

Физики СФУ рассказали, как «поймать и удержать» световую волну для пользы медицины и квантовых технологий

Учёные Сибирского федерального университета в составе международного научного коллектива предложили создать лазер на основе особого состояния света вблизи поверхности слоистой анизотропной среды, покрытой жидким кристаллом. Исследователи построили численную модель устройства и показали, как можно эффективно менять локализацию сгустка света и оптимизировать его спектральные свойства. Предполагается, что в дальнейшем это поможет разнообразить возможности существующих миниатюрных лазеров. Статья с результатами работы опубликована в журнале «Nanomaterials».



«В предложенном устройстве в результате множественных переотражений закрученный световой волчок запирается на границе между двумя различными зеркалами. Первое зеркало — холестерический жидкий кристалл. Это структура, которая не обладает зеркальной симметрией оптических свойств, потому что состоит из ориентированных продолговатых молекул, направление которых „закручивается“ в пространстве подобно винтовой спирали, похожей на спираль ДНК. Как раз благодаря этому поляризацию световой волны можно закрутить, как волчок. А в качестве второго зеркала надо взять такую структуру, которая не меняла бы знак поляризации падающего на него света. Например, слоистую структуру, напоминающую торт „Наполеон“, сложенный из одинаковых одноосных диэлектрических слоёв, которые чередуются так, что оптическая ось каждого последующего слоя повернута на угол 90° относительно оси предыдущего», — рассказал руководитель научной группы, профессор кафедры теоретической физики и волновых явлений, ведущий научный сотрудник лаборатории нанотехнологий, спектроскопии и квантовой химии кафедры фотоники и лазерных технологий СФУ **Степан Ветров**.

Учёные объяснили, что поляризацию можно представить как вектор электрической напряжённости, основание которого находится в освещённой точке, а острый конец колеблется. Если стрелка вращается по кругу, то говорят, что свет обладает круговой поляризацией. Вращение может происходить по (или против) часовой стрелке или, другими словами, по правозакрученной или левозакрученной спирали. В этом случае принято говорить, что свет имеет правую (или левую) круговую поляризацию.

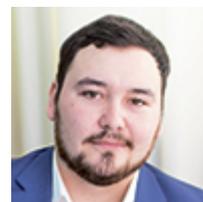
Холестерический жидкий кристалл — это полупрозрачное зеркало, которое сильно отражает свет только в том случае, когда стрелка поляризации вращается по кругу, причём в ту сторону, куда указывают молекулы жидкого кристалла. Полупрозрачность может создать определённую трудность из-за того, что при отражении пучка поляризованного света от обычного металлического зеркала направление вращения вектора напряжённости сохраняется, а направление распространения света меняется на противоположное, превращая правополяризованный свет в левополяризованный, и наоборот.

После такого отражения световую волну сложно запереть: меняя поляризацию, она постоянно «просачивается» из «ловушки» сквозь жидкий кристалл. Именно поэтому как второе зеркало нужно использовать структуру-«многослойник», которая способна сохранять поляризацию и быть анизотропной. Если использовать для создания многослойной структуры современные оптические материалы, такие как сильноанизотропные полимеры, и на поверхность аккуратно нанести

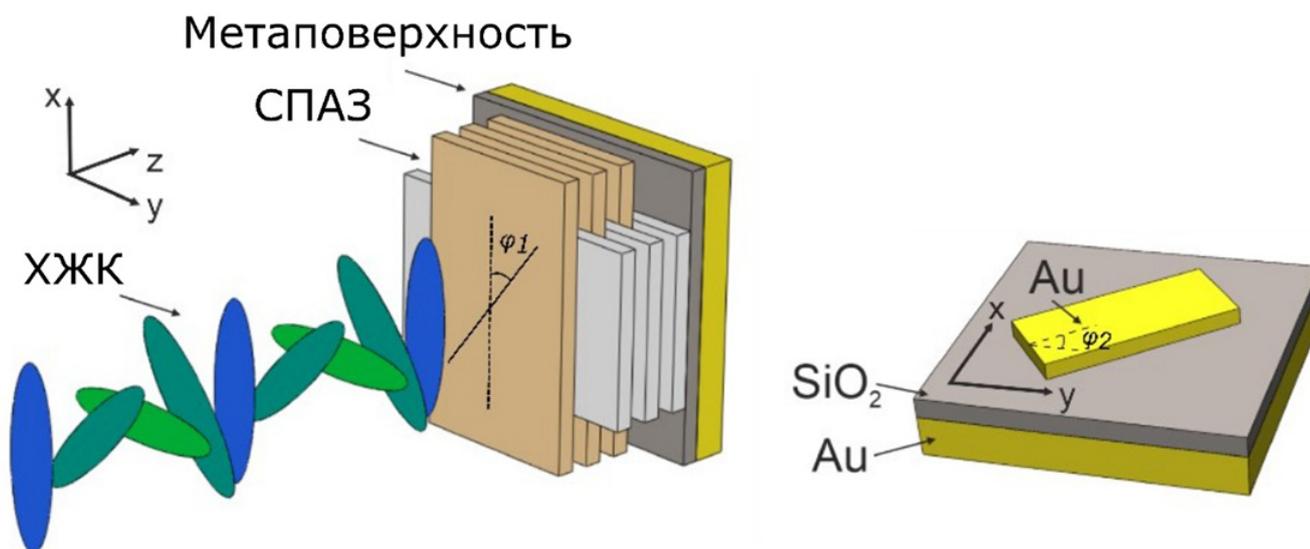
холестерический жидкий кристалл, то на границе такой структуры может возникнуть уникальное долгоживущее «запертое» состояние света — оно может не затухать на протяжении пикосекунды, за это время свет успевает совершить примерно тысячу колебаний.

*«В таком случае можно сказать, что показатель качества структуры, её добротность, составляет порядка тысячи. Такой световой „волчок“ получил имя хиральное оптическое таммовское состояние», — продолжил **Степан Ветров**.*

Соавтор исследования доцент кафедры электротехнологии и электротехники, научный сотрудник лаборатории нанотехнологий, спектроскопии и квантовой химии СФУ **Рашид Бикбаев** отметил, что для сохранения высокой добротности таммовского состояния необходимо, чтобы зеркала имели высокий коэффициент отражения. Для этого анизотропное зеркало должно содержать большое число периодов, но, технологически выполнить эту задачу достаточно трудно.



«В этой работе для получения лазера на основе хирального оптического таммовского состояния мы предложили гибридное зеркало, состоящее из небольшого числа диэлектрических слоёв и металл-диэлектрической метаповерхности. Такая поверхность была ранее получена нами в ходе эксперимента. Она состоит из массива прямоугольных золотых нанокирпичей, расположенных на 100-нанометровом слое диоксида кремния SiO_2 , нанесённого на отражающую золотую пластинку толщиной 200 нм. Нанокирпичи длиной 190 нм, шириной 70 нм и толщиной 70 нм повернуты на угол 45° относительно ориентации жидкого кристалла», — сказал Рашид Бикбаев.



По словам доцента кафедры физики СФУ **Натальи Рудаковой**, привычные для нас алюминиевые зеркала отражают не весь видимый свет. По ГОСТу четверть световой энергии может поглощаться металлом или рассеиваться. Оказывается, что гибридное зеркало отражает 90% света с нужной поляризацией и поэтому сохраняет высокую добротность структуры.



«Рассчитываем, что использование метаповерхностей и различных типов зеркал для получения высокодобротного хирального оптического таммовского состояния увеличит возможности для оптимизации и управления, а наши исследования помогут

со временем создать новые типы миниатюрных лазеров с „закрученным“ световым пучком», — заключила Наталья Рудакова.

[Пресс-служба СФУ](#), 26 апреля 2022 г.

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

Адрес страницы: <https://news.sfu-kras.ru/node/26210>