

Electrónica orgánica: tecnología sin límites

Andrés Camilo Hernández Arias
Ingeniería de Sistemas
Universidad Industrial de Santander
Bucaramanga, Santander
camilo.hern19@gmail.com

Laura Juliana Mantilla Díaz
Ingeniería de Sistemas
Universidad Industrial de Santander
Bucaramanga, Santander
lauramantilla.d@gmail.com

Liseth Verónica Lucena Luna
Ingeniería de Sistemas
Universidad Industrial de Santander
Bucaramanga, Santander
veronicalucena97@gmail.com

Abstract - After the physical limitations and the increasing requirements in energy consumption, speed, capacity and permanence, scientists have been looking for new ways to propose computation. Recently, a new step has been taken to generate organic electronics with revolutionary results thanks to carbon-based materials replacing the silicon that have been used in conventional electronics.

Keywords: carbon, silicon, organic electronic.

Resumen - Tras las limitaciones físicas y los requerimientos cada vez mayores en consumo de energía, rapidez, capacidad y permanencia, los científicos han venido buscando nuevas maneras de proponer cómputo. Recientemente, un nuevo paso se ha dado para generar electrónica orgánica con revolucionarios resultados gracias a materiales con base de carbono reemplazando al silicio que se han venido usando en la electrónica convencional.

Palabras clave: carbono, silicio, electrónica orgánica.

I. INTRODUCTION

Nuestra problemática principal surge en que el silicio el cual es utilizado en la industria electrónica actual es bastante caro y requiere de una producción altamente costosa y además, debido a su forma rígida de cristal, no permite crear dispositivos flexibles.

A partir de esto, medianamente hace 30 años se descubrió que algunos plásticos o polímeros, pueden conducir la electricidad. Desde entonces, los investigadores han estado trabajando en hacerlos más eficientes. Los dispositivos electrónicos orgánicos, o a base de carbono, se utilizan en la actualidad en aparatos como ordenadores portátiles, sistemas de audio para automóviles y reproductores mp3.

Un inconveniente importante de los semiconductores orgánicos actuales es que solo permiten que se mueva un tipo de carga a través de ellos.

Samson Jenekhe, Felix Kim y Xugang Gou, los tres universitarios provenientes de la Universidad de Washington junto a Mark Watson de la Universidad de Kentucky, han mostrado que ya no es necesario usar dos semiconductores orgánicos separados. Ahora puede utilizarse un solo material orgánico para crear circuitos electrónicos.

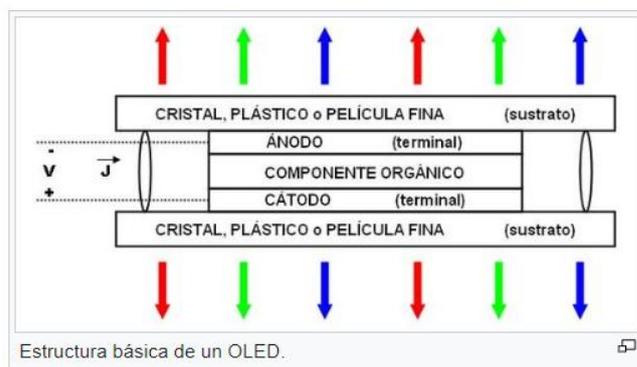
El material posibilita que los transistores orgánicos y otros dispositivos de procesamiento de información se fabriquen de forma más simple y más similar a como se fabrican los circuitos inorgánicos.

Los autores de este prometedor trabajo usaron el nuevo material para construir un transistor diseñado de la misma forma que un modelo de silicio, y los resultados demuestran el acierto del planteamiento. Las pruebas de funcionamiento muestran el mejor rendimiento visto hasta hoy en un

semiconductor orgánico de polímero de un único componente. Los electrones se movieron de cinco a ocho veces más rápidamente a través del dispositivo que en cualquier otro transistor de polímero semejante.

II. ESTADO DEL ARTE

El gran éxito de la electrónica orgánica son los diodos emisores de luz led o bien llamados OLED por sus siglas en inglés (organic light-emitting diode) que son empleados en las pantallas de algunos televisores, monitores, pantallas de dispositivos portátiles. El principal fuerte de esta tecnología y por lo cual se ha hecho un esfuerzo en producir y mejorarla es que el material orgánico es más delgado, flexible y económico respecto a los componentes convencionalmente utilizados en la electrónica sin contar que para las pantallas poseen un menor consumo de energía que otras tecnologías empleadas en el mismo campo.



Los diodos emisores de luz led reaccionan a una determinada estimulación eléctrica generando y emitiendo luz por sí mismos. Están compuestos por dos finas capas orgánicas una de emisión y otra de conducción y a la vez están comprendidas por dos que hacen de terminal ánodo y cátodo respectivamente. En la siguiente imagen podemos observar la estructura básica de un OLED.

III. MARCO TEORICO

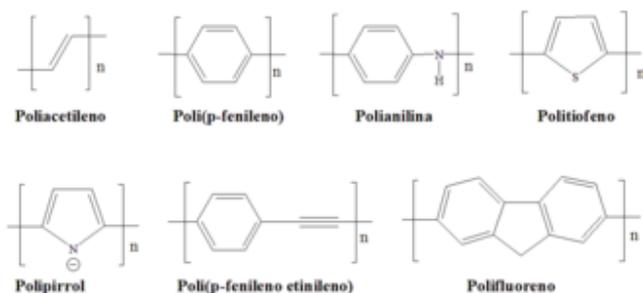
La electrónica orgánica es una rama de la electrónica que se ocupa del estudio de materiales orgánicos, como polímeros conductores o estructuras moleculares, para la creación de circuitos y dispositivos electrónicos. Se le da el nombre de electrónica 'orgánica' debido a que los polímeros o moléculas de las que están compuestas los dispositivos, están basadas en carbono. En contraste a la electrónica tradicional que utiliza materiales

conductores y semiconductores inorgánicos, tales como cobre, germanio o silicio. La mayoría de la electrónica de polímeros comprende a la electrónica laminar, una categoría que también incluye electrónica en láminas transparentes y electrónicas basadas en papel.

Estos materiales encuentran su aplicación práctica en diversos dispositivos como transistores de efecto campo, diodos orgánicos emisores de luz, células solares orgánicas, etiquetas de radiofrecuencia, o dispositivos de almacenamiento de memoria, entre otros. Las múltiples metodologías existentes en este campo, brindan una gran versatilidad para modelar las propiedades según las necesidades planteadas. Lo que potencia la variedad de aplicaciones y métodos de síntesis. Otras ventajas que posee la electrónica orgánica, es su mayor disponibilidad y accesibilidad, ligereza y sobre todo la facilidad de procesamiento. Por esto los materiales orgánicos reducen costos en la manufactura y producción de los dispositivos en los que se incorporan. Debido a esto, la búsqueda de nuevos materiales semiconductores orgánicos es fruto de numerosas investigaciones.

Historia

El descubrimiento de Pochettino en 1906 acerca de la fotoconductividad en antraceno podría considerarse el primer indicio relacionado con la obtención de una corriente eléctrica a partir de la irradiación de un compuesto orgánico. Posteriormente, en 1958, Kearns y Calvin probaron por primera vez el efecto fotovoltaico sobre una muestra de ftalocianina de magnesio. En el año de 1970 se empezaron a utilizar materiales de naturaleza orgánica para aplicaciones en transistores cuando Barbe describe las medidas de efecto campo realizadas sobre un monocristal de ftalocianina no metalada.



Sin embargo, la electrónica orgánica nace hasta 1978, cuando el japonés Hideki Shirakawa en colaboración con Alan J. Heeger y Alan MacDiarmi de la universidad de Pensilvania, descubrieron los polímeros conductores y publican su descubrimiento en el artículo "Synthesis of electrically conducting organic polymers: Halogenderivatives of polyacetylene (CH)_n", en el diario de la sociedad química, Chemical Communications. El descubrimiento fue considerado como un gran suceso, tanto que, Shirakawa, MacDiarmi y Heeger fueron galardonados con el premio Nobel de química en el año 2000. Desde entonces, los materiales orgánicos conductores han sido objeto de múltiples investigaciones y desarrollos tecnológicos.

En 1985 A. Tsumura, H. Koezuka y T. Ando fabrican el primer dispositivo basado en esta tecnología, un FET orgánico fabricado con politiófeno, al año siguiente Ching W. Tang y Steven A. Van Slyke de Eastman Kodak fabrican el primer LED orgánico, basado en moléculas orgánicas de bajo peso molecular.

La cadena de adelantos continuó con la fabricación del primer LED orgánico polimérico en 1990, por parte de Jeremy Burroughs y sus colegas Richard Friend y Donald Bradley del laboratorio Cavendish de la Universidad de Cambridge en el Reino Unido y en 1997 con el lanzamiento al mercado del primer producto con esta tecnología, un display de color verde en un radio de la Pioneer.

A partir de esta fecha la industria ha desarrollado papel electrónico, baterías orgánicas, OLEDs (LEDs orgánicos), OFETs (FETs orgánicos), monitores, condensadores, chips y un sin número de dispositivos y nuevas aplicaciones basadas en los materiales orgánicos. Esta nueva tecnología no reemplazará en el corto y mediano plazo a la tecnología del silicio, debido a que sus velocidades de conmutación aún no son las demandadas, no obstante, se espera que en largo plazo, estas velocidades se alcancen y predominan la gran variedad de aplicaciones que hoy en día se basan en el silicio, debido a que esta nueva tecnología presenta un costo de manufactura más bajo y en algunas aplicaciones mejor rendimiento.

Semiconductores orgánicos

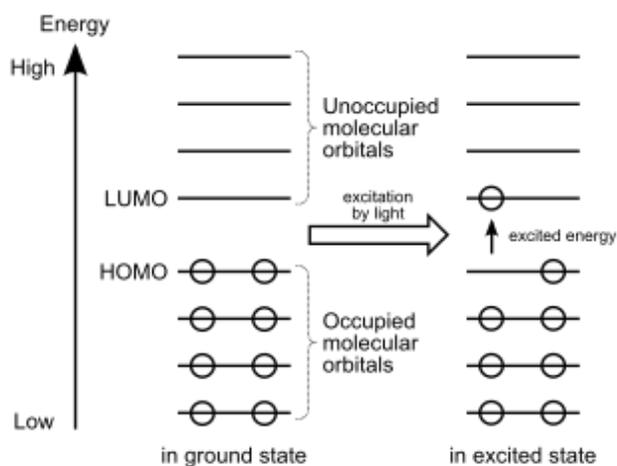
Los materiales orgánicos son compuestos que basan su estructura en el átomo de carbono. Este al igual que el silicio y el germanio forman parte del grupo IV de la tabla periódica y como es una característica de los elementos de este grupo, poseen una valencia de cuatro, lo que les permite enlazarse a cuatro átomos más. El carbono, así como los demás elementos del grupo IV presentan una distribución electrónica que termina en s²p².

Origen de la semiconducción

La estructura de los materiales de naturaleza orgánica se puede definir como sólidos moleculares, ya que la unidad estructural, o celda unitaria, que se repite en la red sólida es una molécula. Sin embargo, a diferencia de los sólidos inorgánicos, la naturaleza de las interacciones intermoleculares que gobiernan el ordenamiento en estado sólido es de carácter no covalente.

La debilidad de las interacciones no covalentes dificulta la adopción de una estructura ordenada en la que se favorezca un solapamiento óptimo de los orbitales pertenecientes a las moléculas cercanas con las que se pretende interaccionar. En consecuencia, salvo en casos excepcionales, la estructuración de bandas de energía no se encuentra favorecida y los niveles energéticos en el sólido, quedarán definidos por niveles localizados sobre cada molécula. Sin embargo, es posible establecer un paralelismo al de los semiconductores inorgánicos, esto entre las bandas de valencia y conducción y los orbitales moleculares. Así, el orbital HOMO (Highest Occupied Molecular Orbital) se relacionaría con el límite superior de la banda de valencia, que se encontrará separado por un espaciado energético del orbital LUMO (Lowest Unoccupied Molecular Orbital) que

corresponde con el límite inferior de la banda de conducción, como puede verse demostrado en la figura.



Para muchos compuestos orgánicos este espaciado energético entre los orbitales HOMO y LUMO se encuentra dentro del rango de los semiconductores inorgánicos, 3 eV. Por este motivo, algunas de esas moléculas orgánicas, que además presentan características estructurales determinadas, podrían funcionar como materiales semiconductores. No obstante, debido a la ausencia de bandas, el desplazamiento de los electrones suele describirse mediante transferencias de carga entre niveles localizados en las moléculas constituyentes del material sólido, lo cual dificulta seriamente la conducción de una corriente eléctrica en comparación a los materiales inorgánicos.

En los materiales orgánicos, estos estados localizados o sitios son: los estados de las moléculas individuales en los cristales moleculares, los estados de las cadenas poliméricas individuales o los estados de los segmentos de estas cadenas donde la conjugación es interrumpida por defectos estructurales o químicos. Habiendo definido los estados localizados o sitios y teniendo presente que estos sitios actúan como pozos de potencial, la transferencia de carga entre sitios se da mediante saltos cuánticos o hopping en donde los portadores de carga mediante efecto túnel asistido por fonones (vibraciones de la estructura del material) pasan de un sitio a otro, bajo ciertas condiciones especiales.

A pesar de la dificultad que presenta el transporte de carga en semiconductores orgánicos, la densidad de corriente que pueden llegar a conducir es lo suficientemente poderosa para hacerlos aptos para la fabricación de dispositivos electrónicos, convirtiéndolos en una alternativa tecnológicamente interesante para la industria electrónica.

Clasificación

Los materiales orgánicos, por su naturaleza, pueden formar una infinidad de compuestos de diferentes tamaños, formas y estructuras, y en consecuencia hay numerosos parámetros de clasificación. En cuanto a compuestos orgánicos que poseen características conductoras se acostumbra a clasificar en dos grupos según su peso molecular, estos son: moléculas

de bajo peso molecular y moléculas de alto peso molecular. Las primeras se refieren a moléculas conjugadas, de un tamaño menor a 20 monómeros, que se conocen como oligómeros, y las segundas abarcan a las moléculas conjugadas de más de 20 monómeros, las cuales se conocen como polímeros. Ambos tipos de compuestos orgánicos se diferencian entre sí por su tamaño y propiedades físicas, aunque comparten propiedades eléctricas similares.

Oligómeros semiconductores

En el campo de la electrónica orgánica, estas moléculas se caracterizan por estar constituidas por un número no muy grande de átomos, con una estructura de sus enlaces conjugada y por formar cristales de tipo molecular. Estos cristales se diferencian de los cristales de tipo atómico como los formados por el silicio, el germanio o el carbono (diamante), en que los primeros están conformados por la unión de moléculas individuales que intermolecularmente están unidas por fuertes enlaces covalentes, pero que intermolecularmente se unen mediante fuerzas débiles como la de van der Waals, mientras que los cristales de tipo atómico son en su totalidad una sola molécula que está fuertemente unida por enlaces covalentes. Esta diferencia origina que los cristales de tipo atómico generen estructuras de bandas muy bien definidas debido a que este tipo de cristales son muy fuertes y la estructura de sus estados energéticos permanece inalterada, mientras que en los cristales moleculares al estar unidos por atracciones tan débiles, y por poseer un número muy bajo de átomos por molécula, su acople energético es bajo y su estructura energética se altera con mucha facilidad, originando esto que en este tipo de materiales, la estructura de bandas de energía tenga muy poca importancia en la forma como conducen corrientes eléctricas. Cabe anotar que pese a esa facilidad con que se interrumpe el orden energético, los cristales de moléculas pequeñas mantienen un orden considerable. Los semiconductores fabricados con pequeñas moléculas, se destacan por presentar mejores niveles de conducción que los semiconductores poliméricos, pero el ser muy difíciles de preparar en soluciones, los inhabilita para poder ser depositados con técnicas de fabricación de bajo costo como impresión convencional o spin coating, y por esta razón, tampoco pueden formar películas delgadas de gran área.

Polímeros semiconductores

Los polímeros se caracterizan por ser cadenas muy largas, compuestas de monómeros, en donde cada monómero está unido mediante enlaces covalentes. Esto conduce a que al haber una gran cantidad de unidades monoméricas enlazadas fuertemente, dentro de las cadenas de polímero se formen bandas de energía, como en los semiconductores inorgánicos. Sin embargo, estas cadenas son de longitud finita, y un compuesto polimérico está constituido de millones de estas cadenas, las cuales están muy débilmente acopladas, razón por la que en los polímeros al igual que en los cristales moleculares orgánicos conjugados, la estructura de bandas de energía tampoco presente mucha relevancia en la corriente total del semiconductor. Los polímeros semiconductores a diferencia de los cristales moleculares, son más fácilmente solubles, lo que permite que sean depositados mediante impresión convencional o spin

coating, y de esta manera ser depositados en películas delgadas de gran área a muy bajo costo. Adicionalmente, los polímeros semiconductores presentan las características propias de los materiales poliméricos, como son flexibilidad y durabilidad. En cuanto a la conductividad, al presentar los polímeros estructuras amorfas, poseen una conductividad menor a los cristales moleculares.

Dispositivos

Dispositivos orgánicos emisores de luz

Los diodos orgánicos emisores de luz (OLEDs) son dispositivos que se empiezan a utilizar en la electrónica orgánica. Los diodos emisores de luz fabricados con pequeñas moléculas orgánicas (SMOLEDs) y los diodos emisores de luz fabricados con polímeros orgánicos (PLEDs) forman parte de la gran familia denominada OLEDs, que se rigen bajo el principio de convertir en luz la energía eléctrica, fenómeno conocido como electroluminiscencia. Un OLED tiene una capa de material orgánico luminiscente, llamada capa activa, que se encuentra entre dos electrodos. Al ser sometidos los electrodos a una corriente eléctrica, electrones y agujeros son introducidos por éstos hacia la capa orgánica donde se combinan y emite entonces una luz con un color que depende de los materiales dispuestos en la capa activa. Para poder observar la luz, se requiere que al menos uno de los electrodos sea transparente, y un buen conductor eléctrico. Por este motivo, en la actualidad se realiza una intensa investigación en la búsqueda de electrodos de mejor calidad, y sobre todo que sean de material orgánico.

Celdas solares orgánicas

Las celdas solares orgánicas (OSCs) son dispositivos que convierten la luz en electricidad, de manera contraria a lo que ocurre en los OLED. La capa activa de las celdas corresponde a un semiconductor de material orgánico, un polímero conjugado, que presenta el denominado efecto fotovoltaico. Hoy estos dispositivos son considerados como posibles fuentes de energía.

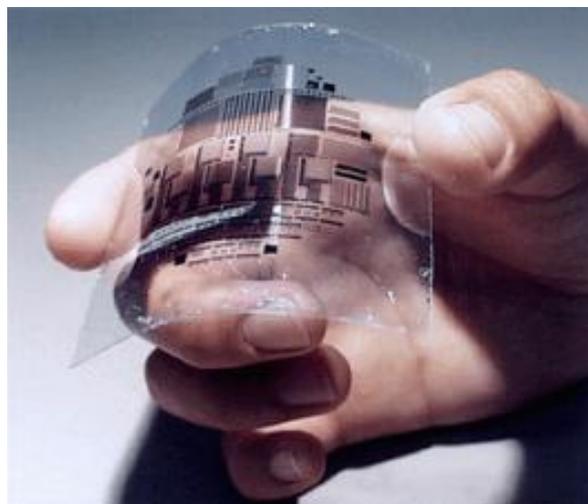


En los OSC se generan, al incidir luz, excitaciones ópticas en la matriz polimérica que producen pares electrón-agujero. Los portadores de carga fotogenerados en la matriz polimérica donadora pueden ser disociados con la introducción de moléculas o nanoestructuras orgánicasceptoras. El objetivo principal en la construcción de una celda solar orgánica es elevar el número de excitones fotogenerados en la parte donadora que se difundan en la interfase donadoraceptor. Para lograr este objetivo, se han

propuesto principalmente dos tipos de configuraciones de OSC:

- La celda orgánica bicapa: consiste en una capa que realiza la función de donador y después es depositado, sobre ésta una capa que hace la función de aceptor
- La celda orgánica de heterounión en el bulto (figura 3b), que a diferencia de la bicapa consiste en una sola de una mezcla compuesta de los materiales donador-aceptor.

En una celda heterounión en el bulto, el donador generalmente es un polímero conjugado. A pesar de las intensas investigaciones en fotofísica realizadas con materiales orgánicos conjugados, el mecanismo de la fotogeneración de portadores de carga aún se encuentra en debate. Sin embargo, es considerado que los excitones son originados principalmente de fotoexcitones, es decir, de pares electrones-agujeros generados por la promoción de electrones a los orbitales moleculares desocupados más bajos (LUMO, por sus siglas en inglés) por la absorción de fotones, que tienen una cierta probabilidad de disociarse en cargas libres si la energía de enlace del excitón puede ser compensada. Estos portadores de carga fotogenerados, los pares electrón-hueco, pueden ser disociados con la introducción de un material aceptor, ya que cuando el polímero donador es excitado, el electrón es promovido al LUMO del polímero, de tal forma que el electrón pueda tener la energía suficiente para moverse al LUMO del aceptor.



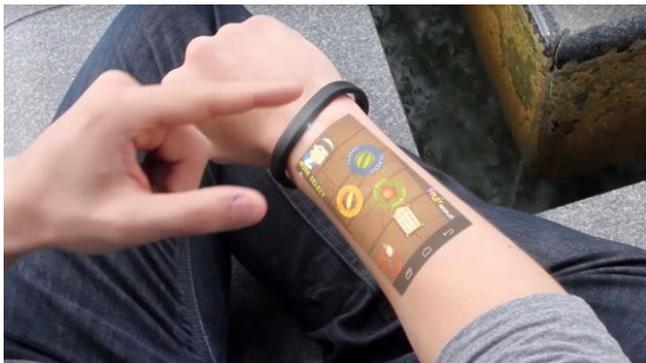
Transistores orgánicos

Un transistor es un dispositivo electrónico semiconductor que cumple funciones de amplificador, oscilador, conmutador o rectificador. El término "transistor" es la contracción en inglés de transfer resistor (resistencia de transferencia). Actualmente se encuentran prácticamente en todos los mecanismos domésticos de uso diario: automóviles, ordenadores, reproductores de audio y vídeo, calculadoras, entre otros. Creado por Shockley, Bardeen y Brattain en 1947 (lo que les valió el Premio Nobel de Física en 1956, el transistor ha posibilitado la evolución de los amplificadores simples a los computadores avanzados, que

aún hoy en día continúan haciéndose más rápidos, pequeños y potentes a un ritmo vertiginoso.

IV. DESARROLLO DEL TEMA

Algún día, la electrónica de moda no estará en el bolsillo como un teléfono o incluso envuelto alrededor de su muñeca como un SmartWatch, sino pegada a la piel como un yeso transparente. Investigadores de la Universidad de Tokio desarrollan la “piel optoelectrónica (el nexo de unión entre los sistemas ópticos y los sistemas electrónicos)” con una pantalla ultra delgada y flexible que se puede llevar en el dorso de la mano.



Lo que hace esto posible es el campo de la “electrónica orgánica”, que también se puede utilizar para crear una gama de tecnologías de celdas solares impresas de las pantallas del ordenador, que podrás enrollar y guardar en tu bolsillo. El nombre proviene de usar los semiconductores “orgánicos”, que se hacen con materiales con base de carbono, en lugar de silicio como en la electrónica convencional. Y mientras que las pieles optoelectrónicas están aún en desarrollo – la electrónica orgánica ya está cambiando la tecnología que compramos.

Los semiconductores orgánicos normalmente vienen en dos formas: como una molécula pequeña que consta de unas pocas decenas o cientos de átomos, o largas cadenas de miles de moléculas repetidas (como un plástico). Esto último es particularmente interesante, ya que usualmente no pensamos en plásticos como conductores de electricidad. Sin embargo, durante la década de 1970, las y los investigadores se dieron cuenta de que podían hacer algunos plásticos actuaran como conductores y algunos como semiconductores (que conducen la electricidad sólo bajo ciertas condiciones).

Durante muchos años el rendimiento eléctrico de los semiconductores plásticos y moléculas pequeñas se ha quedado atrás de los semiconductores que usamos en muchos de nuestros chips de computadoras modernas inorgánicas (no basado en carbono). Sin embargo, gracias a la continua investigación y desarrollo ya existen semiconductores orgánicos con un buen rendimiento suficiente de que están empezando a comercializarse en aplicaciones nuevas y emocionantes.

La química de los semiconductores orgánicos puede ser modificada de diversas formas; imposible para los materiales como el silicio. Los semiconductores orgánicos pueden ser solubles y pueden convertirse en una tinta. Esto significa que es posible imprimir los circuitos electrónicos, con el potencial para tener componentes tan rápido como la impresión de periódicos. Y como se basa en materiales plásticos, estos circuitos pueden también hacerse de manera flexible, así ya no tienen que estar en el interior de cajas rígidas.

Los materiales orgánicos se dividen en compuestos, de pocas moléculas (monómeros y oligómeros) y en compuestos de grandes cantidades de moléculas o compuestos poliméricos. Estos materiales tienen la capacidad de conducir energía y emitir luz gracias a que tienen una configuración específica, denominada conjugación. Esta configuración se caracteriza por la alternación de enlaces simples y dobles en la cadena principal de estos materiales. Los materiales orgánicos con propiedades electrónicas y optoelectrónicas han sido toda una revolución en la industria electrónica, la cual los ha comenzado a implementar en pantallas para celulares, televisores, celdas fotovoltaicas, láseres, etc., además de implementar nuevas aplicaciones tales como, papel electrónico, músculos artificiales, ventanas inteligentes, nervios artificiales, entre otras. La electrónica orgánica aun no alcanza el desempeño de la electrónica tradicional del silicio y el germanio, pero en el mediano plazo, se espera que reemplace a los semiconductores inorgánicos en el campo optoelectrónico, gracias a su facilidad de fabricación, bajo precio y mejor desempeño. En el largo plazo, se espera que los semiconductores orgánicos mejoren su velocidad y puedan competir con la electrónica tradicional en todos los campos.

TEMAS A RESALTAR

A continuación, se darán respuesta a algunas preguntas planteadas que tienen suma importancia en este artículo.

- *¿Por qué se buscan componentes orgánicos para dispositivos electrónicos?*

Los dispositivos que están constituidos en una electrónica tradicional (no orgánica) utilizan materiales tales como el silicio, germanio o cobre por el motivo de que son buenos conductores y semiconductores, pero este tipo de tecnología está limitada ya que el material más utilizado en la electrónica tradicional es el silicio y la producción de dispositivos a base de este es costosa; debido a que este material presenta una forma rígida, no permite crear dispositivos flexibles. Se realizaron una serie de investigaciones con el fin de reducir los costos de producción y hallar flexibilidad en los dispositivos, encontrando así polímeros semiconductores, al realizar búsquedas con el propósito de hacerlos más eficientes lograron construir circuitos lógicos complementarios a base de carbono, en donde se ha observado alta conductividad de electrones, alta afinidad electrónica, alta estabilidad durante las mediciones, al igual que opera a altos niveles de corriente con modulación en medio acuoso y una notable

estabilidad ambiental en la atmósfera. Estos circuitos se pueden fabricar fácilmente mediante técnicas de recubrimiento por pulverización, que son compatibles con los procesos de impresión de grandes superficies, es decir producirlos es más sencillo.

- *¿La abstracción lógica cambia?*

Si por abstracción lógica se entiende por el énfasis en el ¿qué hace? más que en ¿cómo lo hace?, de esta manera si se busca la diferencia en el ¿qué hace? entre la electrónica orgánica y la electrónica tradicional, se puede observar que no hay una diferencia destacable entre estos, ya que los dos se fundamentan en el uso de materiales conductores, semiconductores y en la construcción de circuitos lógicos, pero cuando se analiza el ¿Cómo lo hace? se observa una diferencia destacable, ya que la electrónica orgánica economiza gastos, ofrece una producción más sencilla y accesible, creando transistores electroquímicos orgánicos imprimibles entre otros componentes, los cuales se caracterizan especialmente por esa capacidad de resistencia a medios acuosos, menor consumo de energía y versatilidad.

- *¿Qué retos trae a los ingenieros y científicos de computadoras este tipo de cómputo orgánico?*

Con los avances realizados hasta la fecha en la electrónica orgánica es posible construir circuitos lógicos complementarios tales como sensores, transistores, inversores, entre otros, que pueden funcionar en lugares con humedad, estos se utilizan en la actualidad en aparatos como ordenadores portátiles, sistemas de audio para automóviles, entre otros. Una pequeña dificultad de los circuitos lógicos basados solamente en transistores electroquímicos tipo p es que son en gran medida voluminosos, lo cual limita los usos o aplicaciones que se pueden lograr.

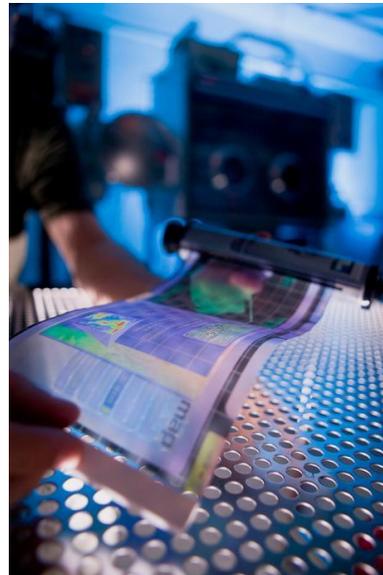
Los basados en transistores tipo n son de suma importancia ya que permitirían una gran sofisticación en los dispositivos de bioelectrónica y en los circuitos lógicos complementarios que podrían ocupar el espacio adecuado, de manera eficiente, dado que no se requieren resistencias en estos circuitos, pero el obstáculo que se presenta es que este desarrollo se ve frenado principalmente por la falta de materiales semiconductores apropiados. Por tanto, un reto para los científicos de computación es encontrar un polímero adecuado para implementarlo en este tipo de aplicación.

V. APLICACIONES

Los pronósticos comerciales para la electrónica orgánica la colocan en un nicho valorado en 75 mil millones de dólares para el 2020, afirma consultora industrial.

Destacado como uno de los 10 inventos más sobresalientes del 2013 por el Foro Económico Mundial por ser una tecnología prometedora para los próximos años, la electrónica orgánica significará un mercado activo de 75 mil millones de dólares para el 2020.

La electrónica orgánica también es conocida como “electrónica plástica” o “electrónica de polímeros”, y es una sub-categoría de la ciencia de los materiales que trabaja a nivel molecular con diminutos polímeros que son eléctricamente conductores para diseñar nuevos circuitos electrónicos con características técnicas más altas que las manufacturadas con electrónica convencional.



Se le llama también electrónica orgánica debido a que las estructuras moleculares de los sistemas están basadas en Carbono que se somete a técnicas químicas para su desarrollo. Entre los beneficios de la electrónica orgánica se encuentra su bajo costo de producción comparado con otras tecnologías.

En un estudio profundizado por la agencia de investigación industrial ResearchandMarkets, se indica que este sector involucra diferentes materiales como semiconductores, conductores y dieléctricos, por lo que mantiene estables sus estimaciones de comercialización y ventas a futuro en la industria electrónica, principalmente en 10 aplicaciones orgánicas verticales:

- Displays o pantallas.
- Dispositivos lógicos.
- Diodos de emisión de luz.
- Sistemas fotovoltaicos.
- Etiquetas RFID.
- Sensores.
- Baterías impresas.
- Electrónica desechable.
- Substratos para cubiertas.
- Aplicaciones inteligentes.

Para esta clase de productos los pronósticos son alentadores, y en vista de su rápida dispersión en el mercado, ResearchandMarkets estima que este sector industrial cerrará el 2014 con 16 mil 450 millones de dólares en ventas, mientras que para el año 2020 sus registros se elevarán a unos 75 mil 800 millones de dólares, siendo uno de sus principales componentes los sistemas de iluminación.



“Las áreas más importantes para que los jugadores clave se centren son innovaciones tecnológicas y desarrollo de nuevos productos, ya que el esfuerzo por diferenciarlos pondrá adelante a los jugadores en la carrera del actual escenario”, comenta el reporte de ResearchandMarkets. “El concentrarse en las relaciones industriales con gigantes OEMs y proveedores de soluciones puras de tecnología, son claves para sobrevivir en el ecosistema de la electrónica orgánica, mientras que las relaciones con el gobierno, el sector privado y los cuerpos de regulación son lo principal en que se deben centrar dentro de esta industria”, puntualiza.

Algunas compañías que participan y que son consideradas como jugadores potenciales en la industria de electrónica orgánica son:

- AU Optronics Corporation (Taiwán).
- BASF SE (Alemania).
- Bayer MaterialScience AG (Alemania).
- DuPont ó también E. I. du Pont de Nemours and Company (U.S.).
- LG Display (Corea del Sur). - Merck KGaA (Alemania).
- Novald GmbH (Alemania).
- Philips (Holanda).
- Samsung Display (Corea del Sur).
- Sony Corporation (Japón).
- Sumitomo Corporation (Japón).
- Universal Display Corporation (U.S).

VI. CONCLUSIONES

- El avance de la tecnología en los últimos años ha mostrado una gran tendencia a disminuir el tamaño de los dispositivos y sus componentes, con el propósito de alcanzar eficiencia en estos, además de que sean asequibles, cómodos para su uso. Los componentes orgánicos con propiedades electrónicas como optoelectrónicas (es decir que combina la óptica y la electrónica) ya se han incorporado en la industria, iniciándose a implementar en celdas fotovoltaicas, láseres, televisores, pantallas para Smartphone, entre otros con nuevas tecnologías y aplicaciones como ventanas inteligentes, papel electrónico, etc. El desempeño de la electrónica actual aún no ha sido alcanzado por la electrónica orgánica, pero se espera que en un plazo no muy lejano reemplace a

los semiconductores a base de silicio, germanio o cobre, es decir no orgánicos en el campo opto electrónico, por el motivo de su facilidad de fabricación, producción, bajo precio y buen desempeño. Constantes investigaciones y estudios se realizan con el fin mejorar la velocidad de los semiconductores orgánicos es decir a base de carbono, para que así puedan competir con la electrónica actual en el resto de los campos de aplicación. Cabe resaltar que la electrónica orgánica tiene ventajas en facilidad de procesamiento, flexibilidad, bajo costo de fabricación, al igual que su aplicación sobre grandes superficies ya que estas usan impresión, por lo que la hace agradable para utilizarse en diversos dispositivos electrónicos. Por lo tanto, pasar de la electrónica actual a la electrónica orgánica es romper un paradigma de nuestra historia.

- Los compuestos orgánicos semiconductores se presentan como cristales ordenados y como polímeros (amorfo), en ambos su principal característica la de tener una configuración de enlaces conjugada, la cual es la base para el transporte electrónico.
- Los cristales orgánicos al ser del tipo molecular, intermolecularmente esta enlazados por fuerzas muy débiles como las de Van der Waals y London, lo cual conduce a una ausencia de bandas de conducción estables, por lo tanto, la conducción en los cristales orgánicos mayoritariamente es debida al transporte electrónico por efecto túnel o Hopping (saltos cuánticos).
- En los polímeros orgánicos, los monómeros están enlazados mediante enlaces covalentes conjugados, lo cual les permite la formación de bandas de conducción semejantes a las de los semiconductores inorgánicos, 146 sin embargo, los polímeros orgánicos presentan irregularidades, como torceduras de las cadenas moleculares, etc., que interrumpen la conducción por bandas de energía. Por lo tanto, en los polímeros orgánicos la conducción se da por bandas de energía dentro de las cadenas individuales dentro de los segmentos de cadenas poliméricas que no presentan irregularidades, pero entre las cadenas o entre las interrupciones, la conducción, se da como en el caso de los cristales orgánicos, es decir por saltos cuánticos o hopping.
- De lo anterior podemos concluir que el proceso de transporte de energía en los materiales orgánicos es en su inmensa mayoría por efecto túnel o hopping.
- En los semiconductores orgánicos la transferencia de energía se da mediante especies electrónicas como polarones, solitones, bipolarones y

excitones, los cuales se denominan cuasi partículas, las cuales en el campo inorgánico no tienen mucha trascendencia.

- Los cristales semiconductores presentan movilidad es mayores a los polímeros, pero son poco solubles en solventes orgánicos, lo cual imposibilita su utilización para dispositivos de gran área que necesitan que los semiconductores sean depositados en películas delgadas uniformes. Por lo tanto estos cristales son utilizados y depositados mediante las mismas técnicas utilizadas por la electrónica tradicional (inorgánica).
- Los polímeros semiconductores son mediante algunas técnicas, soluble en solventes orgánicos y conservan su característica semiconductor, lo cual permite que estos materiales sean depositados mediante técnicas de inyección de tinta en grandes áreas, en la fabricación de dispositivos que aprovechan las características mecánicas de flexibilidad propias de los polímeros.
- Los semiconductores orgánicos poliméricos por su característica de ser solubles en solventes orgánicos y depositados en grandes áreas permiten la fabricación de dispositivos de gran área como pantallas, papel electrónico, etc.
- Los semiconductores orgánicos por necesitar de procesos menos cuidadosos y caros que su contraparte inorgánica y por poder ser depositados por técnicas menos complejas permiten la fabricación de dispositivos electrónicos a más bajo costo y plantas de ensamblaje menos complejas y costosas.
- En la actualidad los compuestos orgánicos alcanzan movilidades electrónicas que están en todo el rango de conducción desde los aisladores, pasando por los semiconductores hasta aquella propia de los conductores como el cobre.
- La velocidad de suicheo de los dispositivos orgánicos actuales está muy por debajo de las de los dispositivos inorgánicos, pero se espera que en pocos años estas velocidades se puedan alcanzar

- <https://www.solociencia.com/electronica/09091703.htm>
- <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/adma.201704916>
- https://es.wikipedia.org/wiki/Diodo_organico_de_emision_de_luz
- https://es.wikipedia.org/wiki/Electronica_organica
- <https://www.electronicsonline.com/perspectivas-globales-para-la-electronica-organica/>
- <https://ti3-emergente.wikispaces.com/file/view/La+electronica+organica+-+fotovoltaica.pdf>
- <https://es.scribd.com/document/15657162/Electronica-Organica>

REFERENCIAS

- <http://terceravia.mx/2017/03/electronica-organica-nueva-revolucion/>
- <http://exsheffield.org/soloparaingenierosnet/2013/07/21/electronica-organica/>
- <https://liu.se/en/news-item/jattekliv-inom-den-organiska-elektroniken>