

FACULTAD DE INGENIERÍA

Sánchez, M., & Álvarez, J. (2017). An Application of Scanning Electron Microscopy to Solar Device Design and Manufacturing. En *Microscopy and imaging science: practical approaches to applied research and education*. Formatex Research Center.

Resumen. Como es bien sabido, el desarrollo de fuentes alternativas de energía ha sido una preocupación global durante las últimas décadas. La energía solar es particularmente limpia y sostenible para la producción de electricidad, y puede ser explotada por medio de dispositivos de celdas solares basados en tecnologías fotovoltaicas. Las celdas solares tradicionales usualmente están hechas de silicón o de semiconductores inorgánicos compuestos, pero hay una creciente cantidad de trabajo dedicado a obtener y desarrollar materiales innovadores con propiedades nuevas o mejoradas (comparadas con las de los semiconductores inorgánicos). Estos nuevos materiales son candidatos válidos para reemplazar a la tecnología de silicón, y están siendo considerados para la siguiente generación de dispositivos solares. Específicamente, las celdas solares hechas de semiconductores orgánicos compuestos son alternativas de bajo costo a los dispositivos existentes, y parecen particularmente apropiadas para las aplicaciones que exigen materiales flexibles y ligeros que pueden adquirir formas arbitrarias, como los requeridos por un número creciente de industrias. Este trabajo reporta la preparación de celdas solares manufacturadas con semiconductores orgánicos derivados del cobalto y ftalocianina barnizada con tetratífulvaleno. Las celdas solares fueron manufacturadas por la sedimentación consecutiva de películas semiconductoras a través de evaporación a baja presión. La morfología de las películas depositadas fue estudiada con un microscopio electrónico de barrido (MEB) dado el buen contraste topográfico y resolución que esta técnica proporciona, así como una profundidad de campo que permite producir imágenes tridimensionales. El uso de MEB en el análisis morfológico y estructural de las celdas solares manufacturadas nos permitió observar, monitorear y analizar el tamaño y composición del semiconductor orgánico y las partículas del barniz, así como la evaporación y uniformidad

de sedimentación de las delgadas películas semiconductoras en distintos tipos de sustratos, tales como el cuarzo, vidrio de Corning, placas de silicón monocristalino, y placas de cristal bañadas en óxido de indio y estaño. Se utilizó espectroscopía infrarroja para completar la caracterización de la película semiconductora. Esto proporcionó información acerca de los grupos funcionales en que los canales de conducción electrónica son generados. Se empleó espectroscopía ultravioleta-visible para obtener la activación óptica de la intervalo de energía de las celdas.

Finalmente se utilizaron medidas eléctricas colineares de cuatro puntos para evaluar la curva I-V y el comportamiento fotovoltaico de las celdas solares. El experimento constó de dos pasos. Primero se midió la corriente por inyección de hueco de óxido de indio y estaño con polarización positiva; después, la corriente por inyección de hueco de Al al revertir la polaridad del voltaje. Todas las muestras fueron templadas a una temperatura de 393K por una hora en condiciones ordinarias de aire. Después de templadas, las celdas fueron analizadas nuevamente por MEB para detectar si el tratamiento termal modificó la morfología de las películas que componen la celda, y así, su comportamiento fotovoltaico.

Abstract. As is well known, the development of alternative sources of energy has been a global concern during the last few decades. Solar energy is a particularly clean and readily available source for the sustainable production of electricity and can be exploited by means of solar-cell devices based on photovoltaic technologies. Traditional solar cells are usually made of silicon or inorganic compound semiconductors, but there is an increasing amount of work devoted to obtaining and developing innovative materials with novel or improved properties (as compared to those of inorganic semiconductors). These new materials are valid candidates to replace silicon technology and are being considered for the next generation of solar devices. Specifically, solar cells made from organic compound semiconductors are low-cost alternatives to existing devices and seem particularly suitable in applications demanding flexible, light-weight materials that can be given arbitrary shapes, such as those required by a growing number of industries. This work reports the

preparation of solar cells manufactured from organic semiconductors derived from cobalt and iron metal phthalocyanine doped with tetrathiafulvalene. The solar cells were manufactured by the consecutive deposition of semiconducting films through lowpressure evaporation. The morphology of the deposited films was studied with scanning electron microscopy (SEM) because of the good topographical contrast and resolution provided by this technique, as well as a depth field that permits three-dimensional imaging. The use of SEM in the morphological and structural analysis of the manufactured solar cells allowed us to observe, monitor and analyze the size and composition of the organic semiconductor and dopant particles, as well as the evaporation and deposition uniformity of the semiconducting thin films on different types of substrates, such as quartz, Corning glass, monocrystalline silicon wafers and ITO-coated glass slides. IR spectroscopy was used in order to complete the semiconducting film characterization. This provided information about those functional groups where electronic conduction channels are generated. UV-vis spectroscopy was employed to obtain the optical activation energy gap of the cells.

Finally, collinear four-point electrical measurements were used to evaluate the I-V relationship and the photovoltaic behavior of the solar cells. The experiment involved two steps. First, the current due to hole injection from positively-biased ITO was measured; second, the current due to hole injection from Al was measured by reversing the polarity of the bias voltage. All the samples were annealed at a temperature of 393K for one hour in ordinary air conditions. After annealing, the cells were analyzed again by SEM in order to detect whether the thermal treatment modified the morphology of the films that make up the cell and thus its photovoltaic behavior.