|  |  |
| --- | --- |
| WHAT A MOLECULAR TRANSISTOR!  Part 1  How far can a single, tiny molecule go? Exceeding most people's imagination, researchers have shown that a single molecule can actually work as a transistor for photons.  What is the major technological breakthrough of the 20th century? According to the U.S. National Academy of Engineering’s top 20 list, electronics, computers, lasers and optical communications are all good candidates. Which is the common denominator amongst them all? The transistor, of course; invented in 1925, the transistor heralded a new era in technology. Our world would not be the same without it. Vahid Sandoghdar and his Nano-optics group of researchers at the Swiss Federal Institute of Technology (ETH) in Zurich have now shown that a single molecule can actually perform on photons all the operations that a standard transistor can perform on electrons — a huge step forward towards all-optical computation. Where does the advantage of using photons instead of electrons lie? Light is fast, faster than anything else. Light is already the standard tool for telecommunications: optical fibers have been steadily substituting old copper cables with overwhelming advantages in terms of performance. Nonetheless, computation is still mainly performed by electrons in electronic devices. The use of photons instead could speed things up, and cutting-edge research is already exploring various optical alternatives to electronics, including those based on metamaterials or excitons.  The transistor is the fundamental building block of almost all electronic equipment today. Transistors are used to control the flow of electrons in electrical signals. A low-intensity electrical power is able to make the transistor function as a gate that controls another incoming electrical signal of greater intensity, in the same way that a valve controls water flow from a tap. When the first signal reaches a certain threshold, the gate opens and lets the incoming electrical flow from the larger power supply go through. Below that threshold, the gate closes. The job of the transistor is, therefore, to amplify or attenuate an incoming electrical signal depending on a controlling, lower-intensity current. Another way of seeing transistors is as a binary switch: for example, an open gate can be encoded as a digital 1 and a closed gate as a digital 0. Transistors are a key component in electronic devices such as computers because they can be arranged into networks and perform all kinds of binary operations.  Nonetheless, "these basic operations... when performed with electrons, present limitations, such as losses, heating, and cross-talks between electrons. It would be interesting if the same operations could be performed using light," says Sandoghdar. The main advantage of light is that it is faster than anything else, and using photons instead of electrons could greatly speed things up. "This opens new difficulties, though. Controlling light by using light is not possible, since photons do not interact between themselves."  Sandoghdar and his team at ETH have overcome this challenge by using single molecules to mediate interactions between photons. Molecules can thus emit light in a process called stimulated emission: when bombarded with photons of the correct energy, electrons within a molecule can reach an excitation state and then come back to normal by releasing new, identical photons. However, "stimulated emission in molecules is usually an inefficient process. By going to low temperature in order to increase the molecular cross- section and by focusing light to diffraction limit, we achieved the higher efficiency needed to perform our experiment," Sandoghdar says. | ЧТО ЗА МОЛЕКУЛЯРНЫЙ ТРАНЗИСТОР!  Часть 1 Как далеко одна, крошечная молекула может идти? Превосходящие воображение большинства людей, исследователи показали, что одна молекула может реально работать как транзистор для фотонов.  Что является главным технологическим прорывом 20-го века? В соответствии с США Национальной инженерной академии топ 20 списка, электроника, компьютеры, лазеры и оптические коммуникации являются хорошими кандидатами. Что является общим знаменателем среди них всех? Транзистор, конечно; изобретенный в 1925 году транзистор ознаменовали новую эру в технологии. Наш мир не был бы тем же самым без него. Вахид Сандогдар и его нано-оптики группа исследователей из Швейцарского федерального технологического института (ETH) в Цюрихе теперь показали, что одна молекула может фактически выполнять на фотонах все операции, которые стандартный транзистор может выполнять на электронах - огромный шаг вперед по сравнению со всеми оптическими вычислениями. Где лежит преимущество использования фотоны вместо электронов? Свет быстр, быстрее, чем все что-либо еще. Свет уже стандартный инструмент для телекоммуникаций: оптические волокна неуклонно заменяют старые медные кабели благодаря подавляющим преимуществам с точки зрения производительности. Тем не менее, вычисление до сих пор в основном осуществляется с помощью электронов в электронных устройствах. Использование фотонов вместо них, должно все ускорить, и передовые исследования уже изучают различные оптические альтернативы электроники, в том числе на основе метаматериалов или экситонов.  Транзистор является фундаментальным строительным блоком почти всего электронного оборудования сегодня. Транзисторы используются для управления потоком электронов в электрических сигналах. Электрические мощности низкой интенсивности может сделать функцию транзистора в качестве затвора, который управляет другой входящий электрический сигнал большей интенсивности, таким же образом, что клапан регулирует поток воды из-под крана. Когда первый сигнал достигает определенного порогового значения, ворота открываются и позволяет входящий электрический поток от большего источника питания пройти. Ниже этого порога, ворота закрываются. Работа транзистора, таким образом, чтобы усиливать или ослаблять входящий электрический сигнал в зависимости от тока контрольного, более низкой интенсивности. Другой способ видения транзисторов в виде двоичного переключателя: например, открытые ворота могут быть закодированы в виде цифрового 1 и закрытые ворота в качестве цифрового 0. Транзисторы являются ключевым компонентом в электронных устройствах, таких как компьютеры, так как они могут быть организованы в сети и выполнять все виды бинарных операций.  Тем не менее, "эти основные операции ... когда выполняются с электронами, присутствующими ограничениями, такими как потери, отопление, и перекрестных переговоров между электронами. Было бы интересно, если одни и те же операции могут быть выполнены с использованием света," говорит Сандогдар. Главное преимущество света является то, что это быстрее, чем все остальное, и использовать фотоны вместо электронов может значительно ускорить процесс. "Это открывает новые трудности, хотя. Управление светом с помощью света не представляется возможным, так как фотоны не взаимодействуют между собой."  Сандогдар и его команда в ETH преодолели эту проблему с помощью одиночных молекул в качестве посредника взаимодействий между фотонами. Молекулы могут излучать свет, таким образом, в процессе, называемом вынужденное излучение: при облучении фотонами правильной энергии, электроны в молекуле может достичь состояния возбуждения, а затем вернуться к нормальной жизни, выпуская новые, идентичные фотоны. Тем не менее, "вынужденное излучение в молекулах, как правило, неэффективным процессом. Идя к низкой температуре, с тем, чтобы увеличить сечение молекулярного и фокусировки света на дифракционный предел, мы достигли более высокую эффективность, необходимую для выполнения нашего эксперимента", говорит Сандогдар. |

|  |  |
| --- | --- |
| WHAT A MOLECULAR TRANSISTOR!  Part 2  What is "an appropriate medium"? Molecules can emit light through a process called stimulated emission — the same working principle of lasers: an electron, after being perturbed by a photon with the proper energy, emits a second photon with the same phase, frequency, polarization, and direction of travel as the original. However, obtaining stimulated emission from a molecule with good efficiency, "is tricky from the experimental point of view," Sandoghdar points out. "In fact, stimulated emission in molecules is usually an inefficient process, because light is not strongly focused and single molecules do not have a broad cross-section. By going to low temperature in order to increase the molecular cross-section and by focusing light to diffraction limit, we achieved the higher efficiency needed to perform our experiment." In order to show the single molecule optical transistor at work, two laser sources are needed. The first laser pumps the electrons of the molecule in an appropriate energy state; a second laser sources then stimulates the secondary emission of photons from the molecule. In these terms, the first laser works like the control current in a transistor. It can, therefore, decide when to open or to close the molecular gate, i.e. when the molecule only absorbs the photons of the second laser or when it emits more by stimulated emission. "Three actions are, therefore, possible on the second beam, i.e. to attenuate it up to ten percent, leave it unaltered or amplify it up to one percent." Even though this efficiency might sound very low, Diederik S. Wiersma, leading the group of Optics of Complex Systems at LENS (European Laboratory for Non-linear Spectroscopy in Florence, Italy), explains that "you need to compare this result to other non-linear effects where usually not more than one photon out of a million is affected. The efficiency achieved in this work is incredibly high since you can control nearly all the photons of a light beam this way."    The ETH researchers think there is a long way to go before identifying any practical applications for their findings. For example, "it is not clear to me," Sandoghdar admits, "how wiring at the nanoscale could be achieved in order to make such optical transistors communicate between them. The low temperature, fundamental in our experiment, is another issue for real applications and, moreover, a higher efficiency will be needed; maybe atoms will work better than what molecules do. Right now, academic applications are for sure easier to tackle for this system, such as, for example, exploring quantum information schemes. It is amazing though," he adds "to see what a small element, like a single molecule, can do in terms of light absorption and amplification."  There is still a lot to do in these days in nanophotonics before electronics will be substituted by all-optical circuits, but, as Wiersma says, "this result is a really important step forward. It might be that, one day, we could use these single-molecule optical transistors as building blocks for creating fully optical circuits, which, of course, would be fantastic." When the first electronic transistor was developed it was huge and it seemed impossible that a centimeter size object would ever be scaled down and become as useful as it is today. The same holds for the first laser which filled an entire room and was considered completely useless in the early days. What followed is history: transistors are the heart of modern electronics, and lasers are used for surgery, CD players, bar code scanners, and much more. "Application driven research," Wiersma concludes, "will never provide real scientific progress and, vice versa, it is impossible to know all the applications that can come out of an important scientific result. Do not forget, therefore, to look also at the sheer beauty of the result as such: these researchers managed to block and control a beam of light with one single molecule, which is a really exceptional achievement!" | ЧТО ЗА МОЛЕКУЛЯРНЫЙ ТРАНЗИСТОР!  Часть 2  Что такое "соответствующая среда"? Молекулы могут излучать свет через процесс, называемый индуцированное излучение - один и тот же принцип работы лазеров: электрона, после того, как возмущенные фотона с правильной энергией, излучает второй фотон с той же фазе, частоте, поляризации и направления движения, как оригинал. Однако получение вынужденное излучение от молекулы с хорошей эффективностью, "сложно с экспериментальной точки зрения," Sandoghdar указывает. "На самом деле, стимулированное излучение в молекулах, как правило, является неэффективным процессом, так как свет не сильно сфокусированным и отдельные молекулы не имеют широкое поперечное сечение. Переходя к низкой температуре с целью повышения молекулярной сечение и фокусировки света до дифракционного предела, мы достигли более высокой эффективности, необходимой для выполнения нашего эксперимента ". Для того, чтобы показать единственную молекулу оптического транзистора на работе, необходимы два лазерных источников. Первый лазер насосы электроны молекулы в соответствующем состоянии энергии; а второй лазерные источники затем стимулирует вторичное излучение фотонов из молекулы. В этих терминах, первый лазер работает как управляющего тока в транзисторе. Это может, следовательно, решать, когда открывать или закрывать молекулярные ворота, то есть когда молекула поглощает только фотоны второго лазера или когда он излучает более вынужденное излучение. "Три действия, поэтому, возможно, на втором пучке, т.е. ослабить его до десяти процентов, оставить его неизменным или усилить его до одного процента." Даже если эта эффективность может показаться очень низкой, Дидерика S. Wiersma, ведущий группу оптики сложных систем на Ленс (Европейская лаборатория Нелинейная спектроскопия во Флоренции, Италия), объясняет, что "вам нужно сравнить этот результат с другими не -линейных эффекты, где пострадавшие обычно не более чем один фотон из миллиона. эффективность достигается в этой работе невероятно высок, так как вы можете контролировать почти все фотоны светового луча этот путь ".   Исследователи ETH думаю, что есть длинный путь, прежде чем идентифицировать любые практические приложения для своих выводов. Например, "не ясно мне," Sandoghdar признает, "как проводка на наноуровне можно достичь того, чтобы сделать такие оптические транзисторы связи между ними. Низкая температура, фундаментальное в нашем эксперименте, является еще одной проблемой для реальных приложений и, кроме того, будет необходим более высокий коэффициент полезного действия, может быть, атомы будут работать лучше, чем то, что молекулы сделать прямо сейчас, научные приложения наверняка легче решать для этой системы, такие как, например, изучение квантовых информационных схем удивительно.. хотя, "добавляет он", чтобы увидеть, что небольшой элемент, как одну молекулу, можно сделать с точки зрения поглощения света и усиления ".  Существует еще много сделать в эти дни в нанофотоники, прежде чем электроника будет заменена полностью оптических схем, но, как говорит Вирсма, "этот результат является очень важным шагом вперед. Это может быть, что в один прекрасный день, мы могли бы использовать эти оптические транзисторы одной молекулы в качестве строительных блоков для создания полностью оптических схем, которые, конечно же, было бы фантастическим ". Когда первый электронный транзистор был разработан он был огромен, и это казалось невозможным, что объект размером сантиметр когда-либо будет уменьшено и стать столь же полезным, как сегодня. То же самое справедливо и для первого лазера, который заполнил всю комнату и был признан полностью бесполезным в первые дни. То, что последовало история: транзисторы являются основой современной электроники, а также лазеры используются для хирургии, проигрыватели компакт-дисков, сканеры штрих-кодов, и многое другое. "Применение ориентированных исследований," Wiersma приходит к выводу, "никогда не обеспечит реальный научный прогресс и, наоборот, что невозможно знать все приложения, которые могут выйти из важного научного результата. Не забудьте, поэтому, чтобы также посмотреть на чистая красота результата как такового: эти исследователи сумели блокировать и контролировать луч света с одной единственной молекулой, которая является действительно исключительным достижением "! |

**Much More than a Contact Lens**

Imagine a device which displays interactive background information onto your real world. For example, it may be useful information about the surrounding objects. Imagine that it looks like a contact lens. These contact lenses could offer the perfect platform for Augmented Reality. To create them contact lenses should be combined with LEDs and other electrical components. A team of scientists from the University of Washington is working on it.

It is assumed that the production of super contact lenses will include three main steps. The first, printed circuit board is created on the plastic substrate. This is done using a photolithography process. The next step is a self-assembly. The plastic template is dipped into a special solution with some microelectronics components. Thanks to capillary forces, the components then bind with the plastic templates in the desired location. Finally, the surface is encapsulated with a biocompatible material and pressed, creating the contact lens.

But there are several obstacles to the creation of such lenses. First of all, a high resolution display still needs to be embedded in the contact lens. Secondly, the eye cannot focus on a near object to it. Therefore, the background image will be blurred. Finally, the pupils are constantly moving. Therefore, lenses should form an image based on the current position of the pupils. They have to do it quickly and accurately.

In summary it can be said that super contact lens will be available not soon.

P.S. (postscript) Biocompatibility tests have shown that no one is sorry for the rabbits.