

CURSO DE CELDAS SOLARES (48 horas)

Profesor: Dr. Arturo Morales Acevedo.

OBJETIVO: El objetivo fundamental del curso es que el estudiante comprenda claramente, y que sepa explicar cualitativa y cuantitativamente el fenómeno fotovoltaico en diversas estructuras sobre materiales cristalinos, policristalinos y amorfos. Además, comprenderá el proceso de diseño de celdas solares. Sabrá caracterizar e interpretar las curvas I-V de celdas solares bajo iluminación y en obscuridad, así como la respuesta espectral. También tendrá la capacidad de utilizar computadoras digitales para calcular o interpretar en forma cuantitativa los fenómenos que ocurren, y para determinar parámetros importantes en celdas solares tales como corriente de corto circuito, voltaje de circuito abierto, factor de llenado, corriente de saturación en obscuridad y factor de idealidad.

FORMA DE EVALUACIÓN DEL CURSO: Los participantes del curso harán 2 exámenes parciales, realizarán tareas, y harán presentaciones relacionadas con algunos temas de importancia para su propio trabajo de investigación. El porcentaje de cada uno de estas en la calificación final será: 25% para cada uno de los exámenes, 25% por las tareas correctamente realizadas y 25% por las presentaciones.

CONTENIDO

TEMA 1: INTRODUCCIÓN.

- 1.1 Discusión general sobre los temas a tratar en el curso.
- 1.2 Breve descripción del efecto fotovoltaico y una explicación cualitativa.
- 1.3 La computadora y su uso para el cálculo de parámetros en las celdas solares. Ejemplo: Determinación de la máxima densidad de fotocorriente en una celda solar de Silicio, CdTe, Perovskita, etc.

TEMA 2: LA RADIACIÓN SOLAR.

- 2.1 Origen de la radiación solar.
- 2.2 La constante solar en la superficie terrestre. Concepto de masa de aire.
- 2.3 La radiación directa y la radiación difusa en la superficie terrestre.
- 2.4 Variación de la radiación incidente sobre una superficie inclinada a lo largo de un año.

TEMA 3: ECUACIONES DE TRANSPORTE EN SEMICONDUCTORES FUERA DE EQUILIBRIO.

- 3.1 Ecuaciones de continuidad en semiconductores uniformes.
- 3.2 Recombinación volumétrica y recombinación superficial.
- 3.3 Transporte ambipolar y experimento de Haynes-Shockley.
- 3.4 Solución de la ecuación de transporte ambipolar en algunos casos simples.

TEMA 4: FUNDAMENTOS DE FÍSICA DE CELDAS SOLARES.

- 4.1 Absorción de la radiación luminosa en semiconductores (con banda directa e indirecta) y generación de pares electrón-hueco.
- 4.2 Solución de las ecuaciones de transporte en celdas solares de homo-unión.
- 4.3 Cálculo de eficiencia cuántica y de las densidades de corriente de iluminación y de saturación en oscuridad. Cálculo del voltaje de circuito abierto.
- 4.4 Factor de llenado y eficiencia de conversión de una celda solar ideal.
- 4.5 Efectos de las resistencias internas (serie y paralelo) en el factor de llenado.
- 4.6 Efectos en la eficiencia debidos al incremento de la temperatura.

TEMA 5: DISEÑO DE LAS CELDAS SOLARES CONVENCIONALES.

- 5.1 Diseño de la estructura (resistividades, espesores, campo eléctrico posterior) de las celdas solares convencionales de unión n-p.
- 5.2 Diseño del enrejado de colección de corriente en una celda solar.
- 5.3 Diseño de capas anti-reflejantes en celdas solares.
- 5.4 Diseño de celdas solares para operar bajo concentración de radiación solar.

TEMA 6: CELDAS SOLARES EN MATERIALES POLICRISTALINOS Y AMORFOS.

- 6.1 El efecto de la recombinación en las fronteras de grano en celdas solares.
- 6.2 Celdas solares en materiales policristalinos de película delgada (CdTe, CIGS).
- 6.3 Los materiales amorfos y sus propiedades. Celdas solares PIN de silicio amorfo.
- 6.4 Celdas Solares de silicio tipo HIT (hetero-unión amorfo-cristalino).

TEMA 7. CELDAS SOLARES DE NUEVA GENERACIÓN.

- 7.1 El límite de Shockley-Queisser y celdas solares de 3ª generación.
- 7.2 Portadores “calientes” y generación múltiple de excitones en celdas solares.
- 7.3 Celdas solares de Perovskitas híbridas. Celdas solares orgánicas.
- 7.4 Celdas solares tándem o multi-unión. Diseño básico de celdas solares tándem.
- 7.5 Efectos de la concentración de la radiación solar sobre la eficiencia de celdas solares.

TEMA 8: INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS.

- 8.1 Definición de sistemas fotovoltaicos autónomos y conectados a la red.
- 8.2 Concepto de horas pico de radiación.
- 8.3 Diseño de pequeños sistemas fotovoltaicos autónomos.
- 8.4 Utilización de computadoras para el diseño de sistemas fotovoltaicos.
- 8.5. El impacto de los sistemas fotovoltaicos en la transición energética.

BIBLIOGRAFÍA:

- S. Sundaram, V. Subramaniam, R.P. Rafaelle, M.K. Nazeeruddin, A. Morales-Acevedo, M. Bernechea-Navarro and A.F. Hepp, Eds., *Photovoltaics Beyond Silicon*, ELSEVIER (2024).
- Peter Würfel and Uli Würfel, *The Physics of Solar Cells*, Third Edition, Wiley-VCH (2016).
- A. Morales-Acevedo, ed., *Solar Cells: Research and Application Perspectives*, INTECH (2013), <http://dx.doi.org/10.5772/3418>).
- M. A. Green, *Solar Cells: Operating Principles, Technology and System Applications*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ. (1982).
- H. J. Hovel, *Solar Cells, Vol. 11 of Semiconductors and Semimetals Series*, Academic Press, N.Y. (1975).
- Diversos artículos de revisión actualizados en revistas especializadas.