

ПРИТЯЖЕНИЕ МАГНИТА

ТОНЧАЙШИЕ КОЛЕБАНИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ХРАНЯТ В СЕБЕ ОГРОМНОЕ КОЛИЧЕСТВО ВАЖНЕЙШЕЙ ИНФОРМАЦИИ. НАЙТИ ЕЕ, ПОНЯТЬ И ИСПОЛЬЗОВАТЬ — ВОТ ЗАДАЧА, КОТОРУЮ СТАВИТ ПЕРЕД СОБОЙ ЛАБОРАТОРИЯ МАГНИТООПТИКИ, РАБОТАЮЩАЯ В РОССИЙСКОМ КВАНТОВОМ ЦЕНТРЕ.

ЕЛЕНА КРАУЗОВА

РАБОТА В ПОЛЕ Изучать влияние друг на друга магнитного поля и света профессор Владимир Белотелов начал еще студентом физфака МГУ. Сегодня он возглавляет одну из немногих в России исследовательских групп, занимающихся магнитооптикой. На кафедре фотоники и физики микроволн родного факультета он руководит лабораторией, а еще работает в Российском квантовом центре (РКЦ) — исследовательском центре, созданном в 2010 году при участии фонда «Сколково» и частных инвесторов.

В РКЦ господин Белотелов руководит лабораторией магнитооптики, нанофотоники и плазмоники. Группа под его руководством изучает, как при помощи магнитного поля можно воздействовать на свет и, наоборот, как при помощи света воздействовать на магнетизм. Фотоника изучает оптическое излучение, рассматривая фотон как носитель информации. Плазмоника — это тоже наука об оптике: в центре ее внимания — плазмоны, смешанные колебания электронов и электромагнитного поля.

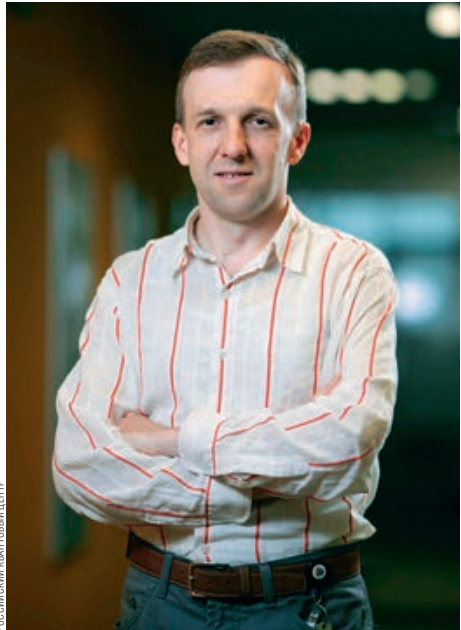
Чтобы исследовать влияние намагниченности на свет, можно следить за поведением света, идущего от обычных галогенных ламп. А вот решить обратную задачу — исследовать влияние света на намагниченность — сложнее. Это делается с помощью лазерных установок: они посылают сверхкороткие импульсы света в разных диапазонах длин волн, чтобы спровоцировать те или иные изменения в магнитных структурах.

Одновременно, чтобы найти этим эффектам практическое применение, ученые работают над специальными материалами, в которых воздействие магнитного поля на свет увеличивается в десятки и даже сотни раз. Это происходит, если у материала особая, гибридная, структура — например, если он состоит не просто из однородной магнитной пленки, но и содержит перфорированные слои металла. Собственно, из-за этих слоев материалы и получают приставку «нано»: размер перфораций — около 100 нанометров. Расположена перфорация в определенном порядке, поэтому материал считается кристаллом. В гибридном материале появляются гибридные частицы — те самые плазмоны. Теперь и обозначающий их термин «магнито-плазмонный кристалл» становится более понятным.

Хотя магнитооптика изначально рассматривалась как технология создания оптических компьютеров будущего (их принцип действия основан на изменении характеристик света с помощью магнитного поля), ученые начали с других, не менее важных задач. Последние два года они работают над сверхчувствительными сенсорами.

Так, исследователи РКЦ решили измерить магнитное поле, создаваемое человеческим сердцем. Первый, пока экспериментальный образец сверхчувствительного прибора уже создан, скоро он сможет сделать процедуру магнитокардиографии (МКГ), которая дополняет традиционное ЭКГ-обследование, более доступной.

Основной чувствительный элемент созданного сенсора — магнитная пленка толщиной примерно 1 микрон (0,001 мм). Она сделана из редкоземельного феррит-граната, распространенного магнитного материала, который в СССР, например, производили для записи и хранения информации. Ферриты с высокой намагниченностью вообще часто используются в радиоэлектронике и вычислительных устройствах как магнитные материалы. В состав феррит-граната входят железо, кислород, ионы висмута и редкоземельных элементов — тулия, скандия и других. Экспериментируя с концентрацией редкоземельных ионов, ис-



РОССИЙСКИЙ КВАНТОВЫЙ ЦЕНТР

РУКОВОДИТЕЛЬ ЛАБОРАТОРИИ ДОКТОР ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ НАУК ВЛАДИМИР БЕЛОТЕЛОВ ИЗУЧАЕТ, КАК ПРИ ПОМОЩИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ МОЖНО ВОЗДЕЙСТВОВАТЬ НА СВЕТ И, НАОБОРОТ, КАК ПРИ ПОМОЩИ СВЕТА ВОЗДЕЙСТВОВАТЬ НА МАГНЕТИЗМ

следователи могут менять магнитные и оптические свойства магнитных пленок в широких пределах. На них влияет и форма пленки: группа физика Белотелова сделала ее многослойной — если посмотреть на нее в разрезе, увидишь не прямоугольник, а лесенку. Впрочем, в самом РКЦ магнитные пленки не производят — их поставляют партнеры лаборатории из Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского в Симферополе.

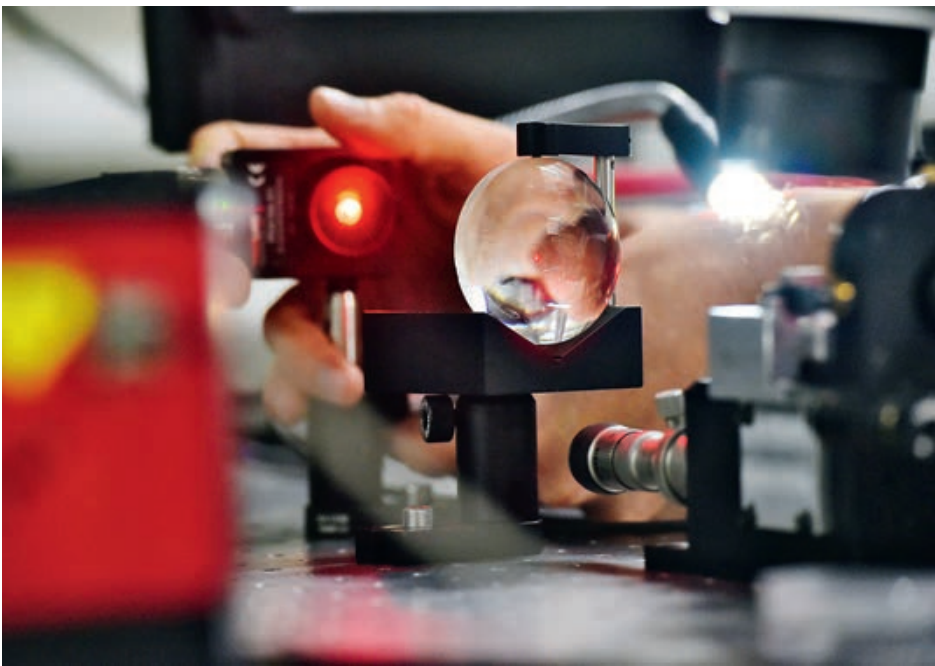
Принцип работы сенсора довольно сложен. Пленка помещается в управляющее магнитное поле, которое колеблется синхронно с магнитным полем самой пленки. Если поместить сенсор во внешнее поле, которое и требуется измерить, синхронность колебаний нарушается, при регистрации магнитного сигнала появляются дополнительные гармоники, которые и измеряют ученые.

Для достижения высокой чувствительности важно научиться измерять сигнал с минимумом шумов. Это можно делать индукционным методом — на основе знакомого нам со школы явления электромагнитной индукции — либо оптическим. Ученые применяют оба подхода, но делают акцент на втором методе, так как он потенциально более чувствительный и позволит уменьшить размеры сенсорного элемента.

ЭКСПЕРИМЕНТИРУЯ С КОНЦЕНТРАЦИЕЙ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ИОНОВ И ФОРМОЙ ОБРАЗЦА, ИССЛЕДОВАТЕЛИ МОГУТ МЕНЯТЬ МАГНИТНЫЕ И ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МАГНИТНЫХ ПЛЕНОК В ШИРОКИХ ПРЕДЕЛАХ



ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА



АНДРЕЙ ЖДАНОВ

ФОТОДЕТЕКТОР — ВАЖНЫЙ ЭЛЕМЕНТ ДЛЯ ОЦЕНКИ РАБОТЫ МИКРОРЕЗОНАТОРА

→ ние — это телекоммуникации, а также военная сфера. Например, они могут применяться при создании радаров, стабильных генераторов сигнала и т. д.

Новое оборудование должно помочь в проверке гипотез и разработке идей прикладных устройств. Раньше микрорезонаторы приходилось запрашивать у научных партнеров — квантового центра в Швейцарии. Теперь их можно изготавливать на месте и не ждать посылку от иностранцев.

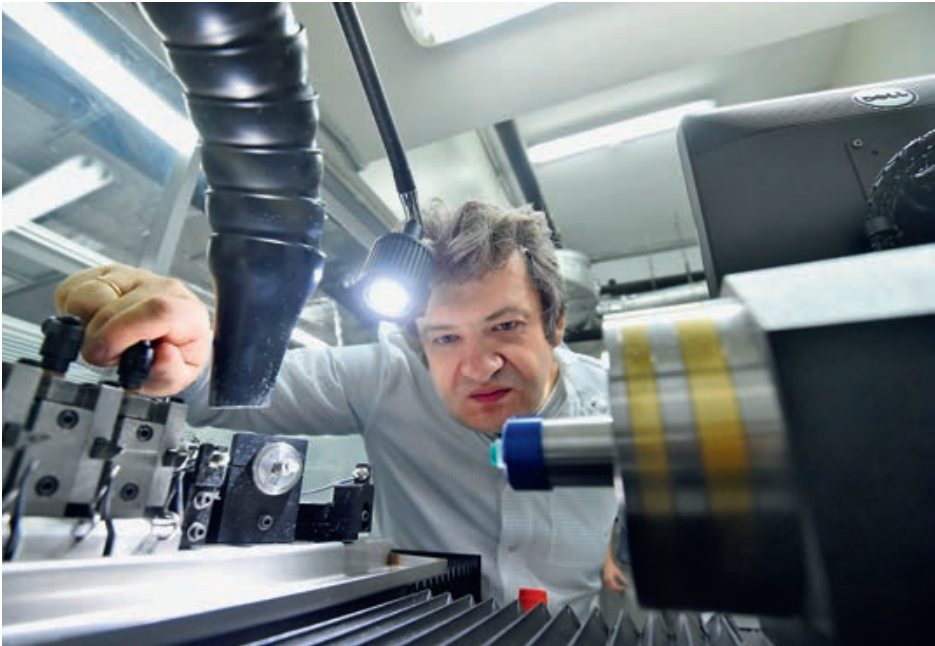
Чтобы получить оптическую гребенку, кристалл сначала обрабатывают на станке, придавая требуемую форму, там же его полируют, а затем проверяют свойства. На это уходит до нескольких часов. Но не всякий микрорезонатор хорош — на втором этапе необходимо проверить его свойства. Для этого микрорезонатор помещают в измерительную установку, для точного позиционирования используется микроскоп. Затем через него пропускают инфракрасное лазерное излучение. Сигналы с детектора исследуются на анализаторе спектра. Лаборатория тесно сотрудничает с группой профессора Киппенберга из Швейцарии, в которой в 2007 году были открыты микрорезонаторные гребенки. Теперь вместе они научились делать лучшие в мире оптические гребенки, основанные на солитонах. В лаборатории РКЦ умеют делать очень хорошие резонаторы — их теперь запрашивают те самые швейцарцы. Михаил Городецкий открыл, что самые хорошие оптические гребенки получаются, если удастся получить внутри диска бегущий по кругу солитон. Диск с заостренным краем как раз позволяет лучше, чем другие формы, получать солитоны.

Пока массовое производство микрорезонаторов не требуется. Хотя несколько компаний в мире уже произво-

дят устройства с их использованием, то есть смогли коммерциализировать эти разработки. Но это все еще штучные аппараты для очень узких целей. К примеру, американская компания OEWaves (в которой сейчас работает один из изобретателей микрорезонаторов — Владимир Ильченко) выпускает сверхстабильные СВЧ-генераторы и очень хорошие лазеры. Их лазер, выдающий свет в очень узком диапазоне (до 300 Гц) с ультрамалыми частотными и фазовыми шумами, удостоился награды PRIZM. Это фактически «Оскар» в области прикладной оптики, который выдается один раз в год.

В медицинской сфере компания Samsung ведет совместные разработки с Российским квантовым центром. Они пока на самой начальной стадии, поэтому говорить об изобретениях, имеющих прикладное применение, преждевременно.

Скорость, с которой открытия проходят путь до рыночных технологий, сегодня запредельная. На то, на что раньше уходило десятилетия, сегодня иногда уходит меньше пяти лет. Но в науке исследования оптических гребенок еще и этот срок не прошли. Несмотря на то что они были открыты в 2007 году, стабильные гребенки получили лишь в 2013-м. У России в этой области сильные позиции: ученые РКЦ ушли далеко вперед в производстве оптических гребенок по сравнению с их швейцарскими коллегами. Но лаборатория в Швейцарии научилась выпускать микрорезонаторы на чипе. В России интегральные технологии такого уровня пока только начали развиваться и применяются лишь в нескольких лабораториях. Здесь российским ученым есть на кого равняться. ■



АНДРЕЙ ЖДАНОВ

ДОКТОР ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ НАУК МИХАИЛ ГОРОДЕЦКИЙ ЗА ДВА ГОДА ДОЛЖЕН ПРЕДЛОЖИТЬ ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СФЕРЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ МИКРОРЕЗОНАТОРОВ