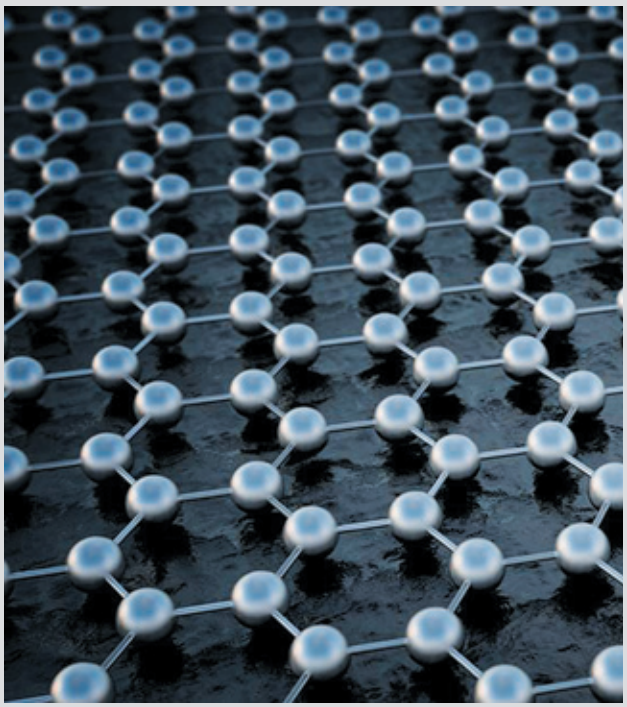
НАНОЛЕНТЫ ГРАФЕНА ДЛЯ КВАНТОВЫХ УСТРОЙСТВ



Международная группа ученых синтезировала графеновые наноленты – ультратонкие полоски атомов углерода – на поверхности диоксида титана с атомарной точностью. Полученный материал может преобразовать электронику и информатику благодаря своим легко настраиваемым электронным, оптическим и транспортным свойствам.

Наноленты графена могут применяться в устройствах нанометрового масштаба, однако недостаток точности в масштабах атомов при разрезании листов графена на полоски атомарной толщины препятствуют практическому использованию графена.

Исследователи разработали метод получения графеновой наноленты непосредственно на атомном уровне так, чтобы использовать ее в конкретных приложениях. Этот исключительно точный метод сохраняет ценные свойства монослоев графена, поскольку разница в ширине всего в один-два атома может кардинально изменить свойства всей системы, превратив полупроводниковую ленту в металлическую. Ранее графеновые наноленты синтезировались на металлической подложке, которая неизбежно изменяла электронные свойства нанолент.

В новом подходе в условиях сверхвысокого вакуума осуществляется многоступенчатый процесс влажной химии, требующий удаления металлической подложки. Использование металлической подложки бесполезно, поскольку она экранирует свойства наноленты, а для создания действующего устройства необходимо эффективно разделить сеть молекул для формирования транзистора.

Поиск решения привел к идее использования неметаллических подложек, в частности, оксидных поверхностей. В сотрудничестве с химиками, специализирующимися в области химии фтораренов, начались разработки химического прекурсора, который позволил бы синтезировать графен непосредственно на поверхности рутилового диоксида титана.

Выяснилось, что поверхностный синтез, осуществляемый с помощью молекулярных прекурсоров, позволяет изготавливать материалы с очень высокой точностью. Для придания синтезируемому материалу определенных, заранее заданных свойств, достаточно создать нужный прекурсор, "программирующий" эти свойства в реакциях, протекающих при определенных температурах. Преимуществом в этом случае является широкий выбор материалов-кандидатов, которые могут использоваться в качестве прекурсоров, обеспечивая высокий уровень "программируемости". Дозированное применение химикатов для разделения системы помогло сохранить структуру с открытой оболочкой и получить доступ на атомном уровне для создания и изучения молекул с уникальными квантовыми свойствами.

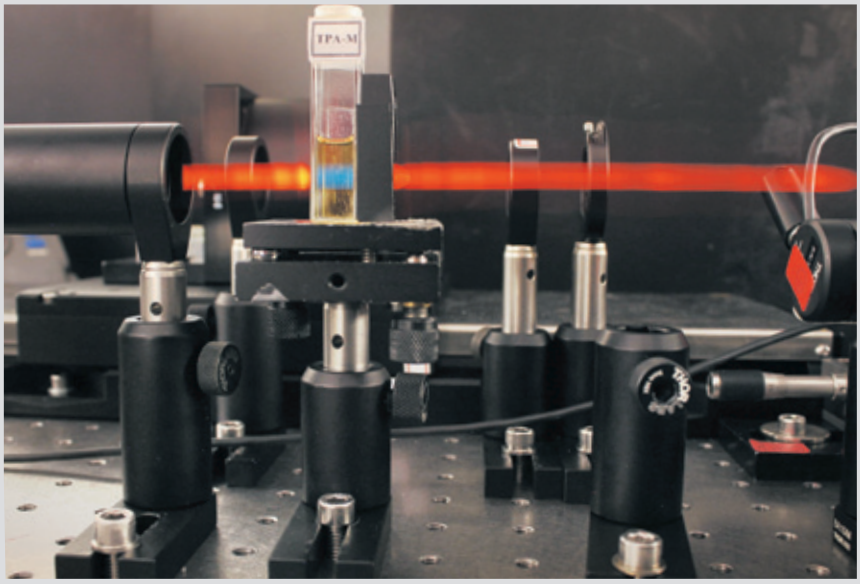
Было обнаружено, что графеновые ленты имеют на концах связанные магнитные состояния, также называемые квантовыми спиновыми состояниями. Эти состояния помогают изучить магнитные взаимодействия, а в перспективе – создание кубитов, используемых в квантовой информатике. Поскольку в молекулярных материалах на основе углерода существует небольшое нарушение магнитного взаимодействия, этот метод синтеза позволяет программировать длительные магнитные состояния внутри материала.

В итоге была создана высокоточная графеновая лента, отделенная от подложки, которую можно применять для приложений спинтроники и квантовой информатики. Полученный материал идеально подходит для дальнейшего изучения и создания наноразмерного транзистора, поскольку имеет широкую запрещенную зону в пространстве между электронными состояниями, что можно использовать для передачи сигнала включения / выключения.

Визуализация графеновой ленты и манипуляции с материалом-прекурсором производилась с помощью сканирующей туннельной микроскопии, кончик иглы которой настолько тонкий, что имеет размер в один атом. Перемещая иглу линия за линией и постоянно измеряя взаимодействие с иглой и поверхностью, исследователи создали атомарно точную карту структуры поверхности.

По материалам: https://energy.gov/science

ИК-АНТЕННА ПИТАЕТ МОЛЕКУЛЯРНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ ЭНЕРГИЕЙ ВСЕГО ДВУХ ФОТОНОВ



Управляемые светом молекулярные двигатели – уже не новинка. Они могут использоваться для создания новых функциональных материалов, обладая автономностью и механизмами управления внешними командами. В биологии они могут приводиться в движение светом низкой интенсивности, обладающим высокой проникающей способностью в живых тканях.

Химики из университета Гронингена разработали роторный двигатель, питание которого обеспечивается светом, близким к инфракрасному диапазону, улавливаемому встроенной в молекулу двигателя антенной. Впервые конструкцию однонаправленного роторного молекулярного двигателя со световым приводом представил Бен Феринг, профессор органической химии университета Гронингена в 1999 году. В 2016 году его труды были отмечены Нобелевской премией по химии.

С тех пор молекулярные двигатели значительно эволюционировали, но основным ограничением для их применения был источник энергии – ультрафиолетовое излучение, что для многих материалов неприемлемо. До недавнего времени использование менее энергичных фотонов ближнего инфракрасного диапазона оставалось только перспективной идеей.

Попытки заместить один фотон высокой энергии двумя фотонами более низкой энергии для молекулярного двигателя не увенчались успехом, поэтому в лаборатории Feringa попробовали подсоединить к моторной молекуле при помощи ковалентной связи антенну, способную поглощать два фотона из ближней ИК-области спектра. Возбуждение, возникающее в антенне при поглощении этих двух фотонов, затем передается двигательной части моторной молекулы. Для осуществления этой схемы требовалась точная настройка уровней энергии антенны и молекулярного двигателя, а также внесения в конструкцию линкера, позволяющего закрепить антенну, не мешая вращению самого роторного двигателя.

Сложная последовательность событий, приводящая двигатель в движение, происходит в очень широком временном интервале – от нескольких пикосекунд до минут. Различные временные режимы были изучены с помощью ядерного магнитного резонанса и сверхбыстрой спектроскопии. Были зафиксированы как улавливание антенной двух фотонов в ближнем инфракрасном диапазоне, так и передача энергии молекулярному двигателю. Испытания молекулярного двигателя с антенной, линкером и моторной молекулой прошли удачно.

После многих лет разработки молекулярных двигателей возможность преодолеть потребность в высокоэнергетическом ультрафиолетовом свете для питания их молекулярных роторных двигателей стала реальностью. Это важная веха в разработке искусственных молекулярных двигателей открывает широкие перспективы для создания будущих приложений: от чувствительных материалов до биомолекулярных систем.

Следующим шагом является упрощение конструкции моторно-антенного комплекса и придания ей дополнительных функций. Возможное применение новой моторной молекулы состоит в том, чтобы задействовать ее, например, как пусковой механизм для высвобождения содержимого пузырька в биологической системе.

Крошечные молекулярные двигатели могут использоваться во многих нанотехнологиях, например для адресной доставки лекарств в пораженные области живых организмов. Обеспечение питанием крошечного молекулярного двигателя, перемещающегося в живых биологических тканях, уже не является проблемой, и в ближайшее время мы сможем ожидать всплеск интереса к подобным технологиям и новые конструкции автономных молекулярных роторных двигателей.

По материалам: http://phys.org.