

Территория науки

# О пользе симбиоза

**В новой лаборатории МФТИ создают приборы на основе двумерных материалов**

Наталья БУЛГАКОВА

► Микроэлектронике в СССР не повезло. Был атомный проект, космический, и здесь страна добилась ощутимых успехов. Микроэлектронику же недооценили, в нее государство так не вкладывалось, и последствия ощущаем до сих пор. Сегодня, похоже, так же недооценивается государством значение новых материалов на основе графена. Внимание и поддержка, оказываемые исследованиям в этой области в мире и России, несоизмеримы по масштабу. В Московском физико-техническом институте (чьи выпускники, кстати, получили Нобелевскую премию за открытие графена, работая уже не в нашей стране) перспективность этого научного направления хорошо понимают. В прошлом году в рамках программы глобальной конкурентоспособности (Проект 5-100) здесь была создана новая структура - лаборатория двумерных материалов и наноструктур, вошедшая в состав Центра фотоники и двумерных материалов МФТИ.

- Появление нового материала предвещает всплеск в науке и технике, - говорит член-корреспондент РАН Виктор Рыжий, руководитель лаборатории. - Железо, нефть, алюминий последовательно меняли мир. «Кремниевая революция» привела к появлению современной цифровой реальности. Не было бы диоксида кремния, в лучшем случае мы бы сегодня имели ламповый компьютер.

Открытие графена ознаменовало начало особой эпохи. Если все предыдущие материалы отличались друг от друга, скорее, количественными показателями, графен - качественно другой: он двумерный, чем объясняются его уникальные свойства. Несколько лет назад ученые заговорили о

«графеновой революции» - о том, что со временем графен сможет заменить кремний. Пока что этого не произошло, но информация накапливается, рано или поздно количество перейдет в качество, уверен В.Рыжий. Важно, чтобы Россия не осталась в стороне от нового технологического прорыва.

По словам руководителя лаборатории, о существовании двумерных материалов известно достаточно давно. Многие из них уже исследованы, разработаны технологические приемы их использования. Эти материалы могут стать основой для создания новых приборов, превосходящих по своим свойствам существующие. На это в значительной степени направлена деятельность новой лаборатории.

Особенность ее состоит в том, что она является совместной структурой вуза и академического института - МФТИ и Института сверхвысокочастотной полупроводниковой электроники им. В.Г.Мокерова РАН - объединенных общей целью: это разработка и создание компактных высокочувствительных детекторов среднего инфракрасного и терагерцового диапазонов частот, а также компактных высокочувствительных биологических сенсоров на основе двумерных материалов и вандер-ваальсовых гетероструктур.

- В названии этого академического института ключевое слово - «сверхвысокочастотный», - говорит Алексей Арсенин, директор Центра фотоники и двумерных материалов МФТИ. - Ученые Физтеха изначально работали в другом диапазоне частот - в области оптики, фотоники. Мы ожидаем, что объединение исследований в этих двух диапазонах, в том числе в контексте изучения и применения двумерных материалов, приведет к созданию какой-то иной электроники, принципиально новых

продуктов, которые сейчас даже трудно представить.

Дмитрий Пономарев, ведущий научный сотрудник лаборатории двумерных материалов и наноструктур МФТИ, заместитель директора ИСВЧПЭ РАН (на снимке), также считает сложившийся симбиоз очень полезным.

- Направление СВЧ-электроники, в котором мы работаем, довольно узкое, но востребованное как для гражданского применения, так и для систем специального и двойного назначения, - говорит ученый. - У нас есть профильные специалисты, уникальное оборудование, позволяющее создавать новые структуры и приборы. Мы работаем с предприятиями промышленного сектора и довольно хорошо себя зарекомендовали. Но нам не хватает студентов и аспирантов с хорошим бэкграундом, со знанием физики и навыками моделирования приборов. Симбиоз эту проблему решает: теперь мы можем брать студентов МФТИ на практику, наши сотрудники имеют возможность стажироваться в Физтехе. И еще одно: мы сосредоточены на изготовлении конечных продуктов, но ограничены в измерительном оборудовании. В Физтехе же прекрасный Центр коллективного пользования, оснащенный по последнему слову



**Симбиоз открывает перед нами замечательные возможности по созданию новых технических устройств.**

техники, но практически нет технологического оборудования, которое есть у нас. Симбиоз открывает перед нами замечательные возможности по созданию новых технических устройств.

Лаборатория двумерных материалов и наноструктур находится в процессе становления, но началось все не с нуля: уже наработан совместный научный задел. Он связан как с новыми двумерными материалами, так и со старыми, которые коммерчески давно используются. На их основе создаются новые оптоволоконные приборы.

- Чтобы вести некоторые наши исследования, необходимо оборудование для ближнепольной микроскопии, и оно есть на Физтехе, - рассказывает Д.Пономарев. - Например, одна из задач - увеличение мощности источников и чувствительности детекторов терагерцового диапазона за счет использования различных металлических и диэлектрических периодических антенных структур, формируемых на поверхности полупроводника. Еще одна задача - фокусировка оптического излучения в субволновом диапазоне в зазоре антенны. Вместе с нашими коллегами из ТПУ Игорем и Олегом Мининими мы показали, как это возможно сде-



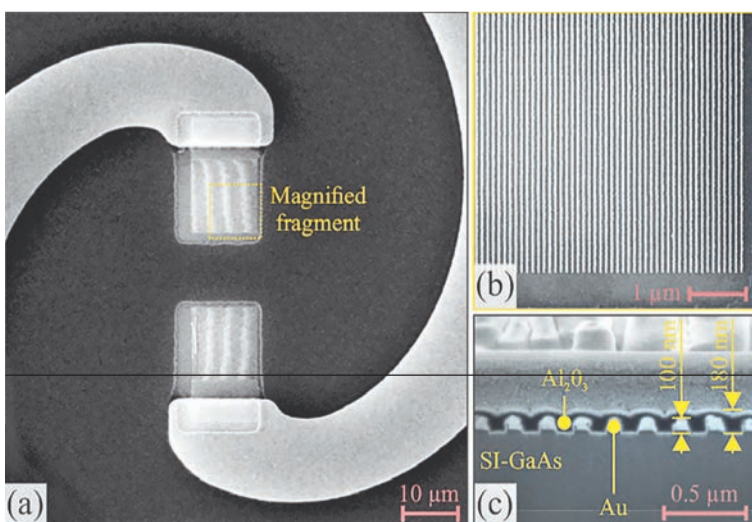
Фото Евгения Пелевина

«Они могут быть использованы при создании терагерцовых лазеров на графене, - рассказывает В.Рыжий. - Эта идея была выдвинута нами 12 лет назад, сейчас мы пытаемся ее реализовать совместно с императорским Университетом Тохоку, одним из лучших в Японии». Еще один совместный проект с этим вузом связан с созданием селективного детектора. Это устройство необходимо при переходе на стандарт информации 5G. В Токио в 2020 году состоится Олимпиада, и к этому времени на 5G планируют перевести весь город. Идея этого селективного детектора также принадлежит россиянам: он устроен по иным принципам, нежели существующие, но, как считают ученые, вполне может с ними конкурировать.

Теоретически (в частности, за счет использования кубоида с призмой, сформированных на металлической поверхности), а ближнепольная микроскопия позволяет визуально убедиться, что теоретическое решение верно. Эти задачи взаимосвязаны. И обе очень актуальны.

Применение таких источников и детекторов в системах терагерцовой спектроскопии и визуализации чрезвычайно широко: и в медицине - для диагностики кожных болезней, и в космонавтике - для космической связи между спутниками. Источники и детекторы терагерцового диапазона (в составе системы) могут быть использованы в лаборатории - для ближней закрытой связи между компьютерами, на почте - для проверки конвертов на предмет опасных вложений, в аэропорту - чтобы с расстояния в несколько метров определить наличие вредоносных веществ у пассажиров.

Другое перспективное направление - использование графена в сочетании с другими двумерными материалами. Оказалось, что если графеновый слой, то есть двумерный слой молекул, покрыть, например, слоем черного фосфора или черного мышьяка, получают новые материалы, обладающие очень интересными свойствами.



Изображение периодической металлической антенной структуры (плазменной решетки), изготовленной в ИСВЧПЭ РАН