

Emulen la plasticitat de les sinapsis entre neurones en un sistema físic mitjançant estímuls lumínics

- Es tracta del primer cas d'un sistema d'electrons 2D, en el qual la població d'electrons es pot incrementar i reduir de manera controlada per llum
- L'estudi, publicat a *Physical Review Letters*, ha sigut realitzat per investigadors de l'Institut de Ciència de Materials de Barcelona (ICMAB-CSIC)



Figura 1: La sensibilitat de la conductància a aquests polsos lumínics obre perspectives fascinants sobre l'ús de sinapsis òptiques per a dispositius neuromòrfics basats en aquests sistemes fotoconductors. | Pixabay Image.

En un sistema on els electrons només es poden moure en 2 dimensions (2D), aconseguit a la interfície entre dos materials aïllants, investigadors de l'Institut de Ciència de Materials de Barcelona (ICMAB-CSIC) han aconseguit augmentar i disminuir de manera plàstica la conductància del sistema mitjançant estímuls de llum de diferent longitud d'ona.

S'ha observat que aplicant una longitud d'ona curta, corresponent a la llum blava, augmenta la conductància, és a dir, s'incrementa la quantitat d'electrons presents, mentre que aplicant una longitud d'ona més llarga, corresponent a la llum vermella, disminueix la conductància, és a dir, redueix la quantitat d'electrons.

Aquest fet és molt interessant perquè aconsegueix emular les sinapsis nervioses entre neurones, les quals poden ser reforçades o debilitades. A més, anàlogament a les sinapsis, els canvis de conductància observats són plàstics, ja que la conductància sempre queda modificada, no arriba mai a l'estat inicial. La principal novetat de l'estudi és la manera com s'han aconseguit els canvis en la conductància. "Fins ara, la sinapsi plàstica en conductància en sistemes físics no-biològics s'havia aconseguit mitjançant

estímuls elèctrics, en els anomenats memristors. Ara hem demostrat per primera vegada que els estímuls generats amb impulsos òptics, és a dir, mitjançant petits polsos de llum, aconseguits amb làsers monocromàtics, poden augmentar o reduir plàsticament la conductància amb impulsos a l'escala des de segons fins als mil·lisegons" apunta **Gervasi Herranz**, investigador del grup MULFOX, a l'ICMAB.

La sensibilitat de la conductància a aquests polsos lumínics obre perspectives fascinants sobre l'ús de sinapsis òptiques per a dispositius neuromòrfics basats en aquests sistemes fotoconductors. Aquest fet és especialment interessant per futures aplicacions en aparells optoelectrònics, i també per a la futura visió artificial. Un dels propers reptes d'en Gervasi Herranz és aconseguir neurones artificials que emetin impulsos (spikes) com a resposta a variacions de les connexions sinàptiques (representades per la conductància del gas electrònic 2D).

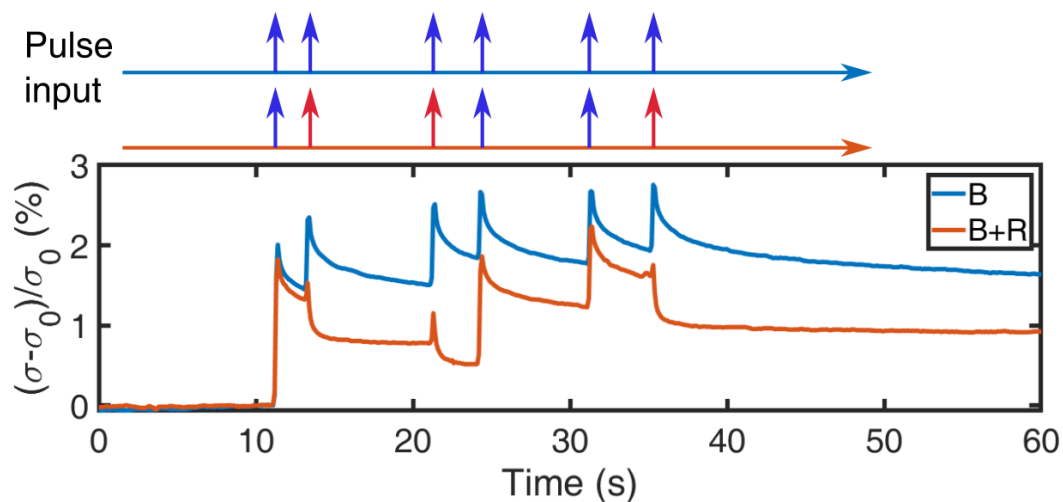


Figura 2: La imatge descriu molt bé aquesta recerca. El gràfic inferior mostra la conductivitat respecte el temps per dues seqüències diferents de polsos de llum de longituds d'ona diferents. En la seqüència blava, es veuen pics de conductivitat cada cop que hi ha un pols de llum blava durant 5 ms (fletxa blava), i la conductivitat augmenta. Durant el temps on no hi ha llum, la conductivitat va disminuint lentament, però no arriba mai a ser zero, sinó que al ser un fenomen plàstic, queda modificada. A la seqüència taronja, es veuen pics de conductivitat cada cop que hi ha un pols de llum blava o vermella durant 5 ms (fletxes blaves i vermelles), però es veu que quan el pols de llum és vermella, la conductivitat disminueix, en comptes d'augmentar. És a dir, mitjançant diferents longituds d'ona, s'aconsegueix augmentar o disminuir la conductivitat del sistema depenent de l'ordre temporal en què arriben els polsos, que equival a dir que s'incrementa o es redueix la població d'electrons de manera controlada mitjançant la llum. | ICMAB

Article de referència:

[Photoinduced persistent electron accumulation and depletion in LaAlO₃/SrTiO₃ quantum wells](#)

Yu Chen, Yoann Lechaux, Blai Casals, Bruno Guillet, Albert Minj, Jaume Gázquez, Laurence Méchin, and Gervasi Herranz.

Phys. Rev. Lett. 124, 246804 – Published 19 June 2020

DOI: 10.1103/PhysRevLett.124.246804

Emulan la plasticidad de las sinapsis entre neuronas en un sistema físico mediante estímulos lumínicos

- Se trata del primer caso de un sistema de electrones 2D, en el que la población de electrones se puede incrementar y reducir de manera controlada por luz
- El estudio, publicado en *Physical Review Letters*, ha sido realizado por investigadores del Instituto de Ciencia de Materiales de Barcelona (ICMAB-CSIC)



Figura 1: La sensibilidad de la conductancia a estos pulsos lumínicos abre perspectivas fascinantes sobre el uso de sinapsis ópticas para dispositivos neuromórficos basados en estos sistemas fotoconductores. | Pixabay Image.

En un sistema donde los electrones sólo pueden moverse en 2 dimensiones (2D), conseguido en la interfaz entre dos materiales aislantes, investigadores del Instituto de Ciencia de Materiales de Barcelona (ICMAB-CSIC) han conseguido aumentar y disminuir de manera plástica la conductancia del sistema mediante estímulos de luz de diferente longitud de onda.

Se ha observado que aplicando una longitud de onda corta, correspondiente a la luz azul, aumenta la conductancia, es decir, se incrementa la cantidad de electrones presentes, mientras que aplicando una longitud de onda más larga, correspondiente a la luz roja, disminuye la conductancia, es decir, la cantidad de electrones se ve reducida.

Este hecho es muy interesante porque consigue emular las sinapsis nerviosas entre neuronas, las cuales pueden ser reforzadas o debilitadas. Además, al igual que las sinapsis, los cambios de conductancia observados son plásticos, ya que la conductancia siempre queda modificada, no llega nunca al estado inicial.

La principal novedad del estudio es la forma en que se han conseguido los cambios en la conductancia. "Hasta ahora, la sinapsis plástica en conductancia en sistemas físicos no biológicos se había conseguido mediante estímulos eléctricos, en los llamados *memristors*. Ahora hemos demostrado por primera vez que los estímulos generados con impulsos ópticos, es decir, mediante pequeños pulsos de luz conseguidos con láseres monocromáticos, pueden aumentar o reducir plásticamente la conductancia con impulsos en la escala de segundos hasta milisegundos" apunta **Gervasi Herranz**, investigador del grupo MULFOX, en el ICMAB.

La sensibilidad de la conductancia a estos pulsos lumínicos abre perspectivas fascinantes sobre el uso de sinapsis ópticas para dispositivos neuromórficos basados en estos sistemas fotoconductores. Este hecho es especialmente interesante para futuras aplicaciones en aparatos optoelectrónicos, y también para la futura visión artificial. Uno de los próximos retos de Gervasi Herranz es conseguir neuronas artificiales que emitan impulsos (spikes) en respuesta a variaciones de las conexiones sinápticas (representadas por la conductancia del gas electrónico 2D).

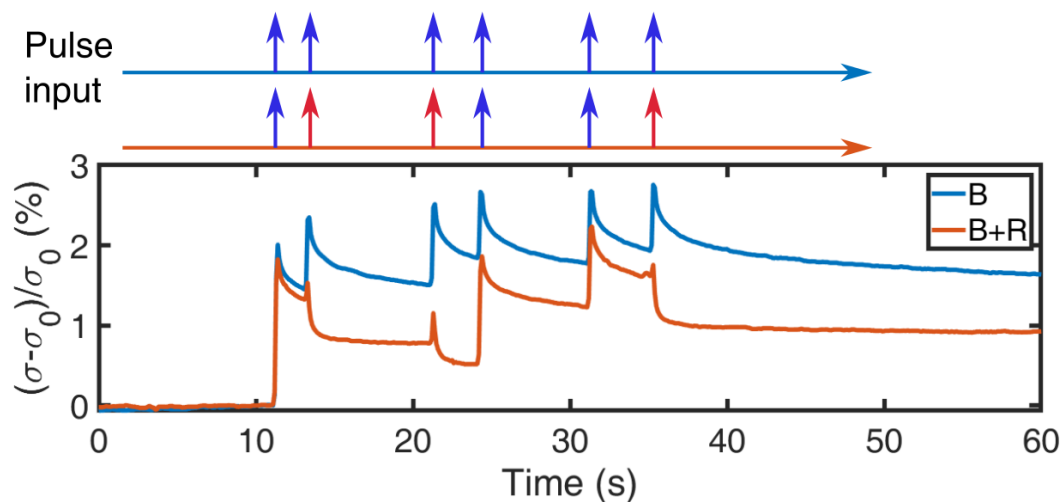


Figura 2: La imagen describe muy bien esta investigación. El gráfico inferior muestra la conductividad respecto al tiempo para dos secuencias diferentes de pulsos de luz de longitudes de onda diferentes. En la secuencia azul, se ven picos de conductividad cada vez que hay un pulso de luz azul durante 5 ms (flecha azul), y la conductividad aumenta. Durante el tiempo donde no hay luz, la conductividad va disminuyendo lentamente, pero nunca llega a ser cero, sino que al ser un fenómeno plástico, queda modificada. En la secuencia naranja, se ven picos de conductividad cada vez que hay un pulso de luz azul o roja durante 5 ms (flechas azules y rojas), pero se ve que cuando el pulso de luz es roja, la conductividad disminuye, en vez de aumentar. Es decir, mediante diferentes longitudes de onda, se consigue aumentar o disminuir la conductividad del sistema dependiendo del orden temporal de llegada de los pulsos ópticos, que equivale a decir que se incrementa o se reduce la población de electrones de manera controlada mediante la luz.

Artículo de referencia:

[Photoinduced persistent electron accumulation and depletion in LaAlO₃/SrTiO₃ quantum wells](#)

Yu Chen, Yoann Lechaux, Blai Casals, Bruno Guillet, Albert Minj, Jaume Gázquez, Laurence Méchin, and Gervasi Herranz.

Phys. Rev. Lett. 124, 246804 – Published 19 June 2020

DOI: 10.1103/PhysRevLett.124.246804

Emulate the plasticity of synapses between neurons in a physical system by light stimuli

- This is the first case of a 2D electron system, in which the electron population can be increased and reduced in a controlled way by light
- The study, published in *Physical Review Letters*, has been carried out by researchers from the Institute of Materials Science of Barcelona (ICMAB-CSIC)



Figure 1: The sensitivity of conductance to these light pulses opens up fascinating perspectives on the use of optical synapses for neuromorphic devices based on these photoconductive systems.

In a system where electrons can only move in 2 dimensions (2D), at the interface between two insulating materials, researchers at the Institute of Materials Science of Barcelona (ICMAB-CSIC) have managed to increase and decrease in a plastic way the conductance of the system by means of light stimuli of different wavelengths.

It has been observed that applying a short wavelength, corresponding to blue light, the conductance is increased, i.e. the amount of electrons present is higher, while applying a longer wavelength, corresponding to red light, the conductance decreases, i.e. the amount of electrons is reduced.

This fact is very interesting because it manages to emulate the nervous synapses between neurons, which can be strengthened or weakened. In addition, like the synapses, the changes of conductance observed are plastic, since the conductance is always modified, never reaches the initial state.

The main novelty of the study is the way in which the changes in conductance have been achieved. "Until now, the plastic synapse in conductance in non-biological physical systems had been achieved by means of electrical stimuli, in the so-called memristors. Now we have proved for the first time that stimuli generated with optical pulses, i.e. with small pulses of light achieved with monochromatic lasers, can plastically increase or reduce the conductance with pulses on the scale from seconds to milliseconds" points out **Gervasi Herranz**, researcher of the MULFOX group, at the ICMAB.

The sensitivity of conductance to these light pulses opens up fascinating perspectives on the use of optical synapses for neuromorphic devices based on these photoconductive systems. This fact is especially interesting for future applications in optoelectronic devices, and also for future artificial vision. One of the next challenges of Gervasi Herranz is to achieve artificial neurons that emit impulses (spikes) in response to variations in synaptic connections (represented by the conductance of the 2D electronic gas).

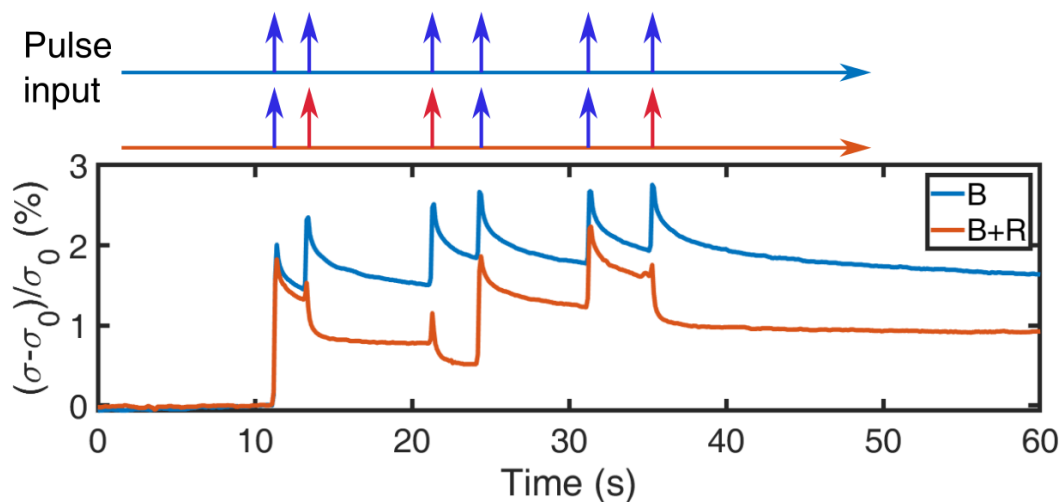


Figure 2: The image describes this research very well. The graph below shows the conductivity over time for two different sequences of light pulses of different wavelengths. In the blue sequence, peaks in conductivity are seen every time there is a blue light pulse for 5 ms (blue arrow), and the conductivity increases. During the time when there is no light, the conductivity slowly decreases, but never reaches zero. In the orange sequence, you see peaks of conductivity every time there is a pulse of blue or red light for 5 ms (blue and red arrows), but you see that when the light pulse is red, the conductivity decreases, instead of increasing. That is to say, by means of different wavelengths, the conductivity of the system is increased or decreased, which is equivalent to saying that the electron population is increased or reduced in a controlled way by means of light.

Reference article:

[Photoinduced persistent electron accumulation and depletion in LaAlO₃/SrTiO₃ quantum wells](#)

Yu Chen, Yoann Lechaux, Blai Casals, Bruno Guillet, Albert Minj, Jaume Gázquez, Laurence Méchin, and Gervasi Herranz.

Phys. Rev. Lett. 124, 246804 – Published 19 June 2020

DOI: 10.1103/PhysRevLett.124.246804