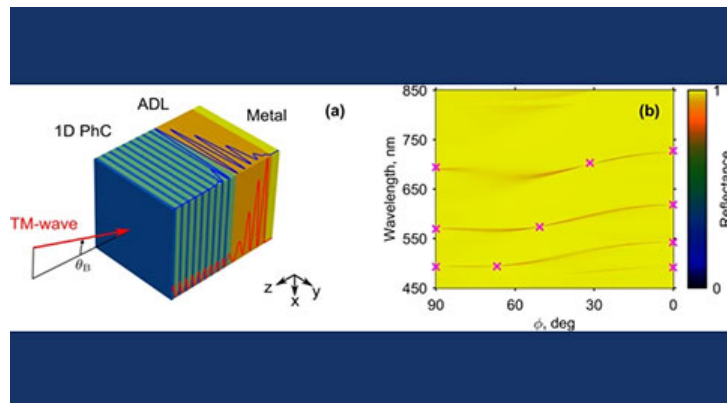


Учёные СФУ «связали свет в континууме» для создания оптоэлектронных устройств с управляемой добротностью

Учёные Сибирского федерального университета и Института физики ФИЦ КНЦ СО РАН первыми в мире исследовали и экспериментально обнаружили связанные состояния в континууме в одномерной слоистой фотонной структуре. Результаты исследования опубликованы в журнале [Communications Physics](#).



Эффективность оптоэлектронных устройств, которые генерируют, передают и используют свет, будь то лазеры, волноводы, сенсоры или светофильтры, определяется параметром, называемым добротностью. Во всех этих системах происходят колебания стоячих или бегущих световых волн. Добротность определяет во сколько раз запасы энергии в системе больше, чем потери энергии за один период колебаний. Концепция связанных состояний в континууме позволяет реализовать устройства с настраиваемой добротностью, величина которой может быть сколь угодно велика и ограничивается только неустраняемыми потерями в самих материалах системы.

Связанное состояние в континууме (ССК) — это такое состояние волны, при котором у неё достаточно энергии, чтобы покинуть систему, но она не может это сделать из-за деструктивной интерференции (сложения волн, при котором они гасят друг друга). Добротность такой системы бесконечна, так волна не выходит из нее, т. е. нет потерь. Впервые ССК было описано для электрона в атоме в 1929 году Вигнером и фон Нойманном, в период расцвета квантовой механики. Они придумали особый вид атомного потенциала, который не встречается в реальности. Дело в том, что электрон проявляет себя как волна — это ключевая концепция квантовой механики, а потенциал атома — это барьер особой формы, на который такая волна падает, когда электрон выходит из атома. При этом волна электрона многократно отражается от барьера и формирует множество волн, которые в конечном итоге деструктивно интерферируют друг с другом. Это значит что они мешают друг другу выйти, и поэтому электрон оказывается привязан к атому, хотя его энергии достаточно для отрыва от него, т. е. для ионизации атома.

Долгое время ССК было просто неким парадоксом, пока в 1985 году Фридрих и Винтген не показали, что для их реализации необязательно создавать сложный потенциал (барьер для электронных волн). Они рассмотрели более простую систему и показали, что для реализации ССК достаточно обеспечить деструктивную интерференцию всего двух волн, распространяющихся в системе. После этой работы ССК были обнаружены экспериментально во многих физических системах. Однако существует теорема, которая запрещает реализацию ССК в одномерных структурах, в которых изменение параметров происходит только в одном направлении.

В первой части работы красноярским учёным удалось «обойти» эту теорему и показать возможность существования ССК в одномерной слоистой структуре. Для этого они ввели вместо второй пространственной размерности новую степень свободы в виде магнитного поля, приложенного к системе. Были рассмотрены всего три слоя, в центральном из которых направление магнитного поля повернуто относительно крайних. Электронная волна, падающая на центральный слой, расщепляется из-за этого на две волны, которые при определённых параметрах системы могут деструктивно интерферировать при выходе из этого слоя, и, таким образом, запереться внутри него.

Однако экспериментальная реализация даже такой простой системы, как в случае с электронными

волнами, сопряжена со значительными трудностями. Поэтому учёные решили осуществить экспериментальную реализацию для другого типа волн — световых.

«Как известно, интерференция — это фундаментальное свойство любых видов волн, будь то электронные, звуковые, световые или радиоволны. Нами была рассмотрена аналогичная оптическая структура — она также состоит из трёх частей: два фотонных кристалла (многослойный «пирог» из диэлектрических слоев чередующихся материалов), между которыми заключен слой жидкого кристалла. Жидкий кристалл в разных направлениях имеет анизотропные (неодинаковые) свойства, обусловленные его строением. Можно выделить так называемую оптическую ось — направление, в котором выстраиваются вытянутые молекулы жидкого кристалла. Световая волна, падающая на жидкокристаллический слой расщепляется на две волны, которые при определенной ориентации оптической оси могут деструктивно интерферировать при выходе из этого слоя, и, таким образом, запереться внутри него. Задача оказывается аналогичной описанной для электронных волн, а роль повернутого магнитного поля здесь играет повернутая оптическая ось»,

— рассказал старший преподаватель кафедры электротехнологии и электротехники СФУ **Павел Панкин**.



Учёный отметил, что красноярской группе исследователей удалось разработать теоретическую модель и провести все расчеты, а их коллеги из National Chiao Tung University (Тайвань) изготовили образец и провели необходимые оптические измерения: *«В результате нам удалось подтвердить существование связанных состояний в континууме, описанных Фридрихом и Винтгеном. В одномерных слоистых структурах мы это сделали первыми в мире. Кроме того, удалось показать, что возможно настраивать добротность системы, приближаясь или отдаляясь от ССК, простым механическим поворотом оптической оси жидкого кристалла».*

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (гранты № 19-52-52006 и 19-02-00055).

[Пресс-служба СФУ](#), 18 июня 2020 г.

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

Адрес страницы: <http://news.sfu-kras.ru/node/23297>