

Дефекты не страшны: учёные изучили неожиданные свойства разупорядоченных нанорешёток

Учёные Сибирского федерального университета совместно с коллегами из Королевского технологического института (Стокгольм, Швеция), Федерального Сибирского научно-клинического центра ФМБА России (Красноярск), Института физики им. Л. В. Киренского СО РАН, Сибирского государственного аэрокосмического университета им. М. Ф. Решетнёва и Рочестерского университета (Нью-Йорк, США) изучили феномен коллективного решёточного резонанса, возникающего в оптическом спектре упорядоченных массивов кремниевых наночастиц.

Исследователи смоделировали несколько возможных дефектов, возникающих при построении этих массивов, и предложили способы, с помощью которых можно экономить материалы для производства наночастиц. Предполагается, что полученные результаты помогут в создании диэлектрических фотонных устройств будущего — лазеров, компактных волноводов, обладающих меньшими потерями по сравнению с обычными волокнами, оптических запоминающих и логических устройств и дисплеев. О том, как привычная оптика меняется буквально на наших глазах, учёные рассказали в журнале Оптического общества Америки [«Journal of the Optical Society of America B»](#).

Маятник часов, струны скрипки или гитары, звучание человеческого голоса, лазерное оборудование, используемое в медицинском центре, — все эти явления существуют благодаря общему физическому принципу резонанса. Резонанс — это совпадение частоты одного колебания с частотой другого, которое приводит к резкому возрастанию интенсивности колебаний. Все современные оптические устройства, телевидение, радиоприборы успешно функционируют благодаря этому явлению с середины 20 века, однако учёные утверждают, что сфера использования резонанса становится гораздо шире.

«Известно, что из наночастиц можно выстраивать различные периодические структуры. Если „поиграть“ длиной волны, излучающей эти частицы, или изменить период между ними, можно добиться интересного эффекта — все частицы возбуждятся одновременно и в оптическом спектре появится особый высокочастотный резонанс. Этот эффект можно использовать для создания высокочувствительных сенсоров, которые будут моментально реагировать на присутствие в изучаемой среде каких-то определённых биологических соединений, или, например, газов (в том числе, ядовитых). В США уже начато производство сверхкомпактных лазеров: на тончайшую плёнку из наночастиц наносится флуорисцирующий слой — в итоге получается инструмент для испускания очень интенсивного излучения. Представьте лист школьной тетради „в клеточку“ — мысленно нарисуйте „точки“ в углах каждой клетки — у вас получится упорядоченная система, в которой „точки“-наночастицы находятся на строго заданном расстоянии друг от друга. Дальше нужно направить световое излучение на эти „точки“ и отрегулировать расстояние между ними и частоту излучаемой волны так, чтобы все частицы „завибрировали“ одновременно. Получится как в старом добром примере с мостом и ротой солдат — наночастицы будут „шагать в ногу“, и мы получим сильнейший резонанс. Но, в отличие от примера с солдатами, считается, что нам не всё равно, как расположены частицы по отношению друг к другу — у каждой должна быть своя зафиксированная позиция, да и сами частицы должны быть идентичными, иначе нужного эффекта не достичь», — рассказал научный руководитель исследования, профессор базовой кафедры фотоники и лазерных технологий Института инженерной физики и радиоэлектроники СФУ, доктор физ.-мат. наук **Сергей Карпов**.



Учёный сообщил, что в ходе исследования его коллеги задались вопросом — можно ли нарушать правила, по которым работает эта система, и к чему эти нарушения приведут? Исследователи изучили три типа дефектов, которые могут возникнуть в упорядоченных нанорешётках. Выяснилось, что если существенно изменить позицию частиц в решётке относительно друг друга (их период), пострадает или электрическая дипольная, или магнитная дипольная связь. Если изменить размер частиц — например, существенно укрупнить одни или уменьшить другие наночастицы, — изменится только магнитная связь. Наиболее неожиданное открытие состоит в том, что если из упорядоченного массива случайным образом «выбить» значительное количество наночастиц (до 84 %) — 2D-решётка всё равно будет «работать» и производить необходимый высокодобротный структурный резонанс.

«Мы разработали некоторые рекомендации для экспериментаторов, синтезирующих подобные наночастицы, — оказалось, что можно не проявлять особую скрупулёзность в размере частиц, и даже если какое-то их количество будет потеряно — в этом тоже нет ничего страшного для системы. Это знание в определённом смысле поможет сэкономить ресурсы — если можно минимизировать количество потраченного кремния, а тем более серебра или золота, из которых часто производят наночастицы, и сделать не 500, а 100 таких „боевых единиц“, почему бы не воспользоваться такой возможностью без ущерба для конечного результата?», — отметил соавтор исследования, выпускник СФУ, постдок Института оптики Рочестерского университета **Илья Рассказов**.



[Пресс-служба СФУ](#), 23 сентября 2019 г.

© Сибирский федеральный университет. Редакция сайта: +7 (391) 246-98-60, info@sfu-kras.ru.

Адрес страницы: <https://news.sfu-kras.ru/node/22182>