



FBG – TECHNOLOGIES OF FORESIGHT. ТЕХНОЛОГИИ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ



Российское "Инновационное предприятие "НЦВО-Фотоника" разрабатывает измерительные приборы на основе технологий фотоники. Общество образовано сотрудниками Научного центра волоконной оптики Российской академии наук (НЦВО РАН) для внедрения достижений в области волоконной оптики. Компания является одним из ведущих разработчиков и производителей волоконно-оптических датчиков и устройств их опроса для измерения различных физических величин: температуры, давления, перемещения, вибрации и деформации. Компания расположена в Москве на территории "Технопарка "Слава". Наши собеседники – генеральный директор "НЦВО-Фотоника" кандидат технических наук Алексей Владимирович Заренбин и его сотрудники.

Алексей Владимирович, компания "НЦВО-Фотоника" значительно моложе волоконно-оптических технологий, но с успехом вырывается на этот рынок, предлагая инновационное оборудование. Может быть, вы применили особую тактику ведения бизнеса?

Компания "НЦВО-Фотоника" существует более 12 лет. Стоит отметить, что в начале развития бизнеса у нас был настолько широкий спектр компетенций и возможностей, что мы толком не знали, какую из них следует реализовать на рынке. Только с течением времени, выйдя на рынок, мы поняли, в каком направлении двигаться. Таким образом, с точки зрения бизнеса, мы потеряли некоторое время. Но в этом есть свои плюсы – время

было потрачено на приобретение технологического опыта. Ныне мы позиционируем себя как производителя оборудования на основе FBG, волоконных брэгговских решеток, и теперь смело можем утверждать, что компания "НЦВО-Фотоника" – известный мировой производитель инновационной продукции на основе FBG.

История же использования решеток Брэгга в оптическом волокне началась в 1978–1982 годах, и сама процедура записи брэгговских решеток известна и используется многими компаниями. Она состоит из нескольких этапов: сначала световод наводороживают, после этого происходит запись решетки, затем разводороживание световода, после чего при определенной температуре выполняется отжиг.



Решетки FBC формируются в сердцевине световода путем записи фазового поля, возникающего при интерференции когерентных пучков УФ-излучения. Фазовая решетка действует как фильтр, пропускающая излучение на тех длинах волн, которые не находятся в резонансе с решеткой, и отражая излучение с длиной волны, удовлетворяющей условию Брэгга. Все отраженные волны когерентно складываются с одним большим отраженным сигналом на центральной длине волны. Использование разных длин волн позволяет мультиплексировать десятки FBC на одном волокне. Поэтому продукты с FBC стали стандартными элементами телекоммуникационных систем.

Помимо этого спектральные свойства световода с FBC – показатель преломления и длина волны отраженного света – находятся в зависимости от температурных и механических воздействий активной среды. Центральная длина волны FBC смещается в сторону более высоких или низких длин волн. Зная подобные зависимости, на основе световода с записанной решеткой можно создать датчик изменения температуры или определения величины механической нагрузки. Этот принцип всем хорошо известен, закреплен патентами и положен в основу технологий создания сенсоров FBC многими фирмами.

С другой стороны, обеспечивая в конструкции стабилизацию температуры, можно создавать волоконные лазерные резонаторы FOLR на основе решеток, которые применяются для получения одномодового лазерного излучения. При изготовлении лазерных резонаторов решетки работают как зеркала. FOLR включают в себя активный световод с двойной оболочкой и зеркала на основе FBC, записан-



ные на световодах, приваренных к активному световоду с двух сторон.

Какими ключевыми технологиями владеет компания, завоевывая область жесткой конкурентной борьбы?

Индустриального применения технология FBC достигла к 2000 годам – датчики оказались востребованными в мониторинге элементов строительных конструкций мостов и зданий, энергетике, в том числе атомной, крупных транспортных

Объем вложенного финансирования для производства волоконной оптики является колоссальным

изделий, например крыльев и фюзеляжа самолетов, шахт и нефтяных скважин. Для этих целей волокно внедряется в композиционный материал на этапе формования изделия, и таким образом, получается датчик. Многие специалисты развивали эту технологию, запатентовано множество изобретений. Мы являлись свидетелями бурной истории разделений и слияний компаний.





Однако в рыночную конкурентную борьбу вступает мастерство исполнения решеток, которые могут быть распределены по длине волокна или иметь сложную структуру, быть изготовлены для определенного диапазона температур или, наоборот, для широкого – от высоких значений вплоть до криогенных температур. Качественное изготовление решетки обеспечивает только система записи с высокой стабильностью интерференционной картины.

FBG-технология достигла индустриального применения к 2000 годам – датчики оказались востребованными в мониторинге элементов строительных конструкций мостов и зданий, крупных транспортных изделий...

"НЦВО-Фотоника" обладает такими компетенциями, поэтому компания известна в мире как надежный производитель продукции на основе FBG. Мы стремимся быть предприятием полного цикла, но это достаточно затруднительно в наших реалиях. Ключевые технологии стараемся применять самостоятельно, хотя это достаточно дорого и непросто.

Стоит отметить, что, когда человек посещает производство, касающееся волоконных технологий, он может не подозревать, что стоимость небольшого прибора способна доходить до 2-3 миллионов рублей. Я не имею в виду установку для вытяжки световодов, стоимость которой достаточно высока. Соответственно я веду разговор о том, что объем вложенного финансирования для производства волоконной оптики является колоссальным.

Какова промышленная структура компании?

Производственные площади "НЦВО-Фотоника" расположены на территории "Технопарка "Слава". Они охватывают технологический отдел, где выполняются опера-

ции по изготовлению датчиков, в частности производят снятие и нанесение различных покрытий на световоды; метрологический отдел, где выполняется калибровка и поверка датчиков; отдел, где расположено оборудование для записи брэгговских решеток; отдел по сборке усилителей и эрбиевых источников света; отдел климатических и виброиспытаний; отдел лазерно-механической обработки материалов (речь идет о прецизионной сварке и гравировке корпусных изделий датчиков) и склад. Хотя четкого разделения отделов производства и разработок в компании нет, но образована группа, которая занимается разработкой электроники и оптики для новых типов сенсоров. Площадь территории, занятая компанией под производство, составляет приблизительно 600 квадратных метров.

Сколько времени длится процесс производства датчиков и как быстро вы реализуете свою продукцию?

С момента закупки комплектующих до выпуска готовой продукции проходит от недели до двух месяцев. Мы работаем под заказ. Склад оборудован не под продукцию, а для хранения материалов и комплектующих, из которых мы изготавливаем конечную продукцию, а также для резервных приборов, используемых в производстве. Специфика нашего бизнеса не подразумевает формирование склада из готовой продукции, потому что каждый заказ индивидуален.

Вы обладаете собственной сертифицированной метрологической лабораторией?

Наша продукция конкурентоспособна на российском и международном рынках. На данный момент 70-80% продукции компания "НЦВО-Фотоника" производит на экспорт. Испытания и метрологическая





оценка продукции – важнейшая составляющая нашей работы, ведь мы выпускаем датчики. Наша метрологическая лаборатория аккредитована в декабре 2017 года и проводит исследования и измерения выпускаемой продукции в области термометрии. У нас имеется аттестат аккредитации, исходя из которого лаборатория соответствует требованиям ГОСТ ИСО/МЭК 17025-2009 (http://www.forcphotonics.ru/ru/inf_about_us/laboratory/1/296/).

Компания "НЦВО-Фотоника" планирует увеличить долю своей продукции, поставляемую на российский рынок?

Да, мы ставим перед собой такую цель. В компании существуют три торговые марки. Центральная торговая марка FORC-Photonics, технология ITPES и программное обеспечение URM-Control. Мы назвали свою технологию "Предупреждение чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера посредством волоконно-оптического телеметрического комплекса" (Innovation Technology of Prevention of Emergency Situations™, ITPES™). Кроме того, мы разработали программное обеспечение URM-Control. Вы можете видеть и другие сертификаты и дипломы, принадлежащие компании "НЦВО-Фотоника". Наша продукция сертифицирована по ISO-9001 (менеджмент качества) и ISO-14001 (экологический менеджмент).

То есть вы уделяете большое внимание метрологическому обеспечению, верно?

Совершенно верно. В законодательстве РФ аккредитация в национальной

системе является официальным свидетельством компетентности юридического лица в области аккредитации. Поэтому заказчики полностью доверяют надежности нашей продукции и результатам, которые показывают наши датчики.

В любом случае компания должна была прийти к вопросу метрологического обеспечения производимых приборов.

Измерительное оборудование «НЦВО-Фотоника» включено в реестр средств измерений

Без учета данного аспекта достаточно сложно оставаться на рынке. К примеру, в соответствии с техническими требованиями к проекту ITER (прим. ред.: International Thermonuclear Experimental Reactor; проект международного экспериментального термоядерного реактора) наше оборудование не должно содержать свинец и другие вредные материалы исходя из требований RoHS (прим. ред.: Restriction of Hazardous Substances – правила ограничения содержания вредных веществ).

Кроме того, наше измерительное оборудование включено в реестр средств измерений. Все измерительные приборы регулярно раз в год проходят процедуру поверки как средства измерений для подтверждения заявленных метрологических характеристик. Лаборатория имеет Аттестат аккредитации именно на право поверки средств измерений.



Начальник отдела разработки сенсорных систем Максим Андреевич Симонов рассказал:

В данный момент происходит калибровка датчиков. На калибраторе температуры поверхностном КТП-1 расположено семь датчиков. Процесс калибровки представляет собой регистрацию и обработку данных об изменении центральных длин волн датчиков при изменении температуры. После калибровки

датчики, в соответствии с методикой, подвергаются процедуре поверки, при этом температура на калибраторе должна соответствовать температуре, которую показывает датчик. Мы имеем аккредитацию

Мы производим самые разнообразные датчики, обрабатывающие сигналы от изменения температуры, давления, механической деформации, перемещения, вибрации (акселерометры)

на то, чтобы проводить поверку датчиков. У нас, по сути, представлено эталонное (образцовое) оборудование. Диапазон воспроизведения и контроля температур в нашей лаборатории составляет от -180°C до $+600^{\circ}\text{C}$.

Эталонами второго и третьего разряда считаются эталонные термометры сопротивления типа ПТСВ. Это первичные преобразователи, которые отвечают за регистрацию параметров температуры с калибраторов. Существуют погружные и поверхностные, сухоблочные и жидкостные калибраторы. Они отвечают за разные температурные диапазоны. Жидкостной переливной термостат ТПП отвечает за воспроизведение отрицательных температур и плюсовых температур от 0°C до 100°C . В зависимости от типа циркулирующей жидкости калибратор может применяться для разных диапазонов температур.

Поверхностные калибраторы воспроизводят температуру от 40°C до 600°C . Сухоблочные калибраторы погружного типа работают в диапазоне от 40°C до 500°C . Первичные преобразователи температуры, которые мы используем, представляют собой эталонные (образцовые) термометры сопротивления. Данные термометры имеют долговременную стабильность и точность воспроизведения температуры до $0,05^{\circ}\text{C}$.

Далее мы испытываем датчики только в условиях статических нагрузок.

Для испытаний датчиков в условиях циклического изменения температуры мы используем как оборудование, находящееся на наших площадях, так и оборудование наших партнеров. Это оборудование занимает очень много места. Поэтому в будущем мы планируем увеличить производственную площадь компании.

Для процедуры климатических испытаний используем климатическую



камеру с возможностью воспроизведения влажности от 0 до 100% и температуры от -70 до +170 °С российского производства, из Санкт-Петербурга.

Для испытаний датчиков на воздействие вибрационных нагрузок, вплоть до 2 кГц мы используем высокотемпературную комбинированную систему виброиспытаний "THV-216-A-600 C". Она состоит из вибростола и камеры с диапазоном температур до 600 °С. При этом стенд генерирует вибрации с задаваемыми параметрами. Частота вибраций до 2 кГц. Существует возможность выбора любого типа колебаний. Мы имеем аттестат на вибростенд, который позволяет проводить испытания.

Антон Александрович Кузнецов, руководитель проекта по поставке большого количества датчиков для международного энергетического проекта, продолжил рассказ: Для записи решеток при производстве датчиков, функционирующих при температурах до 300 °С, используется фоточувствительное волокно. В зависимости от прикладной задачи, "НЦВО-Фотоника" приобретает такое волокно либо у партнера, либо компания работает с НЦВО РАН над созданием собственного производства такого волокна. К слову, разработка высокотемпературного покрытия принадлежит одному из институтов Российской академии наук.

Технологический процесс включает в себя травление покрытия световода. После этого, следуя маршрутной карте, проводится операция записи волоконных

брэгговских решеток. Далее следует операция напыления различных защитных покрытий в плазме магнетронного разряда. Для этого используется вакуумная магнетронная напылительная система. Вакуумная напылительная система предназначена для нанесения покрытий из различных проводящих материалов методом магнетронного распыления на постоянном токе и ВЧ. Установка позволяет

напылять материал с одной или двух мишеней. Возможно нанесение различных материалов послойно. В качестве мишеней могут использоваться диски, сделанные из металлов, прецизионных металлов, композитных проводящих материалов. Конструкция магнетрона предусматривает использование мишеней диаметром 50 мм. В процессе напы-

Наш бизнес постоянно развивается, спрос рождает предложения

ления используется аргон газообразный высокой чистоты ТУ 2114-005-00204760-99. Максимальная толщина наносимой пленки 1 мкм.

Для сварки световодов используются специальные сварочные аппараты.





В отделе мы проверяем прочность световодов для использования в датчиках. На стенде для испытаний размещены механические элементы для тестирования датчиков деформации. Иными словами, проверяется надежность как отдельных элементов, так и изделия в целом для обеспечения работоспособности изделий с заявленными техническими характеристиками в течение всего срока службы. Сотрудники компании проводят испытания продукции на старение, чтобы обосновать возможность длительного срока службы датчика. Время испытаний составляет 20–30 часов. А срок службы – примерно 30 000 полных рабочих циклов. Совместно с учеными мы создаем специальную программу, которая позволяет сжать время испытаний. Гарантированный срок службы датчиков – 10 лет, но все заказчики жаждут его увеличения до 30 лет.

Преимущества, которые компания «НЦВО-Фотоника» приобрела от сотрудничества с АО «Технопарк «Слава», – свобода для развития бизнеса

В помещении, где производится запись брэгговских решеток, установлены два лазера. Компания планирует приобрести третий лазер. Для маркировки изделий и некоторых операций сварки заготовки корпуса используем аппарат лазерной сварки. Мы производим волоконные решетки Брэгга в оптическом волокне



с акрилатным, с алюминиевым, с медным и с полиамидным покрытием.

Вы предлагаете заказчикам волокна или датчики?

А. Заренбин: Мы производим самые разнообразные датчики для регистрации изменений в широком диапазоне таких параметров, как: температура, давление, механическая деформация, перемещение, вибрация. Мы производим унифицированные регистрирующие модули для обеспечения регистрации обработки, хранения и передачи сигналов от волоконно-оптических датчиков различных физических величин на основе волоконных брэгговских решеток (ВБР).





Н.Истомина: Какие специалисты работают в компании?

Понимаете, наш бизнес постоянно развивается, спрос рождает предложения. У нас есть исследовательская группа, которая выполняет задания для нужд компании. К работе мы привлекаем до 40–50 специалистов. В основном это выпускники Московского государственного университета приборостроения и информатики (МГУПИ) и Московского института радиоэлектронной аппаратуры (МИРЭА), позднее включенных в структуру Московского технологического университета. Мы благодарны своим учителям доктору технических наук, профессору, Кондратенко Владимиру Степановичу и кандидату технических наук, доценту, Гридневой Галине Николаевне за высокий уровень подготовки студентов, поступающих к нам на работу.

Насколько комфортно компания чувствует себя на территории "Технопарка "Слава", являясь его резидентом?

Честно говоря, нам здесь достаточно комфортно. "Технопарк "Слава" динамично развивается. У нас сложились хорошие отношения с руководством, мы видим большие перспективы в развитии сотрудничества с генеральным директором "Технопарка "Слава" Шкредовым

Виктором Ивановичем и его командой. Они не оказывают на нас давление, наоборот, всячески поддерживают, в частности по предоставлению помещений, доступности электроэнергии, тепловой мощности, подаче воды. Плюс ко всему у нас удачное расположение рядом с метро и научным центром. Юридический договор мы заключили в 2009 году. Потом в связи с кризисной ситуацией был период, когда мы съехали с территории, затем через полтора года вернулись. На данный момент мы планируем арендовать дополнительную площадь порядка 100 кв.м.

Ведь бизнес – он многогранен, постоянно появляются новые идеи

Преимущества, которые компания "НЦВО Фотоника" приобрела от сотрудничества с АО "Технопарк "Слава", – свобода для развития бизнеса. Мы не были компанией в виде стартапа, созданной под какую-то определенную технологию или бизнес-идею. Стартап может существовать не более 5 лет, далее он должен перейти либо в разряд участника рынка, либо его приобретет другой более мощный собственник. Мы получили финансовую поддержку от Фонда содействия инновациям в 2014 году. Сегодня мы существуем полностью на свои средства, не прибегая к кредитованию и пользованию государственными деньгами.





Использование преференций, предоставляемых разными фондами, накладывает одновременно и ограничения на развитие бизнеса в виде длящихся обязательств, по доходам, по количеству сотрудников, а также многим другим показателям. Это очень ограничивает свободу действий.

Но ведь бизнес – он многогранен, постоянно появляются новые идеи, и требуется больше поля для реализации возможностей.

Насколько важна для вашей компании выставочная деятельность?

"НЦВО-Фотоника" – член профессиональной научно-технической организации "Лазерная ассоциация". В своем кругу профессионалов мы постоянно обсуждаем специализированные задачи отрасли. Но участие в выставках позволяет расширить потенциал своих возможностей на новых открывающихся рынках, по-иному взглянуть на области применения своей продукции, наладить взаимовыгодные связи с новыми компаниями и заказчиками. Поэтому выставочная деятельность является важным аспектом работы инновационной компании.

Желаем вашей компании процветания и успехов в области производства FBG!

*С.А. Заренбиным беседовали
Н. Истомина и Л. Карякина*

Российская НТК "Информатика и технологии. Инновационные технологии в промышленности и информатике" (РНТК ФТИ – 2018)



Организационный комитет РНТК ФТИ – 2018 приглашает принять участие в Российской научно-технической конференции с международным участием "Информатика и технологии. Инновационные технологии в промышленности и информатике" 12–13 апреля 2018 года в Физико-технологическом институте Московского технологического университета по адресу: Москва, Проспект Вернадского, д. 78, малый конференц-зал.

Российская научно-техническая конференция с международным участием "Информатика и технологии. Инновационные технологии в промышленности и информатике", организуемая Физико-технологическим институтом, соберет ученых

из России, ближнего и дальнего зарубежья. В центре обсуждения – результаты научных исследований и решения прикладных инженерных задач в области исследований микро- и наноструктур, физики плазмы, в области прецизионной лазерной резки различных классов хрупких неметаллических материалов, математического моделирования, исследований и разработок оптоэлектронных и оптоволоконных систем, информационных технологий в машиностроении и приборостроении, в области метрологии и стандартизации.

Работу конференции планируется вести в рамках тринадцати секций.

- Физика твердого тела.
- Квантовая электроника и электродинамика. Физика плазмы.
- Микро- и наноэлектроника.
- Оптико-электронные приборы и системы.
- Математический анализ его приложения вопросы преподавания математики.
- Метрологическое обеспечение наукоемких технологий.
- Стандартизация и управление качеством.

- Стандартизация и менеджмент качества продукции в химической и фармацевтической отраслях.
- Научная школа профессора В.С. Кондратенко.
- Оптоэлектронные и оптоволоконные системы.
- Информационные технологии в машиностроении и приборостроении.
- Новые материалы и технологии, прикладные применения.
- Технологии и дизайн.

Традиционно большое внимание аудитории привлекут выступления, посвященные достижениям научной школы профессора Владимира Степановича Кондратенко в области технологий прецизионной обработки оптических материалов и ряда других перспективных направлений; оптоволоконным и оптоэлектронным системам и технологиям; оптико-электронным приборам и системам; перспективным инновационным материалам и технологиям.

*А. Н. Юрасов, Физико-технологический институт,
alexey.yurasov@mail.ru*