores

Recursos del Mar

21 investigadores

Ecología Humana

11 investigadores

Maestría y doctorado
en ciencias

Especialidad en:

- física aplicada
- física teórica
- fisicoquímica

Maestría en ciencias

Especialidad en:

- biología marina
- Doctorado en Ciencias
Marinas

Maestría en ecología
humana

Programa
Interdepartamental de
Doctorado en Ciencias
Ambientales

Temas de Investigación en Energías Renovables

Celdas solares de películas delgadas de CdTe

Juan Luis Peña Chapa
Román Castro Rodríguez
Pascual Bartolo Pérez
Iván Oliva Arias

Bioenergía: bioalgas para generar hidrógeno
biodiesel

→ Rodrigo Patiño Díaz
→ Luis Díaz Ballote

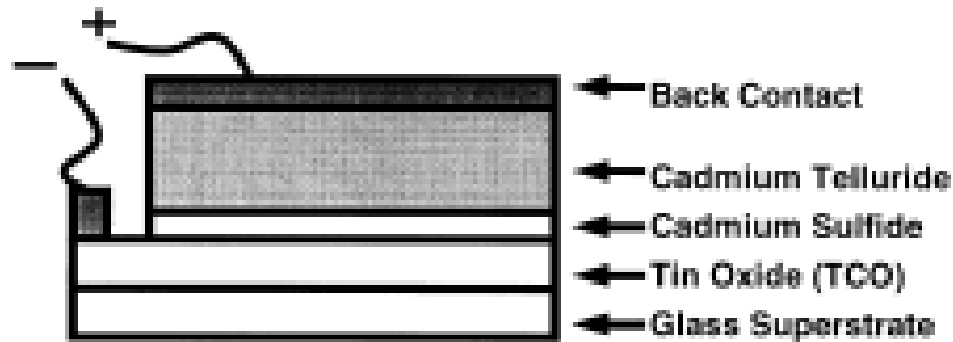
Celdas solares de tercera generación:
celdas solares fotoelectroquímicas tipo Grätzel

→ Gerko Oskam

Obtención y caracterización de celdas solares de CdS/CdTe

- Se trabaja en celdas de CdS/CdTe desde el 2004.
- En el Dpto de Física Aplicada se desarrolla un proyecto CONACYT:
“Obtencion y caracterizacion de celdas solares de CdS/CdTe”
(Dr. Juan Luis Peña)

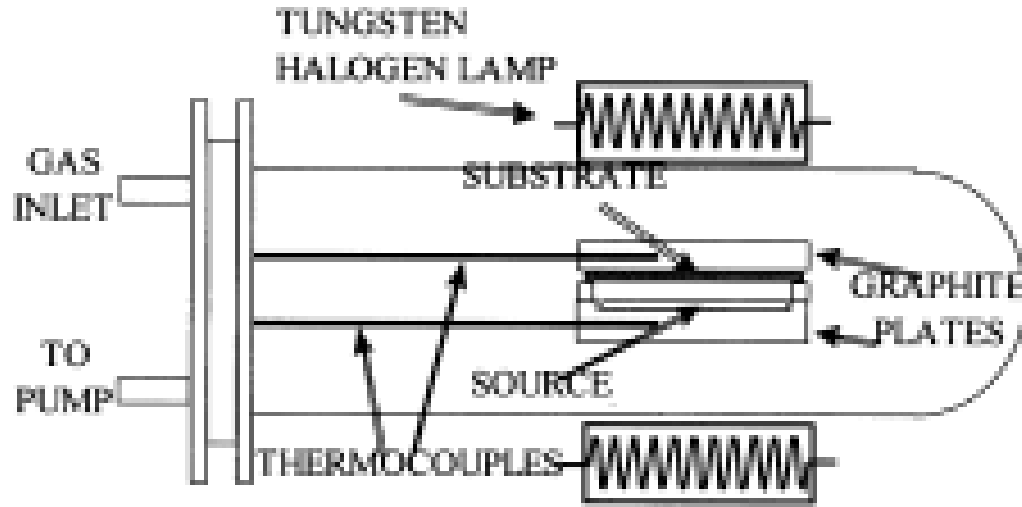
Estructura de la celda de CdS/CdTe



En nuestro caso:

- El TCO es ITO o FTO
- El CdS se deposita por CBD (Chemical Bath Deposition) en espesores típicos de 200 nm.
- El CdTe se hace por CSS (Closed Space Sublimation) con espesores entre 7 y 11 μm .
- El Back contact es de Cu/Au (10nm/200nm).
El Cu se deposita por RF sputtering y el Au por evaporación térmica.

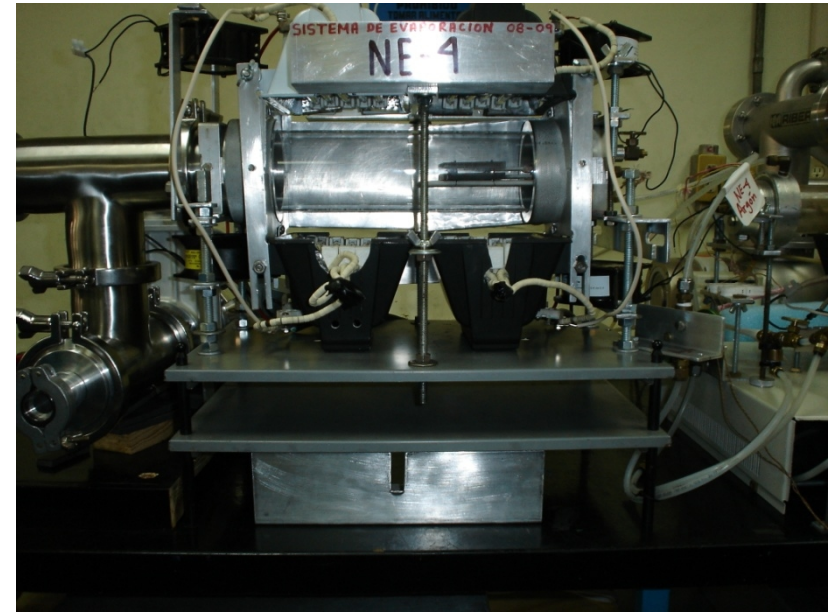
Sistema de CSS: depósito de CdTe



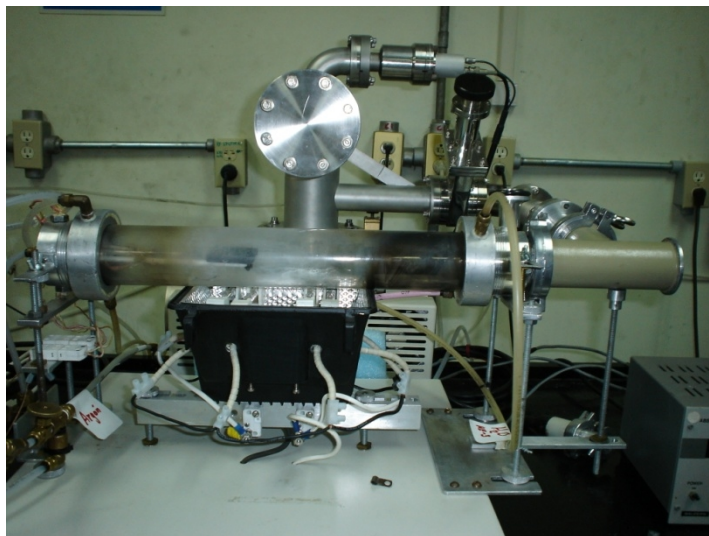
- Las temperaturas de fuente están entre 590 y 610 °C
- Las temperaturas de sustrato entre 480 y 530 °C
- Tiempos de depósito de varios minutos para lograr varias micras de espesor.
- Atmósfera combinada de oxígeno y argón en el rango del mbar.



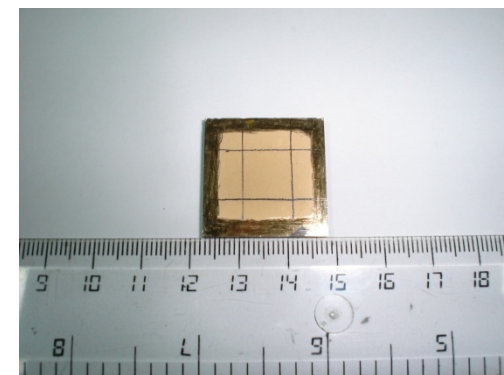
Grafitos



Sistema de CSS

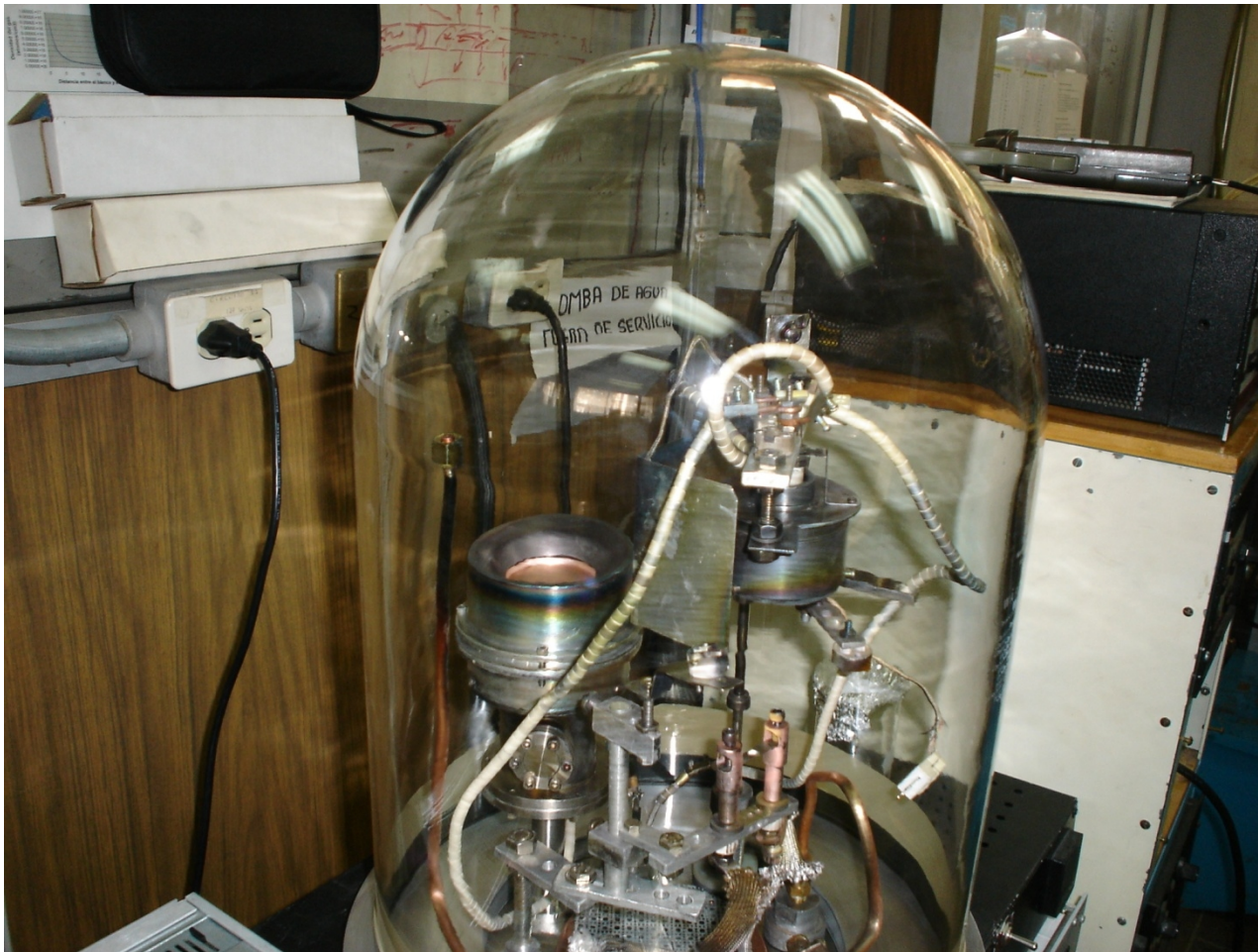


Sistema de activación con Cl



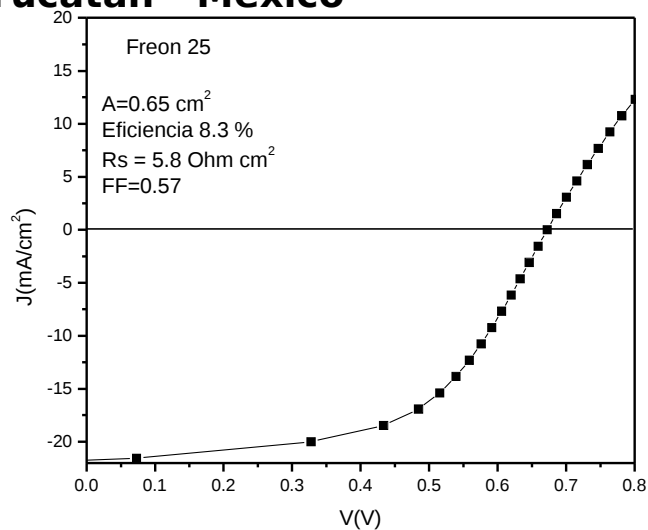
Celda de un centímetro cuadrado

Sistema para “back contact” de Cu/Au

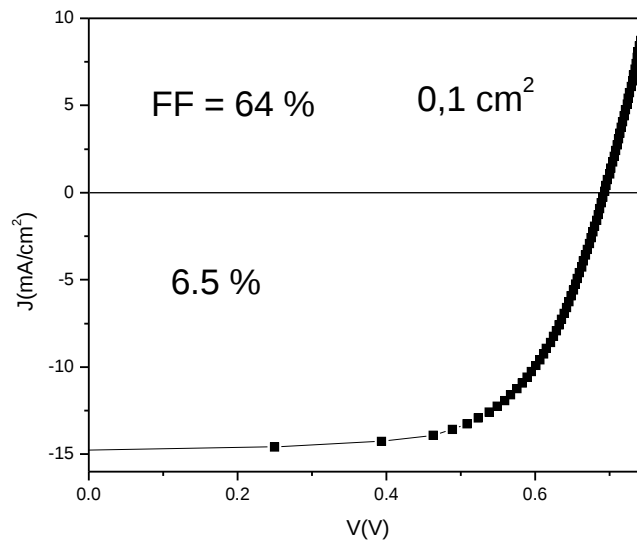




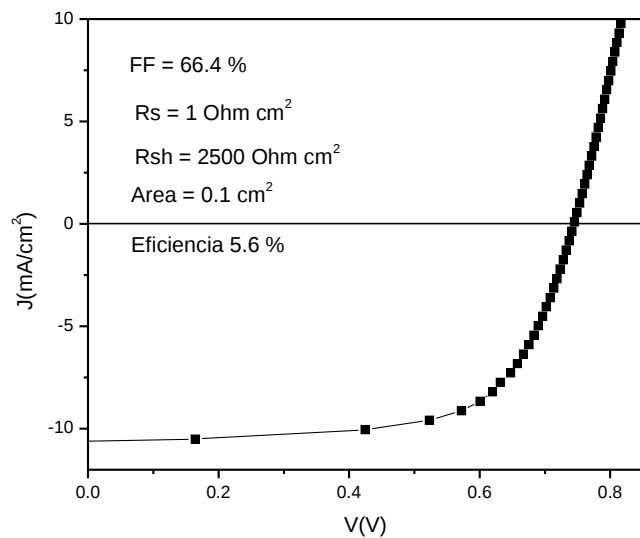
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del I.P.N. - Mérida, Yucatán - México



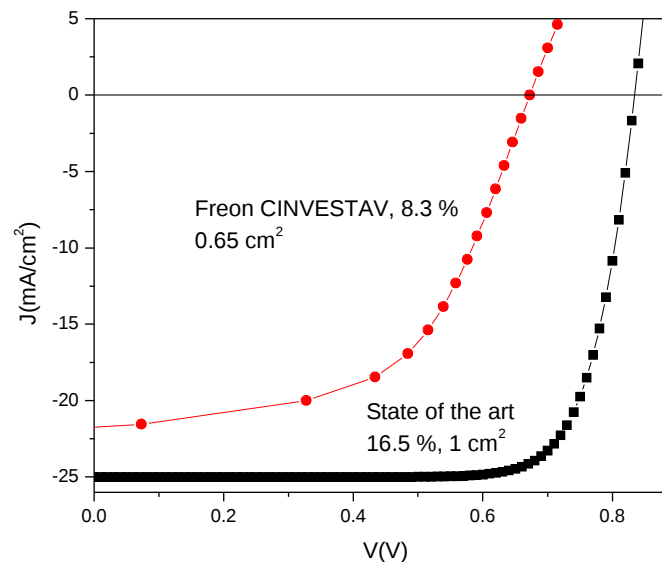
Mejor celda de área grande.



Otra celda de área pequeña



Celda de área pequeña con valores
record de R_s , V_{oc} , R_{sh} y FF



Comparación de la mejor celda
con la de state of the art

Trabajo futuro

Aumentar la eficiencia y estabilidad de las celdas de área grande mediante:

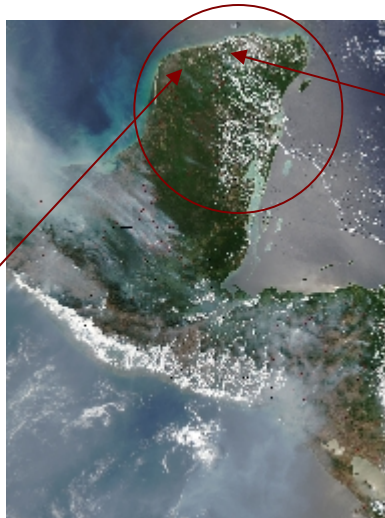
- Utilización de nuestros propios TCO.
- Utilización de películas buffer sobre el TCO.
- Obtención de películas de CdS por sputtering y la aplicación a las mismas de tratamientos térmicos especiales, que mejoren la morfología superficial y pasiven las fronteras de grano, permitiendo un mejor control de la interdifusión CdS-CdTe.

Grupo de Trabajo

- Juan Luis Peña: Celdas solares CdTe
Procesos de depósito de los materiales
Caracterización de materiales
Fabricación y caracterización de celdas solares
- Oscar Ares: Celdas solares CdTe (Profesor visitante)
- Pascual Bartolo: Estudio de superficies e interfases
Espectroscopías electrónicas
(AES, XPS, SIMS, SEM, EDAX)
- Román Castro: Óxidos transparentes conductores
pulsed laser deposition
- Ivan Oliva: Preparacion y caracterizacion de CdS por CBD
STM, AFM
capas delgadas metálicas (evaporación)

Cultivo de microalgas para la generación de biohidrógeno

Rodrigo Patiño Díaz
Daniel Robledo



Telchac

Mérida

- Rural mayan communities
- Social and economical development
- Sensitive ecosystems
- High solar radiation
- Potential wind power

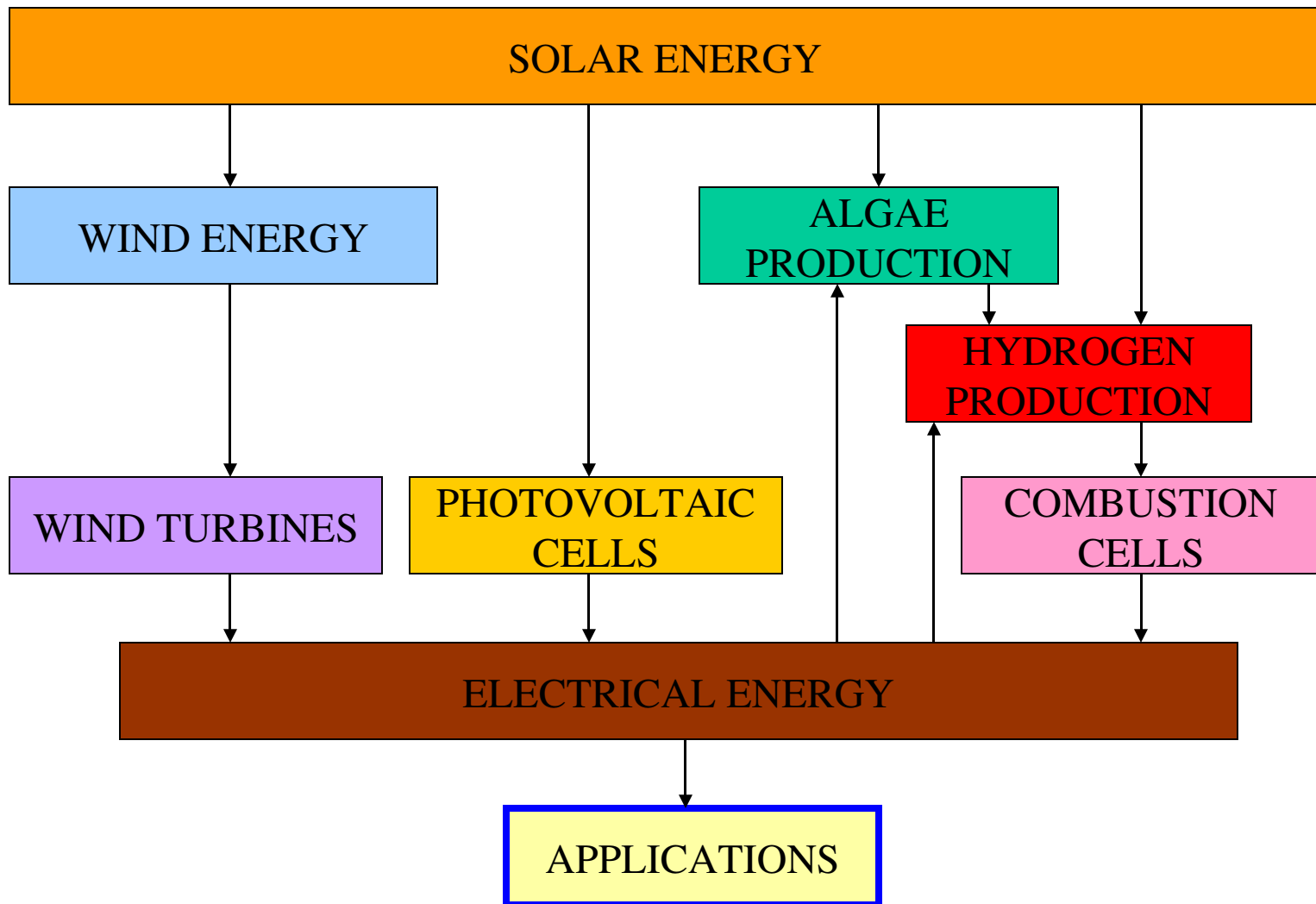
Hypothesis

Is it possible to produce biohydrogen from microalgae as a sustainable alternative for energy in rural communities?

Sustainability means:

- + input energy < output energy
- + low-cost and long-life production
- + environmental friendly
- + easy for technological transfer
- + social developing in the region
- + use of local resources

Proposal



Solar photobioreactors

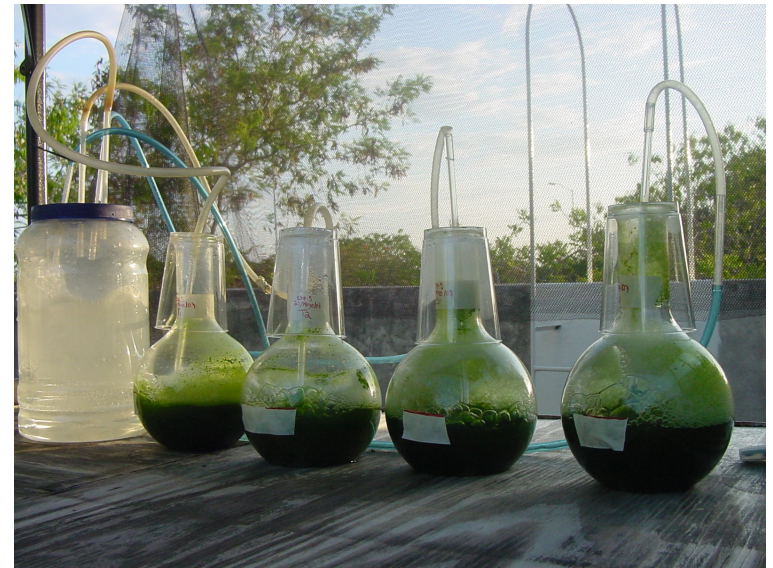
Chlamydomonas reinhardtii, una especie aislada de un estanque en Estados Unidos y ampliamente estudiada a nivel metabólico...

Characteristics:

- Closed
- Transparent
- Easy to construct and use
- Planned to scale-up

Explored options:

- + Flasks
- + Flat panel vertical reactors
- + Tubular vertical reactors



FLAT PANEL PHOTOBIOREACTOR

Material: Plexiglas

Dimensions: 50 cm x 50 cm x 10 cm

Capacity: 20 L

With compressed humid air bubbling for CO₂ supply and homogeneity in composition and temperature



TUBULAR PHOTOBIOREACTORS

Material: Plexiglas

Dimensions: 90 cm x 6.6 cm

90 cm x 9.4 cm

90 cm x 11.6 cm

Capacity: 3, 6, 9 L

With compressed humid air bubbling for CO₂ supply and homogeneity in composition and temperature

Hybrid electric plant

Telchac Port (5 m, LAT: 21° 20' 28" N, LONG: 89° 18' 21" W)



Wind turbine: 1000 W

Photovoltaic panels: 4 x 110 W



Grupo de trabajo

Dr. Rodrigo Patiño
(Departamento de Física Aplicada)

Dr. Daniel Robledo
(Departamento de Recursos del Mar)

Estudiantes (licenciatura):

Pedro Chávez

Luis Pantí

Leidi Canul

Brenda Sosa

Gener Kauil

Erik Santamaría

Ricardo Escalante

Temas de investigación en proceso:

-Eric Rondero Daniel, **Corrosión de Materiales Ingenieriles en alcoxidos**, Facultad de Ingeniería Química, Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, Yuc., 2009. (En proceso).

-Tarly Vega Lizama, **Transesterificación de Aceite de *Thevetia Peruviana* Fenotipo Flores Amarillas**, Facultad de Ingeniería Química, Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, Yuc., 2009. (En proceso).

-David Esparza Herrera, **Efecto Corrosivo del Biodiesel Obtenido de diversos aceites vegetales**, Facultad de Ingeniería Química, Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, Yuc., 2009. (En proceso).

-Cindy Mariel López Domínguez, **Refinamiento de Crudo de Aceite de *Thevetia Peruviana***, Facultad de Química, Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, Yuc., 2009. (En proceso).

-Raciél Jesús Estrada Martínez, **Comportamiento Electroquímico de alcohol residual en Biodiesel**, Facultad de Química, Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, Yuc., 2009. (En proceso).

-Osman Leonel Montalvo Cob, **Modificación de un Motor Diesel (6 HP) para la caracterización de Biocombustibles**, Instituto Tecnológico de Mérida, Yuc., 2009. (En proceso).

-William de Jesús Matos Canto, **Diseño e implementación de un freno Prony a un motor diesel para caracterizar el comportamiento energético de biocombustibles**, Instituto Tecnológico de Mérida, Yuc., 2009. (En proceso).

-Luis Fernando Can Chan y Reinaldo Rafael Colli Chan, **Diseño y construcción de una máquina agrícola para romper las nueces y separar cotiledones de *Thevetia Peruviana***, Instituto Tecnológico de Mérida, Yuc., 2009. (En proceso).

Instituciones e investigadores participantes:

Centro de Investigación y de Estudios Avanzados Unidad Mérida - Dr. Luis Felipe de Jesús Díaz Ballote, Dr. Romeo de Coss, Dr. Azamar Barrios, Dr. Rodrigo Patiño, Dr. Juan José Alvarado.

Ingeniería Química del Instituto Tecnológico de Mérida - Dr. Sara Luz Nahuat, Dr. José L. Giorgana Figueroa, Dr. Carlos Reyes Sosa, Dr. Alfonso Rodríguez Gil, Ing. Manuel Jesús de Pau Estrada

Instituto Tecnológico de Conkal - Dr. Carlos Francisco de Jesús Fuentes Cerda

Km 6 antigua carr. a Progreso, Mérida, Yuc., 97310, México

Tel: 999 942 9437

e-mail:

luisdiaz@mda.cinvestav.mx

Visite nuestro blog:

<http://biodieselmaya.blogspot.com/>



Cinvestav

Unidad Mérida

CINVESTAV-IPN

BIODIESEL PARA EL FUTURO



Dr. Luis F. de J. Díaz Ballote

Doctorado en Ciencias Químicas, Facultad de Química, UNAM (Medalla Gabino Barreda).

Maestría en Energía – Cinvestav Mérida.

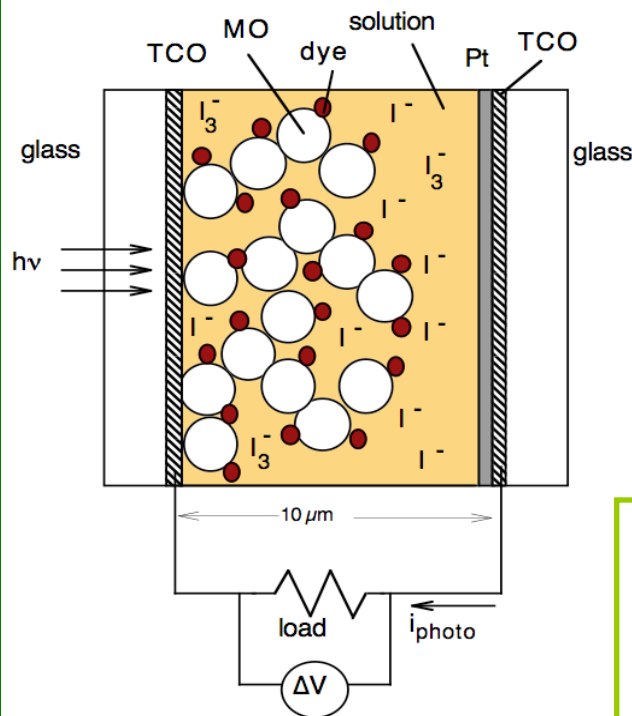
Ingeniero Mecánico – Instituto Tecnológico de Mérida (Ingeniero Distinguido del Año 2004).

**Biodiesel de *Thevetia Peruviana*:
Una alternativa a los problemas
energéticos, y una oportunidad
de trabajo calificado para el
área rural.**

Synthesis and characterization of nanomaterials for application in dye-sensitized solar cells

Gerko Oskam

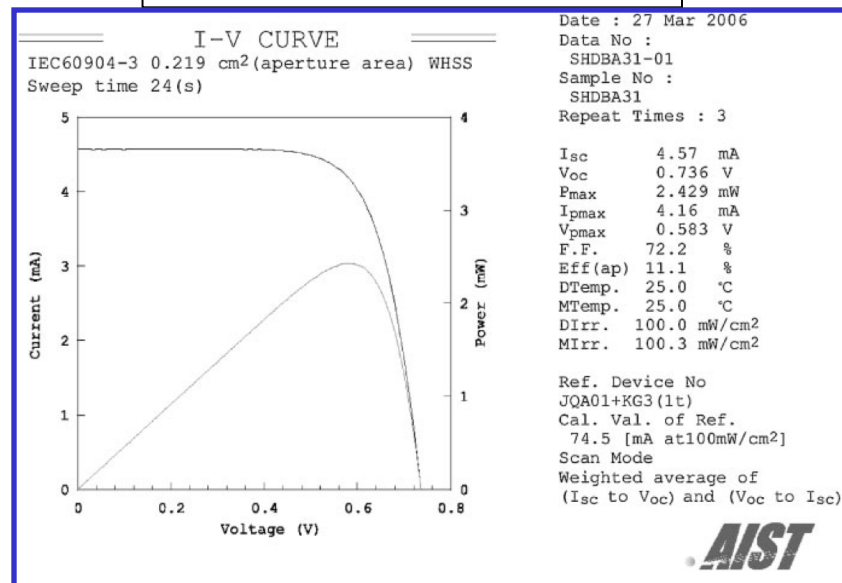
O'Regan & Grätzel, *Nature* **1991**, 353, 737.



$$\begin{aligned}
 J_{sc} &= 20.9 \text{ mA cm}^{-2} \\
 V_{oc} &= 0.736 \text{ V} \\
 FF &= 0.722 \\
 (R_s &= 1.6 \Omega \text{ cm}^2)
 \end{aligned}$$

- photoelectrochemical cell
- porous, high surface area metal oxide film
- light absorption by adsorbed sensitizer molecules
- electron transport in solid and ion transport in solution

Efficiency Record: 11.1%



Chiba, Y.; Islam, A.; Watanabe, Y.; Komiya, R.; Koide, N.; Han, L.Y.,
Dye-Sensitized Solar Cells with Conversion Efficiency of 11.1%
Jap. J. Appl. Phys. Part 2 - Letters & Express Letters **2006**, 45, L638.

G24 Innovations, Ltd



TOYOTA-AISIN-SEIKI



Kariya City; N. 35°10'
facing South; 30° tilt

Outdoor performance of large scale DSC modules

T. Toyoda et al, *J. Photochem. Photobiol. A: Chem.* 164 (2004) 203-207
AISIN, SEIKI, TOYOTA, Japan



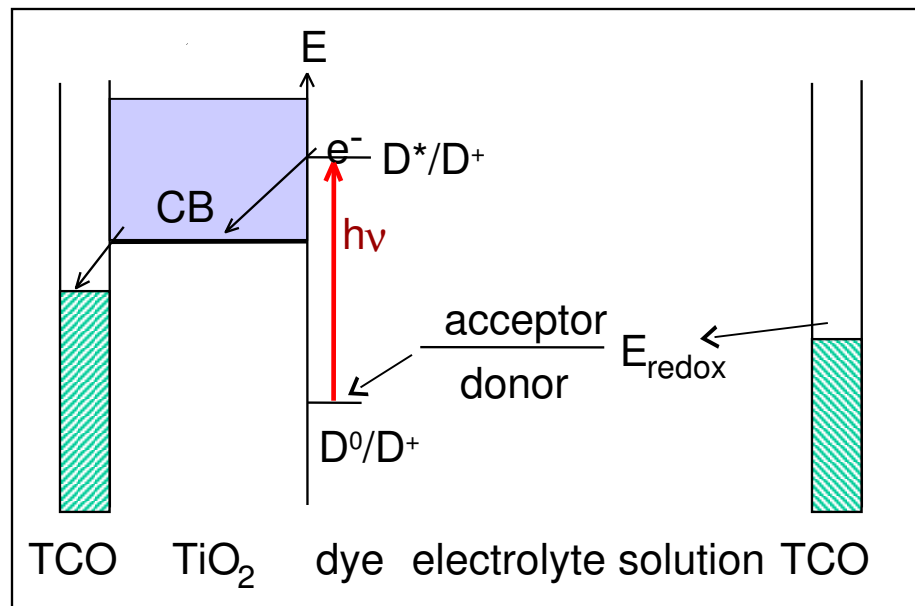
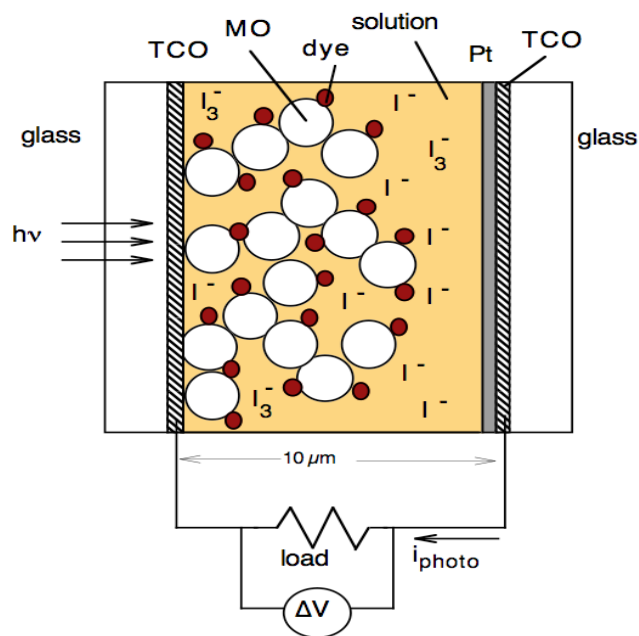
Advantages DSC:

- inexpensive materials
- inexpensive production process
- low energy content; payback in a few months instead of years
 - performance increases with higher temperature
 - better performance under low light intensity conditions
 - efficiency is less sensitive to the angle of incidence
- flexible cells
- bifacial configuration
- transparency for power windows
- colorful cells
- near-infrared sensitizers: non-colored, transparent PV cells are possible
- Performance similar to amorphous silicon

Disadvantages

- sealing
- questions on performance stability
- low efficiency compared to silicon and thin films

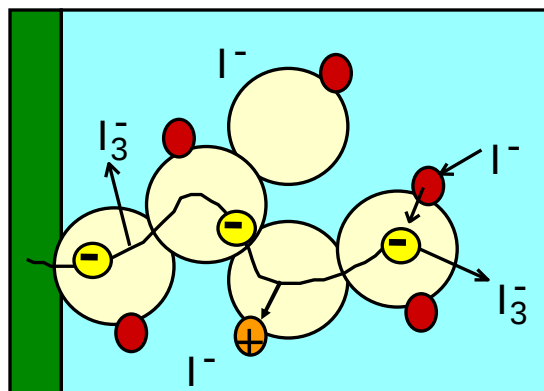
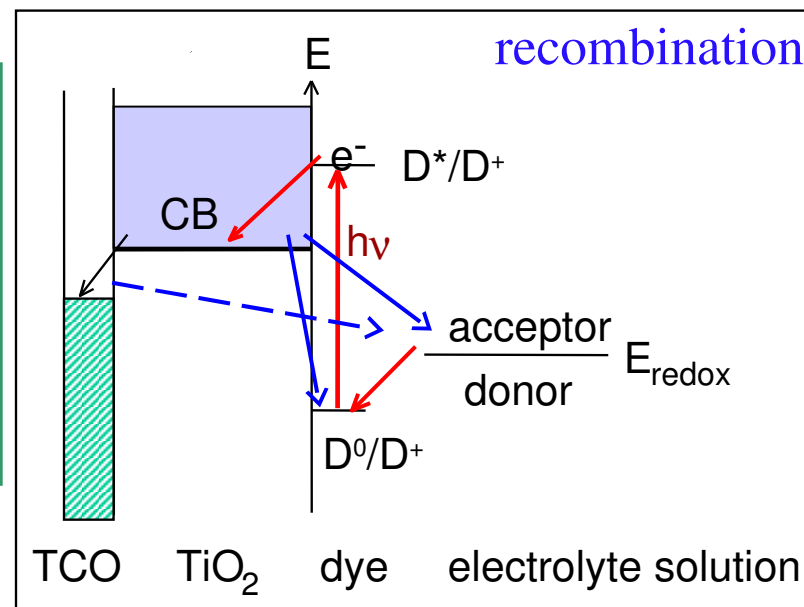
Operational mechanisms



- absorption of light by the dye, D^0 , results in a molecule in the excited state, D^*
- an electron is injected from D^* into the TiO_2 conduction band
- the electron is transported through the nanostructured film to the TCO back contact
- the dye is regenerated by the electron donor in the solution
- the oxidized redox species is, in turn, reduced at the Pt/TCO counter electrode.

Recombination processes

- electron transfer from the TiO_2 to:
 - the oxidized dye
 - the electron acceptor in solution
- electron transfer from the TCO to the electron acceptor in solution



Transport processes

- electron transport in the nanostructured, mesoporous film is complicated, and accompanied by ion transport in the solution
- transport is dominated by (ambipolar) diffusion, due to screening effects in the permeating solution
- transport is described by a multiple trapping mechanism, and is non-linear in electron density

Current projects & activities

Synthesis and characterization of metal oxide nanoparticles: TiO_2 , ZnO , core-shell

- mechanisms of nucleation, growth, and controlled aging

Optimization and application of nanomaterials in the dye-sensitized solar cell

- TiO_2 and ZnO nanoparticles
- electrodeposition and electrophoretic deposition of nanostructures

New organic and natural dyes for application in the dye-sensitized solar cell

- extraction, separation, purification, synthesis, and application
(with Dr. Gonzalo Mena Rejón, UADY - Mérida)
- TD-DFT calculations to determine optoelectronic structure and properties
(with Dr. Andreas Köster, CINVESTAV, Química, México)

Electron transport and recombination mechanisms

- numerical simulations
(with Dr. Juan Anta, Universidad Pablo de Olavide, Sevilla, Spain)
- experimental studies to determine relation to nanomaterial's properties

Hydrogen generation using solar energy

- tandem cells using DSCs and new materials - Fe_2O_3 and WO_3
- algae for bioproduction - Dr. Rodrigo Patiño (CINVESTAV, Mérida)

ZnO 1.8%

Resultados

Método de Depósito:
“doctor blading”

ZnO: 0.5%:
(electrodeposición)

Módulo de tres celdas:

$$I_{sc} = 31 \text{ mA}$$

$$V_{oc} = 2.1 \text{ V}$$

Área por celda: 5 cm^2
Intensidad = 65 mW cm^{-2}
(en luz solar)

1.7%

Grupo de Trabajo

Dr. German Pérez Hernández:	Determinación de la eficiencia de celdas y módulos
M. en C. Alberto Vega Poot:	Síntesis de ZnO por sol-gel
M. en C. Julio Villanueva Cab:	Mecanismos de transporte y recombinación
M. en C. Nikté Gómez Ortiz:	Diseño de celda y módulo, y serigrafía
M. en C. Iván Lizama Tzec:	Electrodeposición de ZnO
Oyuki Chí Prudencio:	Nuevos métodos de síntesis de ZnO
Renán Escalante:	Serigrafía de ZnO.

Conacyt projects 33171-A (2002-2003); 43828-Y (2004-2007); 80002 (2008-2011)

Contact Information

- Juan Luis Peña: Celdas solares CdTe
(jlpena@mda.cinvestav.mx)
- Pascual Bartolo: Espectroscopias electronicas (AES, XPS, SIMS, SEM, EDAX)
(pascual@mda.cinvestav.mx)
- Román Castro: Oxidos transparentes conductores - pulsed laser deposition
(romano@mda.cinvestav.mx)
- Iván Oliva: Preparacion y caracterizacion de CdS por CBD; STM, AFM.
(oliva@mda.cinvestav.mx)
- Oscar Ares: Celdas solares CdTe (Profesor visitante)
(oares2003@gmail.com)
- Rodrigo Patiño: Microalgas; biohidrógeno; calorimetría
(rtarkus@mda.cinvestav.mx)
- Luis Díaz: Biodiesel
(luisdiaz@mda.cinvestav.mx)
- Gerko Oskam: Celdas solares fotoelectroquímicas (tipo Grätzel)
(oskam@mda.cinvestav.mx)