

## UNA SUPER-RED NANOMÉTRICA DE ACEPTORES/DONORES ORGÁNICOS

*Christian Urban*<sup>1</sup>, *Roberto Otero*<sup>1,2</sup>, *David Écija*<sup>1</sup>, *Gustavo Fernández*<sup>3</sup>, *Yang Wang*<sup>4</sup>, *Leonardo Soriano*<sup>5</sup>, *Manuel Alcamí*<sup>4</sup>, *José María Gallego*<sup>6</sup>, *Luis Sánchez*<sup>3</sup>, *Andrés Arnau*<sup>7</sup>, *Fernando Martín*<sup>4</sup>, *Nicolás Lorente*<sup>8</sup>, *Nazario Martín*<sup>2,3</sup> y *Rodolfo Miranda*<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>*Dep. De Física de la Materia Condensada, Universidad Autónoma de Madrid, Campus de Cantoblanco, Madrid, Spain*

<sup>2</sup>*Instituto Madrileño de Estudios Avanzados en Nanociencia (IMDEA-Nano), Campus de Cantoblanco, Madrid, Spain*

<sup>3</sup>*Dep. De Química Orgánica, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, Spain*

<sup>4</sup>*Dep. De Química, Universidad Autónoma de Madrid, Campus de Cantoblanco, Madrid, Spain*

<sup>5</sup>*Dep. De Física Aplicada, Universidad Autónoma de Madrid, Campus de Cantoblanco, Madrid, Spain*

<sup>6</sup>*Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid, CSIC, Campus de Cantoblanco, Madrid, Spain*

<sup>7</sup>*Donostia International Physics Center, San Sebastián, Spain*

<sup>8</sup>*Instituto de Ciencia de Materiales de Barcelona, CSIC, Barcelona, Spain*

[roberto.otero@uam.es](mailto:roberto.otero@uam.es)

### Resumen

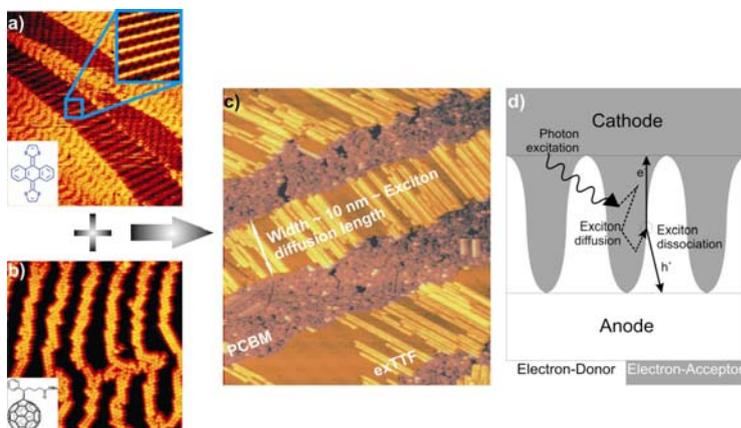
La absorción de fotones por moléculas orgánicas con gaps HOMO-LUMO adecuados da lugar a la creación de pares electrón-hueco, cuya energía puede ser convertida en electricidad si se encauzan los electrones y los huecos a los diferentes electrodos de una celda solar [1]. Facilidad en el procesamiento, flexibilidad mecánica y bajo coste son algunas de las ventajas de estas celdas solares “plásticas” [2], que ya han conseguido eficiencias de conversión de energía mayores del 5%. Eficiencias aún mayores son difíciles de obtener debido, entre otras razones, a que, en lugar de pares libres electrón-hueco, la absorción de fotones da lugar en estos materiales a la formación de excitones fuertemente ligados, que pueden posteriormente difundir por el volumen del material una distancia característica de unos 10 nm antes de recombinarse radiativamente [3]. Hasta el momento, la aproximación más prometedora en el desarrollo de celdas solares puramente orgánicas para promover la disociación de los excitones en pares electrón-hueco libres consiste en usar mezclas de donores y aceptores electrónicos orgánicos [1]. En las intercaras entre las zonas donoras yceptoras, la diferencia de afinidades electrónicas da lugar a la disociación de excitones, inyectando electrones (huecos) en las zonasceptoras (donoras). Siempre y cuando existan caminos continuos entre las intercaras donador/aceptor y los electrodos, los electrones y huecos libres podrán ser dirigidos hacia estos últimos. De estas consideraciones se pueden extraer algunos criterios acerca de cómo debería ser la morfología de mezclas aceptor/donor para que el rendimiento fotovoltaico sea máximo: en primer lugar, los dominios aceptores y donores deben tener tamaños típicos que no excedan la longitud de difusión del excitón, a fin de evitar eventos de recombinación radiativa que desperdiciarían una parte de la energía absorbida; en segundo lugar el área de la intercara entre los dominios aceptores y donores, en la cual la disociación de excitones tiene lugar, debe ser maximizada; finalmente deben existir caminos que conecten dichas intercaras a los electrodos, para favorecer un transporte de carga eficiente. Una morfología que satisfaría estas tres condiciones es la mostrada esquemáticamente en el panel (d) de la figura: dominios donores y aceptores alargados, a fin de maximizar el área de intercara, e interdigitados, con tamaños típicos menores que 10-20 nm, y conectados a los electrodos [4], es decir, una super-red lateral de zonas donoras yceptoras.

En este trabajo describimos experimentos llevados a cabo mediante STM de temperatura variable que demuestran como mezclas con espesor de monocapa de la molécula donora exTTF [5] (ver panel (a) en la Figura adjunta) con el aceptor orgánico PCBM [6] sobre la superficie del Au(111) con la reconstrucción “herringbone”, segrega lateralmente en nano-bandas cuya anchura es del orden de la longitud de difusión del excitón (ver panel (c) en la Figura): esta morfología está por tanto claramente emparentada con la que ha sido descrita como óptima para el funcionamiento de celdas solares orgánicas en el panel d) de la Figura. El origen de esta peculiar morfología nanométrica es la diferencia entre las interacciones de cada una de las especies moleculares y la reconstrucción de Au(111). Estos resultados muestran el potencial que estudios acerca del crecimiento de semiconductores orgánicos tienen para explorar nuevas direcciones en el diseño y construcción de dispositivos electrónicos orgánicos de alta eficiencia [7].

### Referencias:

- [1] G. Yu, J. Gao, J. C. Hummelen, F. Wudl, A. J. Heeger, *Science*, **270** (1995) 1789.  
 [2] C. J. Brabec, N. S. Sariciftci, J. C. Hummelen, *Adv. Funct. Mat.*, **11** (2001) 15  
 [3] J. Nelson, *Curr. Opin. Solid St. M.*, **6** (2002) 87  
 [4] F. Yang, M. Shtein, S. R. Forrest, *Nat. Mater.* **4** (2005) 37  
 [5] N. Martín, L. Sánchez, C. Seoane, E. Orti, P. M. Viruela, R. Viruela, *J. Org. Chem.*, **63** (1998) 1268  
 [6] J. C. Hummelen, B. W. Knight, F. LePeq, F. Wudl, J. Yao, C. L. Wilkins, *J. Org. Chem.* **60** (1995) 532  
 [7] R. Otero, D. Écija, G. Fernández, J. M. Gallego, L. Sánchez, N. Martín, R. Miranda, *Nano Lett.* **7** (2007) 2602

### Figuras:



**Figure caption.** a) exTTF striped islands on Au(111) ( $176 \times 198 \text{ nm}^2$  STM image). b) PCBM selective growth on FCC areas of the  $22 \times 3$  herringbone Au(111) reconstruction ( $59 \times 60 \text{ nm}^2$  STM image recorded at 150 K). c) Lateral segregation into nanoscale “fingers” whose width is about 10 nm, which is comparable to the exciton diffusion length ( $118 \times 132 \text{ nm}^2$ ). d) Schematic representation of a hypothetical morphology for optimal solar cell efficiency.