

## TÍTULO

### **¡10 VECES MÁS QUE UN RAYO!**

## RESUMEN

La combinación de una nueva clase de materiales emergente, los óxidos complejos, junto con la reciente creación de un nuevo tipo de transistores electroquímicos, se han convertido en una poderosa herramienta, capaz de generar campos eléctricos 10 veces mayores a los de un rayo. Este descubrimiento, supone una revolución en los campos de la nanotecnología y la ciencia energética básica permitiendo la posibilidad de cambiar drásticamente el comportamiento de un material aplicando tan sólo un campo eléctrico.

## CUERPO DE LA NOTICIA

Desde tiempos ancestrales, los fenómenos eléctricos han cautivado, maravillado y preocupado a la humanidad. Fenómenos tan sorprendentes como los rayos se encuentran relacionados en todas las culturas con la manifestación del enfado y la ira de alguna divinidad. Zeus, padre de todos los dioses griegos, Júpiter, dios de los romanos, o Thor, dios nórdico, eran quienes lanzaban los rayos desde el cielo tras forjarlos a golpe de martillo sobre sus yunques.

Con el avance del tiempo y el progreso tecnológico, se hizo fundamental el estudio y control de la electricidad y así mismo, los medios y materiales en los que se conduce.

Además de los conocidos metales, que tienen la capacidad de conducir la electricidad, y de los denominados aislantes que no la tienen, existe toda una serie de materiales con distintos comportamientos eléctricos, tales como los semiconductores o los superconductores. Los tan usados semiconductores, poseen una resistencia intermedia entre metales y aislantes y son la base de la tecnología electrónica actual, mientras que los superconductores, son conductores perfectos y permiten el paso de la corriente sin disipación de energía.

Nuestro día a día se encuentra repleto de dispositivos electrónicos basados en semiconductores. Millones de estos transistores semiconductores son producidos cada año para hacer funcionar aparatos que son imprescindibles para nosotros tales como coches, ordenadores, o teléfonos móviles. Sin duda alguna, la revolución tecnológica del último siglo, ha sido gracias a dichos materiales semiconductores, permitiendo el control y el desarrollo de dispositivos tan sofisticados como los sistemas de navegación por satélite o las pantallas táctiles ahora tan demandadas.

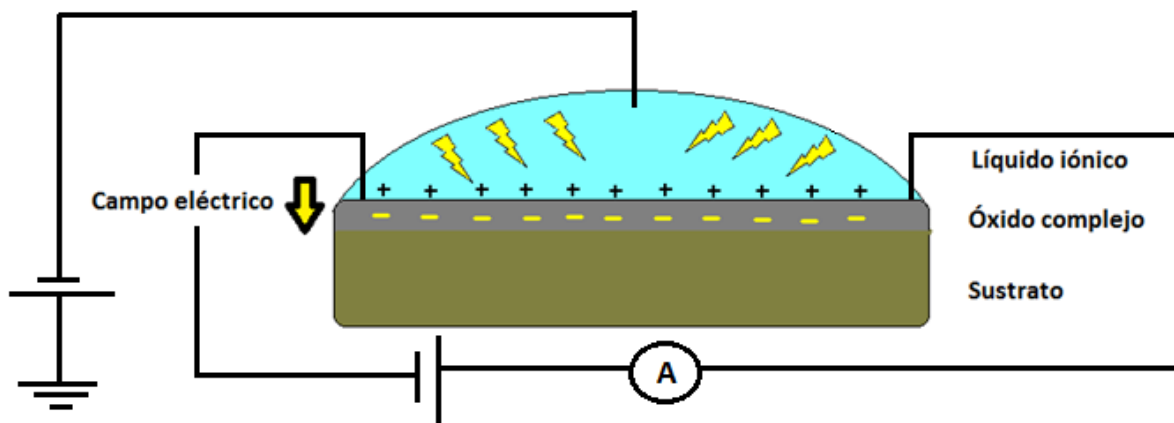
El funcionamiento de los actuales transistores está basado en la posibilidad de controlar la capacidad de conducción de los semiconductores utilizando un campo eléctrico. Teniendo en mente este simple principio, el reciente desarrollo de un nuevo concepto de transistores y el descubrimiento de otros compuestos más allá de los semiconductores ofrece una doble alternativa y da un paso más, generando nuevos y excitantes desafíos para la ciencia básica y sus aplicaciones.

La idea de este nuevo transistor está basada en la utilización de un líquido iónico, ofreciendo unas propiedades físico-químicas extraordinarias. La polarización debida a las cargas libres del líquido da lugar a campos eléctricos muy intensos llegando a ser 10 veces superiores a

los de un rayo. Un nuevo tipo de materiales emergentes, los denominados óxidos complejos, están cerca de una transición metal- aislante y por ello son muy sensibles a la acción del campo eléctrico. De esta manera, la combinación de estos nuevos transistores electroquímicos, de alto campo, junto con estos exóticos materiales, de alta sensibilidad al campo, dan la posibilidad de generar fenómenos sorprendentes, hasta ahora, difíciles de imaginar.

Estos materiales cerámicos permiten la obtención estable de toda una serie de comportamientos eléctricos pasando desde el estado aislante hasta el superconductor. Como hemos dicho, su importancia radica en que son muy sensibles a la densidad de carga, permitiendo así una drástica modificación de su comportamiento al aplicar estos campos eléctricos tan intensos.

La posibilidad de cambiar el comportamiento de un material, de superconductor a aislante y viceversa, tan solo encendiendo el botón de la fuente de energía es realmente tentadora. Motivados por estas perspectivas, cientos de grupos alrededor de todo el mundo han trabajado con el objetivo de estudiar el control de dichas transiciones y sus propiedades a partir de una manipulación de este campo eléctrico.



En las investigaciones realizadas dentro del clúster de Materiales para el Futuro del Campus de Excelencia, Moncloa, se ha conseguido utilizando este transistor, el control de la transición de superconductor a aislante aplicando tan solo un campo eléctrico. Este proyecto se ha llevado a cabo en el Grupo de Física de Materiales Complejos, de la Facultad de Físicas de la Universidad Complutense de Madrid que se dedica desde hace más de 10 años a investigar y estudiar el comportamiento de dichos óxidos complejos.

A pesar de que la fabricación de dispositivos electrónicos utilizando estos materiales presenta aun grandes desafíos tecnológicos, la idea de generar campos eléctricos tan intensos, capaces de modificar tan drásticamente las propiedades de un material, es un concepto con el que, sin duda, ni siquiera los antiguos dioses con sus potentes rayos podrían soñar.

## INFORMACIÓN ADICIONAL

Proyecto de investigación MCI CONSOLIDER CSD2009-00013 .  
*“IMAGINE. Materials Science down to the sub-Angstrom scale”*  
 Investigador principal: Jose María González Calbet (UCM).

## TÍTULO

**¡10 TIMES STRONGER THAN A LIGHTNING!**

## RESUMEN

The combination of a new kind of emerging materials, the complex oxides, with the recent creation of a new type of electrochemical transistors, have turned into a powerful tool capable of generating electric fields 10 times stronger than those of lightning. This discovery represents a revolution in the fields of nanotechnology and basic energy science, allowing the possibility to drastically change the behavior of a material just by applying an electric field.

## CUERPO DE LA NOTICIA

Since ancient times, electrical phenomena have wondered, amazed and concerned the humanity. Striking phenomena, such as lightning, are related in all cultures with the manifestation of the anger and the wrath of some divinity. Zeus, father of all Greek gods, Jupiter, god of the Romans, or Thor, Norse god, were those who threw the rays from the sky after they forged them with their hammers on their anvils.

As time went by, driven by the technological progress, the study and control of the electricity became essential, as also became its supporting media, the conducting materials.

In addition to the well-known metals, which are able to conduct the electricity, and the so-called insulators, which are not, there are different categories of materials with different electrical behaviors, such as semiconductors or superconductors. Semiconductor materials have an intermediate resistance between metals and insulators and are the basis of current electronic technology, while superconductors are perfect conductors, able to drive a current without energy dissipation.

The presence of electronic devices based on semiconductors is overwhelming in our daily life. Millions of these semiconductor transistors are produced each year and are integrated in different devices such as cars, computers, and mobile phones which are essential for us. Without any doubt, the technological revolution of the last century has been possible due to such semiconductor materials, allowing the control and the development of devices as sophisticated as satellite navigation systems or touch screens nowadays in great demand.

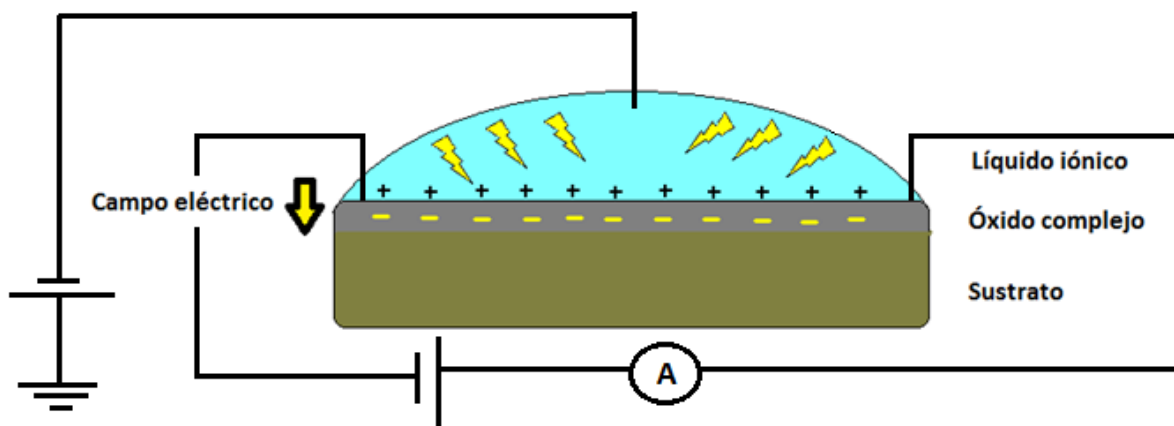
The operation of the current transistors is based on the possibility of controlling the ability of semiconductors to conduct a current by using an electric field. Based on this simple principle, the recent development of a new concept of transistors and the discovery of other compounds beyond semiconductors, offers a double alternative and goes a step further, creating new and exciting challenges for basic science and its applications.

The idea of this new transistor is based on the use of an ionic liquid, offering outstanding physical and chemical properties. The polarization due to the free charge carriers in the liquid gives rise to intense electric fields even 10 times more intense than those of a lightning. A new kind of emerging material, the so-called complex oxides, are in the vicinity of a metal-insulator transition and therefore are very sensitive to the action of an electric field. Thus, the combination

of these new high field electrochemical transistors, with the high sensitivity to the field of the complex oxides, gives rise to surprising phenomena until now difficult to imagine.

These ceramic materials exist in a wide variety of electrical states spanning from insulator to the superconductor. Interestingly the most stable state (the ground state) is very sensitive to the charge density, a quantity changing drastically under the action of an intense electric field.

The ability to change the behavior of a material, from superconductor to insulator and the other way around, just by turning the button of the energy power supply is really tempting. Motivated by this outlook, numerous groups around the world have started working on the control of these transitions and their properties just by the manipulation of an electric field.



The research done within the cluster of Materials for the Future of the Campus of Excellence, Moncloa, has succeeded, using this transistor, the control of the transition superconductor-insulator just by applying an electric field. This project was carried out in the Group of the Physics of Complex Materials, in the Faculty of Physics, at the Complutense University of Madrid which has focused for more than 10 years into exploring the behavior of these complex oxides.

The manufacture of electronic devices based on these effects still poses great technological challenges, but the only idea of creating such intense electric fields at the interface between a liquid and a solid, capable drastically changing the properties of a material, is a concept that surely not even the ancient gods with their powerful lightning could have dreamed about.

## INFORMACIÓN ADICIONAL

Research Project MCI CONSOLIDER CSD2009-00013 .  
*“IMAGINE. Materials Science down to the sub-Angstrom scale”*  
 Investigador principal: Jose María González Calbet (UCM).