

C0r0n@ 2 Inspect

Revisión y análisis de los artículos científicos relativos a las técnicas y métodos experimentales empleados en las vacunas contra el c0r0n@v|rus, evidencias, daños, hipótesis, opiniones y retos.

jueves, 19 de agosto de 2021

La espintrónica del grafeno ¿Se destapó aquí la caja de pandora?

Referencia

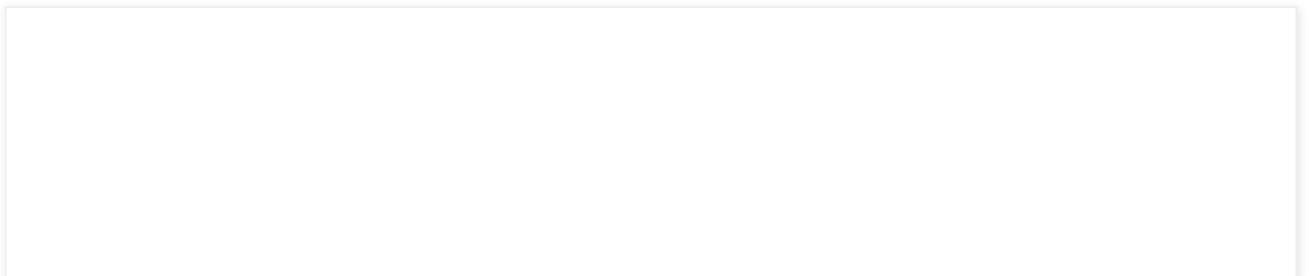
Maassen, J.; Ji, W.; Guo, H. (2011). Espintrónica de grafeno: el papel de los electrodos ferromagnéticos = Graphene spintronics: the role of ferromagnetic electrodes. Nano letters, 11(1), pp. 151-155.
<https://doi.org/10.1021/nl1031919>

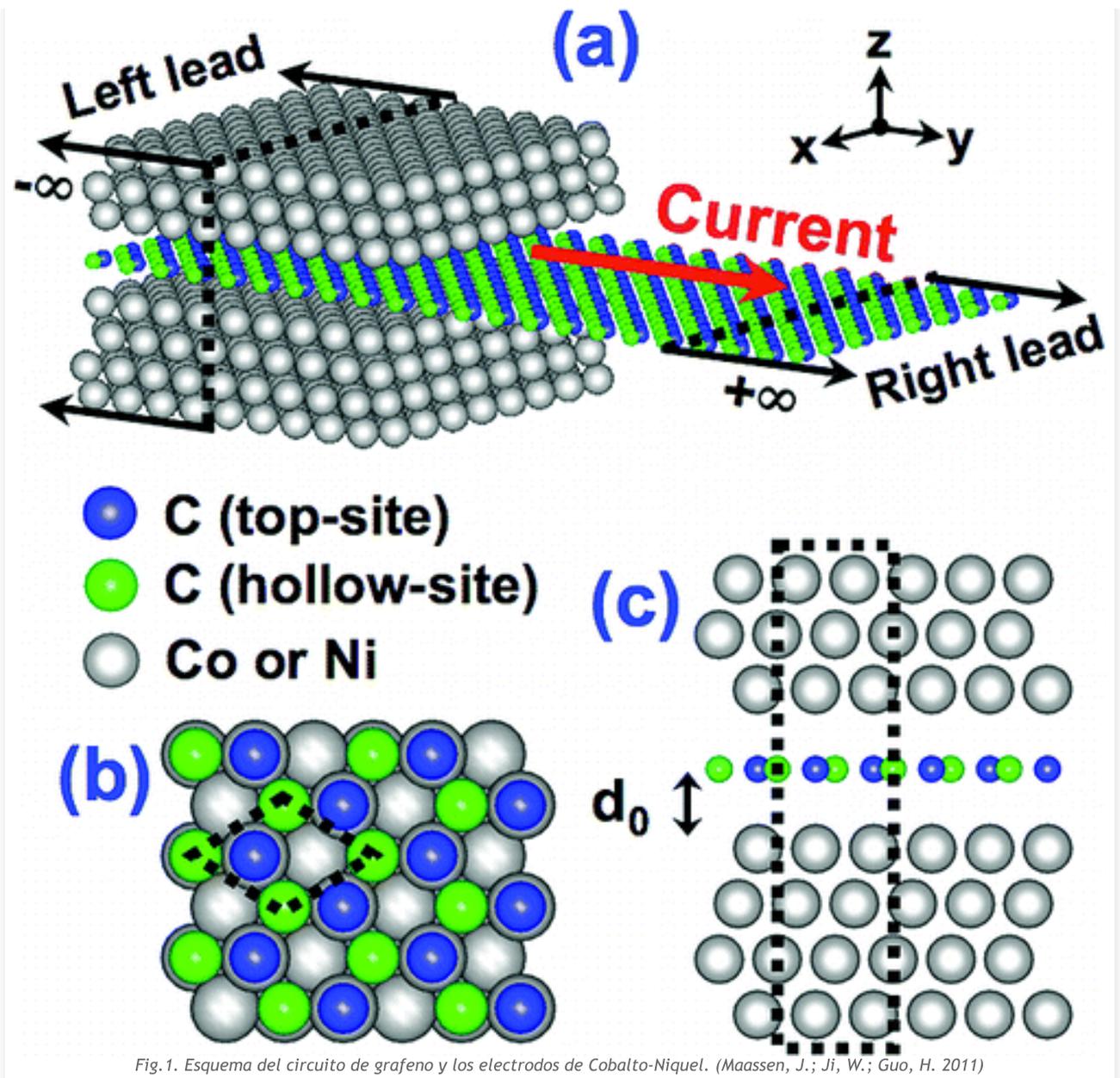
Introducción

1. La espintrónica es la rama científico-técnica encargada de estudiar la carga del electrón y su espín. Un "espín" es la rotación sobre sí mismo del electrón. Toma un valor único (número cuántico) que equivale al momento angular orbital. Sus aplicaciones en computación cuántica, aprovechan la capacidad para reflejar qubits o bits cuánticos (Burkard, G.; Engel, H.A.; Loss, D. 2000 | Leuenberger, M.N.; Loss, D. 2001), de forma que similar a como lo haría un ordenador, alterando sus valores de rotación por medio de nano campos magnéticos. Esto es posible por el efecto de magnetorresistencia de los electrones y sus espines, habiéndose desarrollado válvulas de espín de alta sensibilidad a los campos magnéticos (Gergs, N.M.; Bender, S.A.; Duine, R.A.; Schuricht, D. 2018 | Braun, M.; König, J.; Martinek, J. 2006), que demuestran la viabilidad del concepto.

Hechos

1. El estudio analiza cómo operar la espintrónica del grafeno usando electrodos ferromagnéticos de Cobalto-Niquel, que logran eficiencias de giro del espín en un rango del 60-80%, lo que significa una buena capacidad de interacción computacional. Dicho de otra forma, es posible trasladar los principios de computación binaria y cuántica, al igual que en un procesador o chip del PC de una placa base, al grafeno, a una escala nanométrica. Se afirma que *"Este gran filtrado de espín (referido a la incidencia del campo magnético inducido) resulta de la interacción específica de los materiales entre el grafeno y el FM (interfaz ferromagnético), que destruye la relación de dispersión lineal de las bandas de grafeno y conduce a una apertura de brechas de energía dependientes de espín"*. Esto es la capacidad para modificar a voluntad las propiedades físicas del espín, para alterar sus valores naturales. *"La banda prohibida de espín minoritario reside en una mayor energía que la banda prohibida de espín mayoritaria..., una característica que da como resultado corrientes dominadas del espín minoritario grande"*. Dicho de otra forma, alterando la corriente energética del espín, se logra modificar su momento angular y su polarización, grabando un valor diferente a voluntad.





2. Los autores introducen el artículo enunciando el objetivo de la espintrónica y magnetoelectrónica de la siguiente forma "el campo de la espintrónica, o magnetoelectrónica, utiliza el grado de libertad de giro de los electrones y su momento magnético inherente para influir o controlar las propiedades de un circuito". Claramente se busca el desarrollo de circuitos, transistores y en definitiva, chips o procesadores de escala nanométrica. En este sentido el grafeno posee todas las propiedades necesarias para el desarrollo de dispositivos espintrónicos, tal como se menciona a continuación "El grafeno, una red 2D (bidimensional) de átomos de C (carbono), es un material sin espacios con bandas electrónicas de dispersión lineal que se unen al nivel de Fermi en puntos cónicos (Dirac) ubicados en los puntos K en la zona de Brillouin. El grafeno ha recibido mucha atención debido a sus propiedades excepcionales, incluyendo cero portadores de masa efectivos con movilidades extremadamente grandes, y está preparado para desempeñar un papel en el futuro de la nanotecnología. Entre otras cualidades, el grafeno tiene una débil interacción espín-órbita debido al bajo número atómico del C (carbono), lo que da como resultado longitudes de coherencia de espín largas. Por lo tanto, el grafeno es un material prometedor para aplicaciones en dispositivos espintrónicos, donde se pueden explotar las propiedades electrónicas únicas del grafeno dentro del contexto de la magnetoelectrónica". En este enunciado, queda clara la estabilidad magnética del grafeno y su capacidad alterar magnéticamente las propiedades de sus espines.

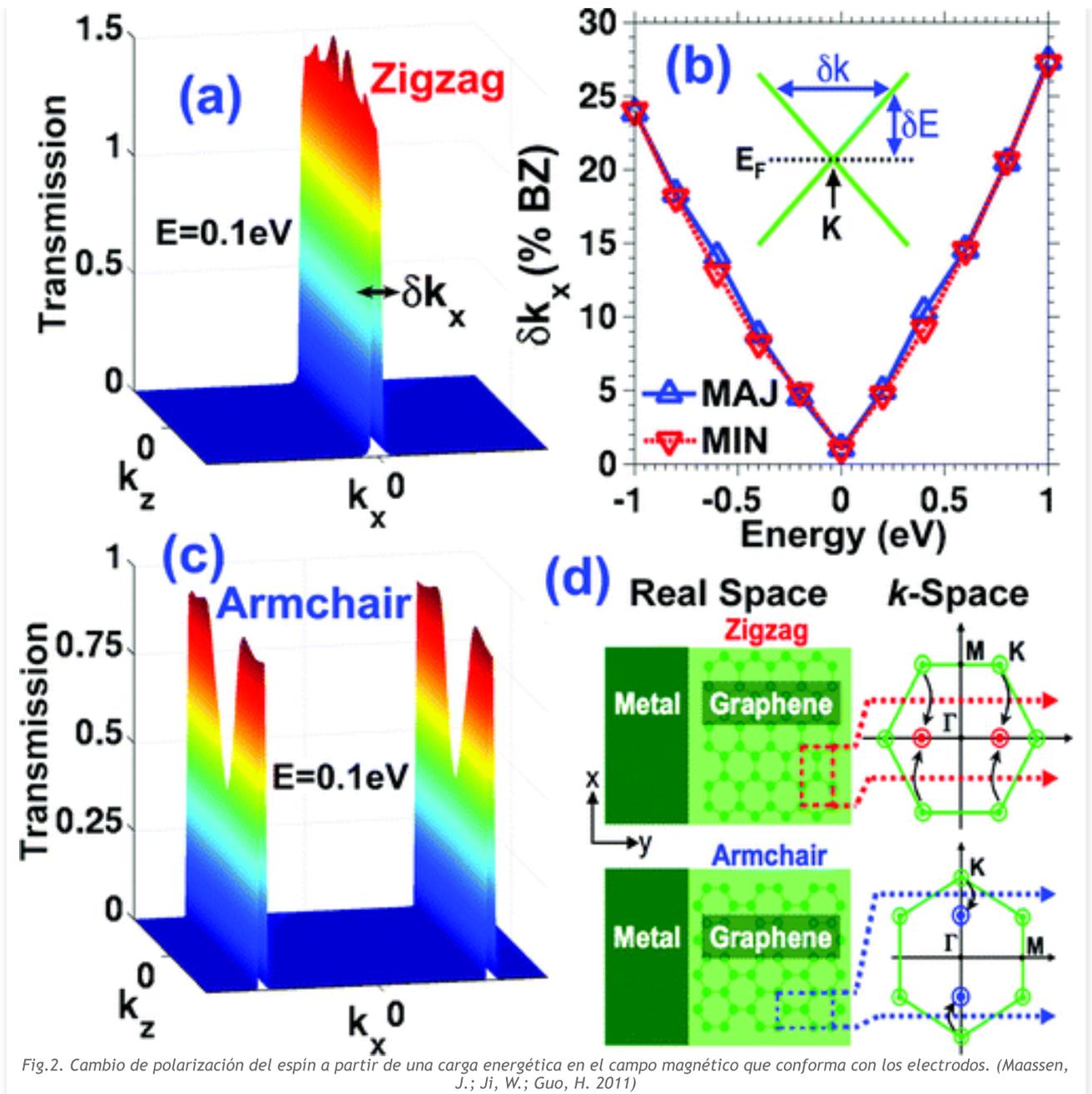


Fig.2. Cambio de polarización del espín a partir de una carga energética en el campo magnético que conforma con los electrodos. (Maassen, J.; Ji, W.; Guo, H. 2011)

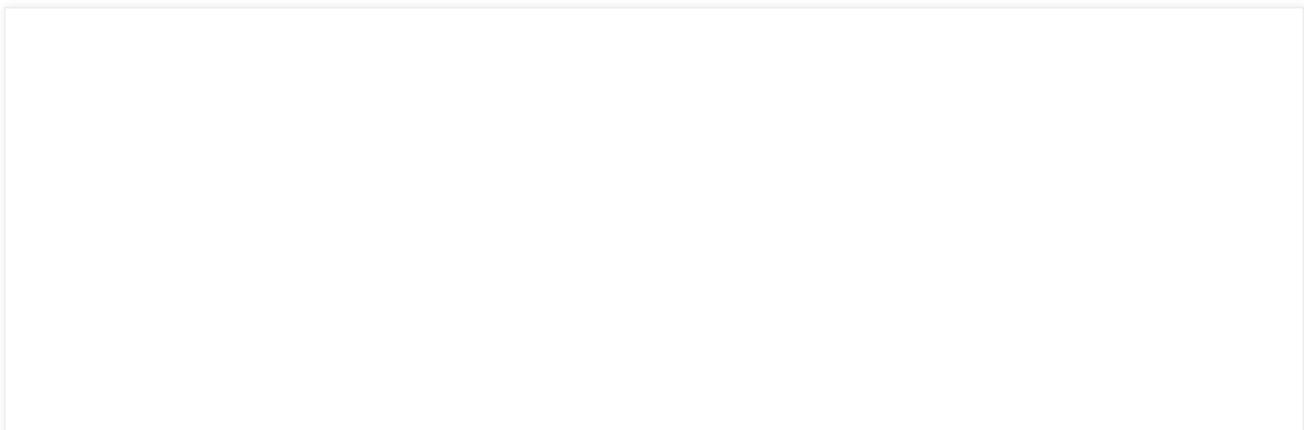
3. Sin embargo, los autores observan algunos problemas que tratan de resolver en el desarrollo de su artículo "Generar e inyectar una corriente de espín polarizado en el grafeno es de vital importancia para el desarrollo de la espintrónica basada en grafeno. Teóricamente se predice que las nanocintas de grafeno, a diferencia del grafeno puro, poseen un momento magnético local en los bordes en zigzag; pero surge una limitación importante en presencia de desorden de bordes e impurezas que se ha demostrado que suprimen este estado magnético. Por lo tanto, se requiere una inyección de espín eficiente en el grafeno para la realización de un dispositivo espintrónico prototípico". Claramente los investigadores encuentran el problema de las impurezas del material. No hay que olvidar la fecha de publicación del artículo, que data del año 2011. Con posteridad, se desarrollaron técnicas y métodos que han conseguido un grafeno de máxima pureza y calidad, asunto muy tratado en la literatura científica (Konwar, S.; Dhapola, P.S.; Gupta, M.; Singh, R.C.; Singh, P.K. 2019 | Bu, Y.; Liang, H.; Gao, K.; Zhang, B.; Zhang, X.; Shen, X.; Zhang, J. 2020 | Manoratne, C.H.; Rosa, S.R.D; Kottegoda, I.R.M. 2017 | Rosillo-Lopez, M.; Salzmann, C.G. 2016 | Jasim, D.A.; Lozano, N.; Kostarelos, K. 2016 | Zhao, M.Q.; Zhang, Q.; Huang, J.Q.; Tian, G.L.; Chen, T.C.; Qian, W.Z.; Wei, F. 2013). Obviamente, para los años previos a la gran pandemia de c0r0n@v/rus, este problema ya había sido resuelto, por lo que el grado de precisión para la edición espintrónica aumentaría de forma muy considerable. De hecho, se ha publicado el libro de espintrónica del grafeno de (Józsa, C.; van-Wees, B.J. 2019) en el que se aborda "la dinámica del espín en transistores de efecto de campo de grafeno con contactos ferromagnéticos de inyector y detector; los efectos relacionados con el transporte de espín en el grafeno; el nivel de Fermi para alterar el magnetismo y la rotación del espín mediante una compuerta electrostática para cargar el grafeno con electrones o huecos a una densidad, creando un dispositivo de tipo transistor de efecto de

campo; El método para detectar el transporte de espín eléctricamente a través de una válvula de espín de dos terminales, donde el grafeno es contactado por dos electrodos ferromagnéticos".

4. Para poder elaborar el dispositivo espintrónico del experimento, se ubicó una lámina de grafeno 2D entre dos electrodos ferromagnéticos de Cobalto-Níquel, *"De esta manera, la corriente de espín polarizada está dominada principalmente por el acoplamiento entre capas... Además, la geometría de la corriente en el plano, con el transporte que se produce en paralelo al grafeno, es la arquitectura de dispositivo experimental y teórica más común. En tales sistemas, los electrodos de fuente y drenaje están compuestos de grafeno cubierto de FM (materiales ferromagnéticos) que, dependiendo de la naturaleza del enlace químico, puede hibridar y dar como resultado una estructura electrónica compleja".* En el caso de la investigación, el cobalto-níquel se hibrida fuertemente con el grafeno. Sin embargo, *"es crucial caracterizar adecuadamente la estructura atómica detallada, con el fin de obtener los estados electrónicos correctos en la interfaz y analizar con precisión las propiedades de transporte de espín polarizado del dispositivo. Dada la naturaleza de este problema, se debe emplear un modelo atomístico ab-initio para un tratamiento preciso de la interacción química en el contacto".* Esta afirmación, demuestra fuera de toda duda, la capacidad para operar nanotransistores de escala cuasiatómica en forma de grafeno, por medio de la alteración de los campos magnéticos y por ende de las emisiones de ondas electromagnéticas, dadas las propiedades de absorción del grafeno (Avdoshenko, S.M.; Ioffe, I.N.; Cuniberti, G.; Dunsch, L.; Popov, A.A. 2011 | Ray, S.C.; Soin, N.; Makgato, T.; Chuang, C.H.; Pong, W.F.; Roy, S.S.; McLaughlin, J.A. 2014 | Hashmi, A.; Hong, J. 2014 | Wang, J.; Xu, X.; Mu, X.; Ma, F.; Sun, M. 2017). Por otra parte, merece la pena reseñar que los electrodos ferromagnéticos también pueden ser de Fe₃O₄ o magnetita, material que habitualmente complementa al óxido de grafeno, tal como se extrae de los siguientes estudios de magnetorresistencia para espintrónica, véase (Liao, Z.M.; Wu, H.C.; Wang, J.J.; Cross, G.L.; Kumar, S.; Shvets, I.V.; Duesberg, G.S. 2011 | Kharissova, O.V.; García, B.O.; Kharisov, B.I.; Méndez, U.O. 2016 | Tsuchiya, T.; Terabe, K.; Ochi, M.; Higuchi, T.; Osada, M.; Yamashita, Y.; Aono, M. 2016).

Otros estudios

1. En el trabajo de (Soriano, D.; Muñoz-Rojas, F.; Fernández-Rossier, J.; Palacios, J.J. 2010) se analiza *"cómo la hidrogenación de nanocintas de grafeno en pequeñas concentraciones puede abrir espacios hacia aplicaciones de espintrónica basadas en carbono, independientemente de cualquier terminación de borde específica o pasivación de las nanocintas".* Esto podría sugerir que el hidrógeno puede interactuar con el grafeno para configurar los electrodos necesarios que se requieren para componer el transistor, simplificando aún más el modelo transistores. De hecho esto se confirma en el siguiente enunciado *"Los cálculos de la teoría funcional de la densidad muestran que un átomo de H (hidrógeno) adsorbido induce una densidad de espín en el entorno π orbitales cuya simetría y grado de localización depende de la distancia a los bordes de la nanocinta".* A esto se añade lo siguiente *"Bajo la influencia de un campo magnético, el AGNR hidrogenado (nanocinta de grafeno), se comporta como un semiconductor paramagnético diluido para pequeñas concentraciones de H (hidrógeno). A grandes concentraciones, cuando la densidad de espín es cero en todas partes, la influencia del campo solo puede dar lugar a una respuesta diamagnética menor. A concentraciones intermedias, donde las nubes de magnetización inducidas por los átomos de H (hidrógeno) interactúan entre sí, se puede cambiar del estado AF al F aplicando un campo magnético suficientemente fuerte".* Esto demuestra, que la aplicación de campos magnéticos sobre transistores de grafeno, afectan a su programación inalámbrica y con bastante probabilidad a su desempeño funcional/operativo. Por otra parte, los electrodos de hidrógeno pueden inducir la magnetización del grafeno, lo que explicaría las propiedades electromagnéticas referidas en el artículo (González-Herrero, H.; Gómez-Rodríguez, J.M.; Mallet, P.; Moaied, M.; Palacios, J.J.; Salgado, C.; Brihuega, I. 2016).



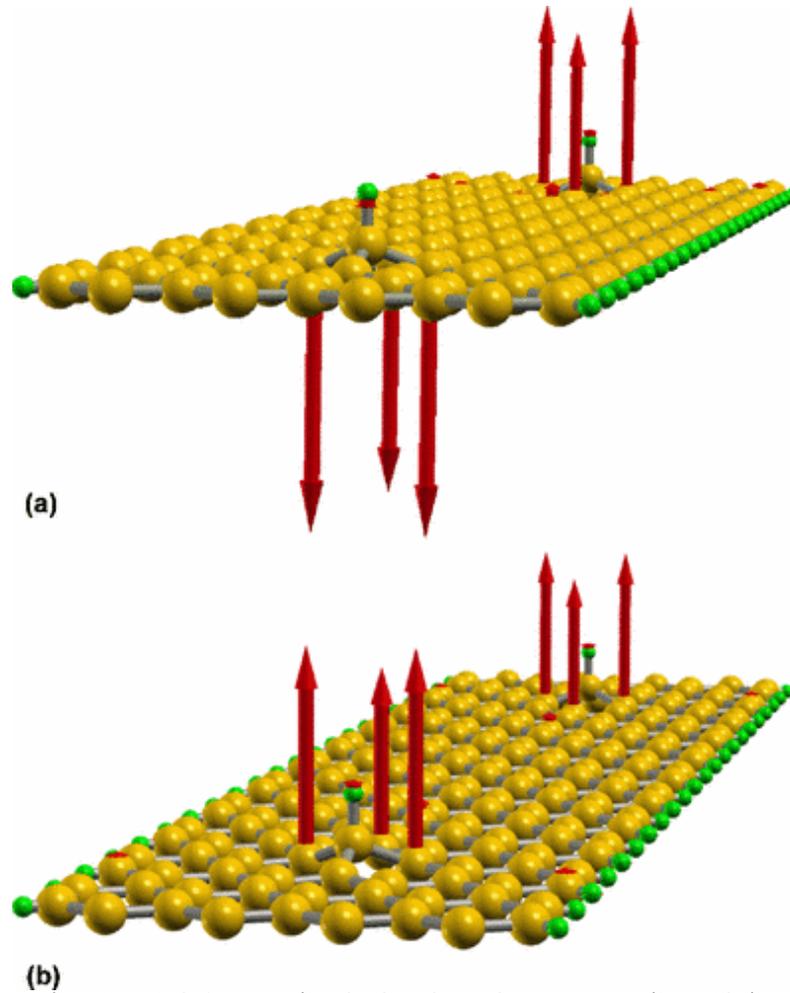


Fig.3. Estado antiferromagnético a) y estado ferromagnético b) alterados por los campos magnéticos. Obsérvese la hidrogenación de los bordes de la lámina de grafeno que actúa como electrodos, simplificando aún más el modelo de transistor. (Soriano, D.; Muñoz-Rojas, F.; Fernández-Rossier, J.; Palacios, J.J. 2010)

2. La investigación de (Li, L.; Qin, R.; Li, H.; Yu, L.; Liu, Q.; Luo, G.; Lu, J. 2011) analiza "la posibilidad del grafeno funcionalizado como un dispositivo espintrónico bidimensional de alto rendimiento. Se encuentra que el grafeno funcionalizado con O (oxígeno) en un lado e H (hidrógeno) en el otro lado en la conformación del electrodo, conforman un metal ferromagnético con una eficiencia de filtro de giro de hasta el 54% con un sesgo finito... la válvula de giro del espín se controla introduciendo un campo magnético para estabilizar su estado ferromagnético. La magnetorresistencia a temperatura ambiente resultante es de hasta un 2200%, que es un orden de magnitud mayor que los valores experimentales disponibles". Finalmente concluyen que "en comparación con los dispositivos espintrónicos de nanocintas de grafeno ultrafinos, los grafenos funcionalizados permiten una corriente mucho más grande con menos requisitos en la técnica de fabricación y son más competitivo".

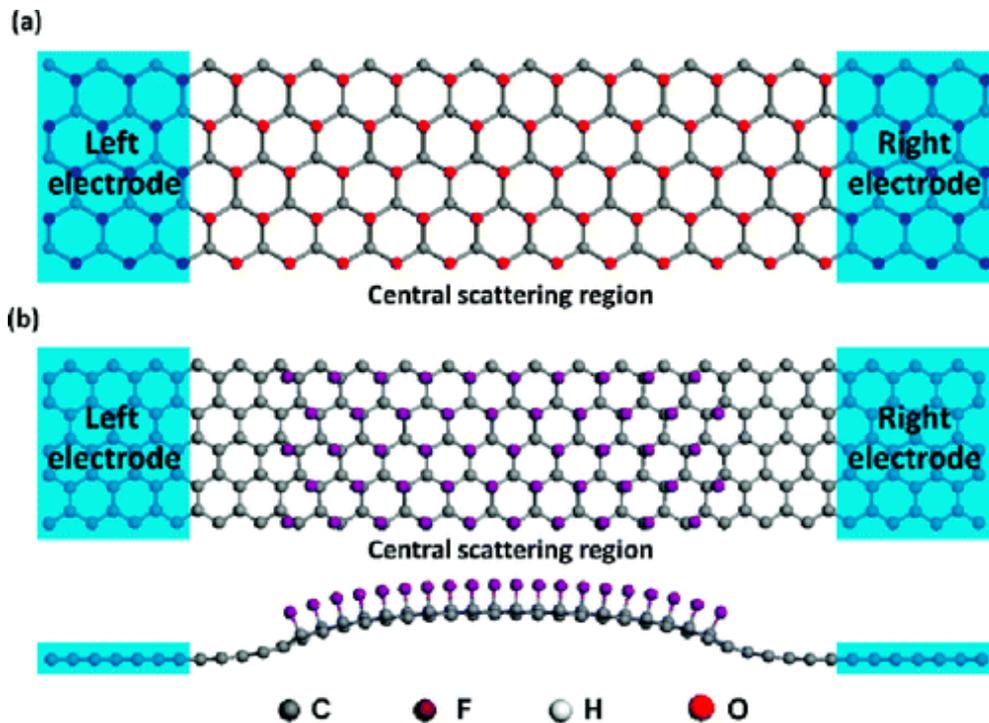


Fig.4. Esquema de un transistor de grafeno con átomos de oxígeno e hidrógeno. (Li, L.; Qin, R.; Li, H.; Yu, L.; Liu, Q.; Luo, G.; Lu, J. 2011)

3. Otra propiedad estudiada es el cambio de giro de los espines en los puntos cuánticos. Según (Gergs, N.M.; Bender, S.A.; Duine, R.A.; Schuricht, D. 2018) es posible conmutar el giro de los espines para cambiar sus propiedades y valores con objeto de codificar los valores computacionales necesarios. Esto es reflejado en su siguiente afirmación "Demostramos que el transporte cuántico a través de un punto cuántico degenerado en espín proporciona un control único sobre los pares de espín que actúan sobre los nanoimanes adjuntos, lo que permite el cambio efectivo de los nanoimanes de una configuración paralela a una antiparalela y viceversa". Esto demuestra que es posible desarrollar nanoelectrónica o bien espintrónica basada en todo tipo de semiconductores, entre ellos el grafeno y sus derivados.

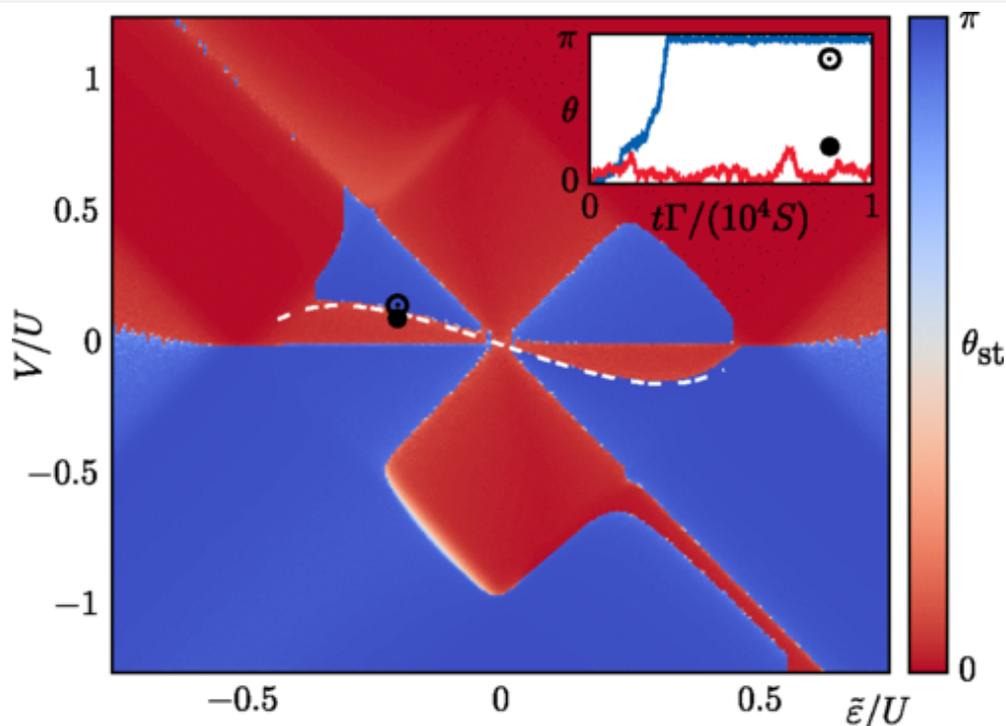


Fig.5. Diagrama de conmutación que muestra el ángulo de apertura del espín según la carga de polarización del voltaje aplicado. (Gergs, N.M.; Bender, S.A.; Duine, R.A.; Schuricht, D. 2018)

4. El estudio de (Akram, K.B.; ul-Hassan, S.M.; Ahmed, A.; Hamayun, M.A.; Rafique, M.; Manzoor, S. 2020) destaca por la propiedad especial del óxido de grafeno reducido rGO/Fe3O4 de tener una magnetoconductividad "gigante" en CA (Corriente Alterna), fundamental para ensamblar transistores

semiconductores. En concreto, se abordan "las propiedades estructurales, de transporte de CA y de magnetotransporte de compuestos de óxido de grafeno reducido (rGO) y nanopartículas de magnetita medidas en el rango de frecuencia de 10 Hz a 2 MHz y en campos magnéticos estáticos de hasta 500 mT". En conclusión afirman que la "magnetoconductividad de CA a temperatura ambiente es del 57% ($af = 254$ kHz) y 40% ($af = 10$ Hz) en un campo magnético $B = 500$ mT para la muestra con 40% en peso de nanopartículas de magnetita. Esto es mucho mayor que el obtenido en el magnetotransporte de CC (Corriente Continua), donde las magnetoconductividades a temperatura ambiente en compuestos similares son típicamente del 10% o menos en campos magnéticos comparables". Esto incide en la eficiencia de los transistores de grafeno de capa única 2D, cuyos electrones pueden operar con una mayor resistividad.

Opiniones

1. La espintrónica del grafeno, demuestra que se pueden crear circuitos y transistores a escala nanométrica que podrían perfectamente ser inoculados a través de una vacuna. También se demuestra que para obtener transistores y otros componentes espintrónicos se requieren electrodos magnéticos. Esto explicaría, una vez más, el fenómeno magnético de las personas inoculadas con las vacunas del c0r0n@v|r|us. Unido a esto, también se demuestra que los electrodos ferromagnéticos pueden ser de magnetita Fe₃O₄, lo que coincide con las combinaciones típicas del óxido de grafeno y su multitud de aplicaciones, por ejemplo, la inyección de aerosoles en la atmósfera, aerogeles, hidrogeles, terapia de nanopartículas contra el cáncer, terapias génicas, suministro de fármacos, biocidas, fertilizantes, pesticidas y sus propiedades especiales de superar la barrera hematoencefálica, crear campos magnéticos, entre otras, véase apartado sobre los aerogeles de óxido de grafeno y Fe₃O₄ donde se citan todos los artículos que justifican estos usos y propiedades.
2. Con toda la información analizada hasta el momento, cabe la hipótesis de que los materiales necesarios para el ensamblaje de dispositivos espintrónicos (esto es el óxido de grafeno y el Fe₃O₄, o bien otros materiales aún no identificados), se encuentran en las vacunas del c0r0n@v|r|us y de forma indirecta son introducidos en el cuerpo a través de los alimentos, el agua, el aire y los sueros fisiológicos, entre otros. Sin embargo, aún queda por esclarecer si existe nanotecnología o nanobots capaces de ensamblar dicho material, con objeto de lograr su capacidad operativa. Esto no es excluyente de la posibilidad de que los materiales puedan auto-ensamblarse mediante los campos electromagnéticos, por medio "Teslaphoresis" (Bornhoeft, L.R.; Castillo, A.C.; Smalley, P.R.; Kittrell, C.; James, D.K.; Brinson, B.E.; Cherukuri, P. 2016) que es un movimiento magnético dirigido al autoensamblaje de nanotubos de carbono, para lo que se requiere una bobina tesla que genere un campo electromagnético o bien una diferencia de potencial entre electrodos, véase vídeo del experimento. Obviamente la bobina tesla podría ser sustituida por las ondas electromagnéticas del 5G. De demostrarse la presencia de magnetita Fe₃O₄, o cualquier otro material ferromagnético, o bien cualquier otro mecanismo de electrodos nanométricos, esta teoría podría tener visos de ser verificada, ya que no se requeriría un orden específico de los nanomateriales, tal como se encontrarían en la disolución acuosa de la vacuna. Por este motivo es tan importante el estudio definitivo de los contenidos, materiales y elementos observables en la vacuna, a los ya referidos en el estudio preliminar (Campra, P. 2021).
3. Si se asume que es muy probable la disposición de dispositivos espintrónicos, cabe reflexionar sobre las capacidades y posibilidades de esta tecnología. Parece lógico que los transistores y circuitos tuvieran la función de identificar el dispositivo, esto sería la dirección MAC (Media Access Control), que es un identificador unívoco de 48 bit para su conexión a la red. Obviamente si hay un dispositivo de red, debería existir un mecanismo que lo permitiera conectar o al menos enlazar. Para ello se requiere un dispositivo de radio, encargado de modular y transmitir la señal, y por otra parte un controlador, en forma de CPU básica con procesador de señales digitales y controlador de enlace. Muchos dispositivos electrónicos que habitualmente se conectan a través de bluetooth cumplen estos requisitos, y por ello cabe la hipótesis de que los transistores de grafeno puedan conectarse a la red, de la misma manera que el IOT (Internet of Things). De hecho, según (Yang, X., Liu, G., Balandin, AA y Mohanram, K. 2010) lograron crear "un amplificador de grafeno de un solo transistor que utiliza el concepto clave de polarización en circuitos analógicos... En comparación con los amplificadores tradicionales basados en dispositivos unipolares, el amplificador de transistor único propuesto proporciona una mayor capacidad de control en el campo, ya que puede cambiar entre los tres modos durante el funcionamiento. Hasta donde sabemos, este es el primer trabajo que demuestra que un amplificador de un solo transistor basado en un dispositivo de tres terminales se puede configurar en el campo para funcionar como un amplificador de fuente común y un amplificador de drenaje común" y a todo esto, agregan que los transistores de grafeno pueden emplear técnicas de modulación y codificación para establecer comunicación o enlace con otros dispositivos, indicando que "Tanto PSK (modulación por desplazamiento de fase) como FSK (codificación por desplazamiento de frecuencia) son importantes técnicas de modulación digital. PSK se usa ampliamente en aplicaciones inalámbricas como

Bluetooth, identificación por radiofrecuencia (RFID) y Zig-Bee, mientras que FSK se usa a menudo en sistemas de audio y radio". Otro detalle relevante de este trabajo (Yang, X., Liu, G., Balandin, AA y Mohanram, K. 2010) es la frecuencia de la señal operativa de los transistores desarrollados, de 4, 8 y 10 KHz. Estos datos podrían servir en posteriores indagaciones sobre los transistores espintrónicos de grafeno. Otros trabajos también avalan el desarrollo de nanotransceptores inalámbricos con grafeno (Iannazzo-Soteras, M.E. 2017) o bien transistores de biodetección basados en grafeno para su uso biomédico, conectados a través de Bluetooth (Arora, K. 2019).

Bibliografía

1. Akram, K.B.; ul-Hassan, S.M.; Ahmed, A.; Hamayun, M.A.; Rafique, M.; Manzoor, S. (2020). Magnetoconductividad de CA gigante en compuestos rGO-Fe₃O₄ = Giant AC magnetoconductivity in rGO-Fe₃O₄ composites. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 499, 166174. <https://doi.org/10.1016/j.jmmm.2019.166174>
2. Arora, K. (2019). Aplicaciones recientes de biodetección de nanomateriales basados en grafeno = Recent biosensing applications of graphene-based nanomaterials. *Handbook of Graphene*, 6, 297. <https://doi.org/10.1002/9781119468455.ch96>
3. Avdoshenko, S.M.; Ioffe, I.N.; Cuniberti, G.; Dunsch, L.; Popov, A.A. (2011). Complejos organometálicos de grafeno: hacia la espintrónica atómica utilizando una red de grafeno = Organometallic Complexes of Graphene: Toward Atomic Spintronics Using a Graphene Web. *ACS nano*, 5(12), pp. 9939-9949. <https://doi.org/10.1021/nn203719a>
4. Bornhoeft, L.R.; Castillo, A.C.; Smalley, P.R.; Kittrell, C.; James, D.K.; Brinson, B.E.; Cherukuri, P. (2016). Testaphoresis of carbon nanotubes. *ACS nano*, 10(4), pp. 4873-4881. <https://doi.org/10.1021/acs.nano.6b02313>
5. Braun, M.; König, J.; Martinek, J. (2006). Ruido de corriente dependiente de la frecuencia a través de válvulas de giro de puntos cuánticos = Frequency-dependent current noise through quantum-dot spin valves. *Physical Review B*, 74(7), 075328. <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.74.075328>
6. Bu, Y.; Liang, H.; Gao, K.; Zhang, B.; Zhang, X.; Shen, X.; Zhang, J. (2020). Fabricación a escala de oblea de películas de óxido de grafeno reducido de alta pureza como condensadores de frecuencia ultra alta con una autodescarga mínima = Wafer-scale fabrication of high-purity reduced graphene oxide films as ultrahigh-frequency capacitors with minimal self-discharge. *Chemical Engineering Journal*, 390, 124560. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2020.124560>
7. Burkard, G.; Engel, H.A.; Loss, D. (2000). Espintrónica y puntos cuánticos para computación cuántica y comunicación cuántica = Spintronics and quantum dots for quantum computing and quantum communication. *Fortschritte der Physik: Progress of Physics*, 48(9-11), pp. 965-986. [https://doi.org/10.1002/1521-3978\(200009\)48:9<11%3C965::AID-PROP965%3E3.0.CO;2-V](https://doi.org/10.1002/1521-3978(200009)48:9<11%3C965::AID-PROP965%3E3.0.CO;2-V)
8. Campra, P. (2021). [Informe]. Detección de óxido de grafeno en suspensión acuosa (Comirnaty™ RD1): Estudio observacional en microscopía óptica y electrónica. Universidad de Almería. <https://docdro.id/rNgtxyh>
9. González-Herrero, H.; Gómez-Rodríguez, J.M.; Mallet, P.; Moaied, M.; Palacios, J.J.; Salgado, C.; Brihuega, I. (2016). Control a escala atómica del magnetismo del grafeno mediante el uso de átomos de hidrógeno = Atomic-scale control of graphene magnetism by using hydrogen atoms. *Science*, 352(6284), pp. 437-441. <https://doi.org/10.1126/science.aad8038>
10. Iannazzo-Soteras, M.E. (2017). Diseño de referencia de exploración y medición de circuitos integrados basados en transistores de efecto de campo de grafeno: hacia nanotransceptores inalámbricos = Design exploration and measurement benchmark of integrated-circuits based on graphene field-effect-transistors : towards wireless nanotransceivers. <http://hdl.handle.net/2117/113288>
11. Jasim, D.A.; Lozano, N.; Kostarelos, K. (2016). Síntesis de láminas de óxido de grafeno de alta pureza y pocas capas de diferentes fuentes de grafito para biología = Synthesis of few-layered, high-purity graphene oxide sheets from different graphite sources for biology. *2D Materials*, 3(1), 014006. <https://doi.org/10.1088/2053-1583/3/1/014006>
12. Józsa, C.; van-Wees, B.J. (2019). Espintrónica de grafeno = Graphene Spintronics. En *Spintronics Handbook: Spin Transport and Magnetism*, Second Edition. pp. 121-154. <https://doi.org/10.1201/9780429441189>
13. Kharissova, O.V.; García, B.O.; Kharisov, B.I.; Méndez, U.O. (2016). Nanocompuestos basados en grafeno magnético y aplicaciones respectivas = Magnetic-Graphene-Based Nanocomposites and Respective Applications. In *Advances in Carbon Nanostructures*. IntechOpen. <http://dx.doi.org/10.5772/64319>

14. Konwar, S.; Dhapola, P.S.; Gupta, M.; Singh, R.C.; Singh, P.K. (2019). Óxido de grafeno de alta pureza mediante síntesis electroquímica y su aplicación = High purity graphene oxide using electrochemical synthesis and its application. En *Macromolecular Symposia* (Vol. 388, No.1, p. 1900038). <https://doi.org/10.1002/masy.201900038>
15. Leuenberger, M.N.; Loss, D. (2001). Espintrónica y computación cuántica: mecanismos de conmutación para qubits = Spintronics and quantum computing: switching mechanisms for qubits. *Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures*, 10(1-3), pp. 452-457. [https://doi.org/10.1016/S1386-9477\(01\)00136-9](https://doi.org/10.1016/S1386-9477(01)00136-9)
16. Li, L.; Qin, R.; Li, H.; Yu, L.; Liu, Q.; Luo, G.; Lu, J. (2011). Grafeno funcionalizado para dispositivos espintrónicos bidimensionales de alto rendimiento = Functionalized Graphene for High-Performance Two-Dimensional Spintronics Devices. *ACS nano*, 5(4), pp. 2601-2610. <https://doi.org/10.1021/nn102492g>
17. Liao, Z.M.; Wu, H.C.; Wang, J.J.; Cross, G.L.; Kumar, S.; Shvets, I.V.; Duesberg, G.S. (2011). Magnetorresistencia de las uniones Fe₃O₄-grafeno-Fe₃O₄ = Magnetoresistance of Fe₃O₄-graphene-Fe₃O₄ junctions. *Applied Physics Letters*, 98(5), 052511. <https://doi.org/10.1063/1.3552679>
18. Gergs, N.M.; Bender, S.A.; Duine, R.A.; Schuricht, D. (2018). Cambio de giro a través de válvulas de giro Quantum Dot = Spin switching via quantum dot spin valves. *Physical review letters*, 120(1), 017701. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.120.017701>
19. Hashmi, A.; Hong, J. (2014). Propiedades magnéticas del grafeno/BN/Co(111) y espintrónica potencial = Magnetic properties of graphene/BN/Co(111) and potential spintronics. *Journal of magnetism and magnetic materials*, 355, pp. 7-11. <https://doi.org/10.1016/j.jmmm.2013.11.036>
20. Maassen, J.; Ji, W.; Guo, H. (2011). Espintrónica de grafeno: el papel de los electrodos ferromagnéticos = Graphene spintronics: the role of ferromagnetic electrodes. *Nano letters*, 11(1), pp. 151-155. <https://doi.org/10.1021/nl1031919>
21. Manoratne, C.H.; Rosa, S.R.D; Kottegoda, I.R.M. (2017). Interpretación de XRD-HTA, UV visible, FTIR y SEM de óxido de grafeno reducido sintetizado a partir de grafito venoso de alta pureza = XRD-HTA, UV Visible, FTIR and SEM Interpretation of Reduced Graphene Oxide Synthesized from High Purity Vein Graphite. *Material Science Research India*, 14(1), pp. 19-30. <http://dx.doi.org/10.13005/msri/140104>
22. Ray, S.C.; Soin, N.; Makgato, T.; Chuang, C.H.; Pong, W.F.; Roy, S.S.; McLaughlin, J.A. (2014). Material de nanoestructura de bicapa de grafano / grafano soportado por grafano para espintrónica = Graphene supported graphone/graphane bilayer nanostructure material for spintronics. *Scientific Reports*, 4(1), pp. 1-7. <https://doi.org/10.1038/srep03862>
23. Rosillo-Lopez, M.; Salzmann, C.G. (2016). Una ruta de oxidación química simple y suave a óxido de nanografeno de alta pureza = A simple and mild chemical oxidation route to high-purity nano-graphene oxide. *Carbon*, 106, pp. 56-63. <https://doi.org/10.1016/j.carbon.2016.05.022>
24. Soriano, D.; Munoz-Rojas, F.; Fernández-Rossier, J.; Palacios, J.J. (2010). Nanocintas de grafeno hidrogenado para espintrónica = Hydrogenated graphene nanoribbons for spintronics. *Physical Review B*, 81(16), 165409. <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.81.165409>
25. Tsuchiya, T.; Terabe, K.; Ochi, M.; Higuchi, T.; Osada, M.; Yamashita, Y.; Aono, M. (2016). Ajuste in situ de magnetización y magnetorresistencia en película delgada de Fe₃O₄ lograda con un dispositivo redox de estado sólido = In situ tuning of magnetization and magnetoresistance in Fe₃O₄ thin film achieved with all-solid-state redox device. *Acs Nano*, 10(1), pp. 1655-1661. <https://doi.org/10.1021/acsnano.5b07374>
26. Wang, J.; Xu, X.; Mu, X.; Ma, F.; Sun, M. (2017). Magnetismo y espintrónica sobre materiales compuestos bidimensionales de grafeno/nitruro de boro hexagonal = Magnetism and spintronics on two-dimensional composite materials of graphene/hexagonal boron nitride. *Materials Today Physics*, 3, pp. 93-117. <https://doi.org/10.1016/j.mtphys.2017.10.003>
27. Withers, F.; Dubois, M.; Savchenko, A. K. (2010). Propiedades de los electrones de los transistores de grafeno de capa única fluorados = Electron properties of fluorinated single-layer graphene transistors. *Physical review B*, 82(7), 073403. <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.82.073403>
28. Yang, X., Liu, G., Balandin, AA y Mohanram, K. (2010). Amplificador de grafeno de un solo transistor de modo triple y sus aplicaciones = Triple-Mode Single-Transistor Graphene Amplifier and Its Applications. *ACS nano*, 4(10), pp. 5532-5538. <https://doi.org/10.1021/nn1021583>
29. Zhao, M.Q.; Zhang, Q.; Huang, J.Q.; Tian, G.L.; Chen, T.C.; Qian, W.Z.; Wei, F. (2013). Hacia híbridos de nanotubos de carbono de pared simple / grafeno de alta pureza con un rendimiento capacitivo electroquímico mejorado = Towards high purity graphene/single-walled carbon nanotube hybrids with improved electrochemical capacitive performance. *Carbon*, 54, pp. 403-411. <https://doi.org/10.1016/j.carbon.2012.11.055>

