

HORIBA JOBIN YVON – ПУТЬ ДЛИНОЙ В ДВА СТОЛЕТИЯ

И.Шахнович

Компания Jobin Yvon известна почти 200 лет. В 1819 году Жан Баптист Солей организовал в Париже фирму Maison Laurent – старейшее оптическое предприятие в Европе. Первым продуктом компании стали линзы Френеля для маяков, выпускавшиеся в непосредственном сотрудничестве с их создателем – одним из основоположников теории дифракции Огюстеном Френелем. За ними последовал оптический гониометр Бабинэ, гелиостат Зильбермана, сахариметр Солея, поляриметр Лорана, интерферометр Фабри-Перо... Преемником Ж.Солея стал его сын Генри Солей, а затем – племянник Леон Лоран. В 1892 году компанию купил Амедей Жобен, с 1923 года она называется Jobin Yvon, в честь директора компании и его преемника (и племянника) Гюстава Ивона, руководившего фирмой с 1911 по 1961 год.

Jobin Yvon специализировалась на производстве спектрометрического оборудования. С 1960-х годов она приступила к выпуску дифракционных решеток и вскоре завоевала в этой области ведущие позиции на мировом рынке. В 1997 году Jobin Yvon вошла в группу компаний HORIBA и в 2004 году была переименована в HORIBA Jobin Yvon. Последняя в 2009 году присоединилась к HORIBA Scientific.

Сегодня HORIBA Jobin Yvon – безусловный мировой лидер по производству аналитического и научного оборудования, работающий на рынке России почти 50 лет. Компания выпускает широкий ассортимент оборудования для оптической и молекулярной спектроскопии, элементного анализа, контроля поверхности, пленок и покрытий и т.д.

Какова стратегия развития компании и ее приоритеты? Как производятся уникальные аналитические приборы? Чтобы получить ответы на эти вопросы, мы посетили производство компании HORIBA Jobin Yvon под Парижем и прежде всего – новый кампус HORIBA в инновационном парке Париж-Сакле. Наш первый собеседник – директор по стратегии и маркетингу HORIBA Scientific, доктор Рамдан Бенферат (Ramdane Benferhat).



Р.Бенферат

Господин Бенферат, ваша компания проделала очень большой и интересный путь длиной в два столетия – от Maison Laurent в 1819 и Jobin Yvon в 1923 до HORIBA Scientific в 2009. Какова сегодня структура компании?

Прежде всего, несколько слов о самой группе компаний HORIBA. Это японская корпорация со штаб-квартирой в Киото. В компании работают около 6 тыс. человек, общий объем продаж в 2015 году превысил 171,9 млрд. йен (почти 1,3 млрд. евро). HORIBA – не классическая японская

компания, поскольку около половины ее сотрудников работают вне Японии. Например, во Франции в различных подразделениях HORIBA трудится 900 человек. Французские активы HORIBA образовались в результате поглощений компаний ABX (производитель медицинских аналитических систем ABX SA, сейчас Horiba ABX) и Jobin Yvon (HORIBA Jobin Yvon).

HORIBA, как и все крупные корпорации, стремится диверсифицировать свой бизнес. Ведь работа в одном направлении всегда рискованна, бизнес необ-

ходимо выстраивать так, чтобы более интенсивное развитие одного направления бизнеса компенсировало замедление другого, а в среднем происходил плавный рост. Поэтому сегодня HORIBA поддерживает пять бизнес-направлений. Крупнейшее из них – HORIBA Automotive Test Systems – связано с автомобильной промышленностью. Это подразделение является крупным поставщиком систем тестирования двигателей, карданных передач, тормозных систем. Компания является мировым лидером в области автомобильных газоанализаторов. В общей структуре бизнеса HORIBA это подразделение обеспечивает порядка 38% выручки от продаж.

Второе по объемам продаж подразделение – HORIBA Semiconductor – формирует более 20% выручки. Подразделение выпускает анализаторы потоков жидкостей и газов, необходимые для полупроводниковых производств, включая солнечные батареи, светодиоды и др.

HORIBA Process&Environmental в основном производит оборудование для промышленного экологического мониторинга, контроля технологических выбросов в окружающую среду. Это системы для анализа воздуха и воды, уровня радиации и т.п. Выручка данного подразделения в структуре HORIBA составляет около 9,5%.

Четвертое направление – HORIBA Medical – занято медико-диагностическим оборудованием, в основном для гематологического анализа. Ему принадлежит 16% выручки.

Наконец, наше направление научного оборудования – HORIBA Scientific – обеспечивает общий объем продаж 15,5%. Мы выпускаем инструменты для очень широкого спектра исследовательских и промышленных задач, не углубляясь при этом в какую-то конкретную область.

Какие продукты HORIBA Scientific выпускает сегодня?

HORIBA Scientific – это объединение технологий HORIBA и Jobin Yvon, которые очень удачно дополнили друг друга. В Японии производятся рентгенофлуоресцентные анализаторы, анализаторы размеров



Первый продукт компании – линза Френеля для маяков, 1819 г.

частиц, ИК-спектрометры и pH-метры. Причем pH-метры – это первый продукт HORIBA. Их разработал и начал выпускать еще основатель и президент HORIBA Масао Хориба.

Компания Jobin Yvon всю свою почти двухсотлетнюю историю специализировалась на спектрометрии УФ- и видимого диапазона. Перед поглощением в Jobin Yvon работало порядка 600 специалистов – по три сотни во Франции и в США. Компания производила рамановские спектрометры, спектрофлуориметры, спектрометры с индуктивно-связанной плазмой (ИСП), спектрометры тлеющего разряда (GD), спектральные эллипсометры и другие приборы. Кроме того, Jobin Yvon выпускала различные оптические компоненты – монохроматоры, детекторы и, конечно, дифракционные решетки. Все эти продуктовые направления вошли в состав HORIBA Scientific.

В целом, в основе объединения компаний в рамках HORIBA Scientific лежит достаточно ясная философия. Все начинается с анализа отдельных элементов, то есть атомов. Для элементного анализа у нас есть решения на основе рентгенофлуоресценции, ИСП- и GD-спектрометрии. Если соединить несколько атомов, получим молекулу. На данном уровне мы предлагаем решения на основе рамановской и



Гониометр Бабинэ, 1839 г.

ИК-спектроскопии. Группы из нескольких молекул – это уже частицы, нужно знать их форму и размеры. Такую задачу решают наши анализаторы размеров частиц. Объединим частицы – получим материалы. Важно знать их электрические, оптические, механические свойства. Для этого есть эллипсометры и спектрофлуориметры. Может быть, не по всем направлениям компания занимает лидирующие позиции на мировом рынке, зато мы охватываем весь спектр объектов анализа.

Но конечно, наша ключевая технология – это дифракционные решетки для всех возможных спектрометрических приложений. Ведь, создав решетку, уже несложно сделать монохроматор. Мы производим монохроматоры как с подвижной решеткой (спектрометры), так и с фиксированными сферическими решетками (спектроскопы). В случае плоской решетки необходимо дополнительное зеркало, тогда как сферические решетки позволяют фокусировать пучок непосредственно на детекторе. Однако у сферической решетки хуже оптический выход. Выбор зависит от конкретной задачи.

Если вы умеете делать монохроматоры и детекторы, можно строить измерительные спектрометрические системы. Например, рамановский спектрометр – это не

что иное, как лазерный источник возбуждения для испускания вторичных фотонов и монохроматор с оптическим детектором. В других спектрометрических приборах источником возбуждения может быть не только лазер, но и плазма, электрическое поле и т.п. Поэтому для нас принципиально важно владеть базовыми технологиями. Мы начинаем с решеток, производим компоненты – монохроматоры и детекторы, создаем на их основе свои системы.

На что направлена стратегия развития HORIBA Scientific?

Наша стратегия основывается на задаче роста. Неважно, плохая или хорошая сегодня экономическая ситуация – мы должны обеспечить рост не менее чем на 10% в год. И самое главное для нас – найти способ, как добиться такой динамики. Сегодня HORIBA Scientific владеет производственными мощностями во Франции, США и в Японии. Общая выручка составляет примерно 250 млн. евро в год. Из них по 80 млн. евро приходится на Францию и США. Как видите, сегодня объем бизнеса HORIBA Scientific не слишком велик. У нас нет продуктовых линеек, где мы могли бы выпускать тысячи изделий в год. В среднем размер партии составляет 200 инструментов. Единственный массовый продукт – это дифракционные решетки. Здесь мы выступаем безусловным лидером, очень много компаний, включая наших конкурентов, используют дифракционные решетки HORIBA Scientific.

Очевидно, что нам нужно наращивать объемы продаж конечного оборудования. Как этого достичь? До сих пор мы работали на рынке дорогостоящих систем, в основном для научных исследований. Это высокотехнологичное оборудование, однако, объем потребления здесь принципиально ограничен. Если компания хочет расти, она должна выходить на другие рынки. Мы видим, что сегодня активно развивается очень большой рынок аналитического оборудования "среднего" уровня, прежде всего – промышленного. В этот сегмент мы и стремимся. Сделать это не просто, поскольку современные промышленные задачи требуют инструментов качества

Hi-End, но намного дешевле. Однако здесь можно достичь достаточно больших объемов выпуска. Поэтому сегодня выход на индустриальный рынок и составляет суть нашей стратегии.

Почему сегодня рынок промышленных приложений способен обеспечить значительный объем потребления аналитического оборудования?

Назову две основные причины. Во-первых, современная индустрия требует постоянного повышения эффективности производств, что означает тотальный контроль технологических процессов. Наука все активнее вторгается в промышленность. Производство, не требующее науки, – в прошлом. Поэтому аналитическое оборудование, которое раньше применялось только для исследовательских задач, необходимо адаптировать для индустриальных приложений. Если в 1960–70-х годах 90% нашего бизнеса приходилось на академическую науку, то сейчас ее доля составляет около 60%. Тенденция очевидна.

С другой стороны, научное оборудование становится все более и более простым в обращении, во многом благодаря программному обеспечению. Если раньше с аналитическими приборами могли работать только специалисты с квалификацией кандидата наук, то теперь пользоваться ими могут даже начинающие. Автоматизация процедур позволяет применять совершенное оборудование для анализов, необходимых для многих практических производственных задач.

Поэтому сам рынок диктует для нас направление развития – индустриальные приложения. Однако, не понимая специфику конкретных индустриальных задач, очень сложно создавать для них аналитические приборы. Необходимо быть "на ты" с областями применения. Это отдельное направление в деятельности нашей компании, которое сегодня мы активно развиваем.

Ориентация на промышленные задачи не означает отказ от разработок оборудования исследовательского класса?

Конечно же нет. Мы тратим примерно 9% оборота на исследования и разработки. Каждые 10 лет мы осваиваем новую аналитическую технологию. В 1946-м это была флуоресценция, в 1950 году – ИК-спектметрия ближнего диапазона (в Японии), в 1960 году – рамановская спектметрия, в 1970 году – ИСП-спектметрия. В 1980 году появились анализаторы размеров частиц, в 1990-м – системы рентгенофлуоресцентного анализа, в 2010 году мы освоили производство больших дифракционных решеток. Шаг за шагом мы создаем новое оборудование – сначала сугубо для научных исследований, а затем делаем его более массовым.

У нас пять центров исследований и разработок. Один крупный центр находится в Киото, другой – в инновационном центре Париж-Сакле, третий – в Эдисоне (США). В Киото исследования сосредоточены в области ИК-спектметрии, рентгенофлуоресцентных технологий, анализа размеров частиц. Американский центр занят спектрометрами, детекторами и флуоресцентной спектроскопией. Кроме того, в США действует еще один небольшой исследовательский



Поляриметр Лорана, 1874 г.



Интерферометр Фабри-Перо, 1898 г.

центр на базе интегрированной компании Photon Technology International (PTI). Он специализируется в области флуоресцентной спектроскопии. Также небольшая группа работает в Великобритании на базе компании IBN. Она занята сверхбыстрой лазерной спектроскопией (пикосекундные лазеры, системы люминесцентной спектрометрии на основе коррелированного счета одиночных фотонов).

Центр в Париж-Сакле сосредоточен в первую очередь на дифракционных решетках, а также спектрометрах, эллипсометрах, спектроанализаторах на основе ИСП и GD. Здесь же мы развиваем новое, но важное для нас направление в области наук о жизни – системы визуализации поверхностного плазмонного резонанса (SPRi) для безмаркерного анализа биологических материалов.

В целом, создание нового оборудования – важнейшее направление нашей деятельности, и эта работа не останавливается.

Вы не стремитесь на рынок массовой продукции?

По крайней мере, мы смотрим в эту сторону. Вполне возможно, что через какое-то время спектрометры станут настолько массовыми, что их начнут встраивать даже в смартфоны. Конечно, для этого необходимы нанотехнологии,

технологии МЭМС. Мы уже обладаем такими технологиями, работаем над их применением, потому что не можем игнорировать подобный тренд.

Проблема в том, что если вы хотите продавать устройство для смартфонов, то должны выпускать его сотнями миллионов. Впрочем, на рынке массовой продукции немало иных задач, помимо смартфонов. Например, можно сделать бытовой датчик для контроля качества продуктов. Но его начнут покупать при цене порядка 100 евро или меньше – не дороже других бытовых кухонных приборов. Это означает, что себестоимость датчика в производстве должна быть порядка 5 евро – ведь затем к ней добавляется прибыль производителя и всех дистрибьюторов, затраты на логистику и т.п. Поэтому идти в массовое производство можно только с очень дешевым и прибыльным продуктом, иначе никак.

В целом, массовая продукция – это очень опасный бизнес, поскольку необходимо обеспечивать большой объем по низким ценам. Подобное производство означает совсем иную бизнес-модель. Более того, в тех странах, где массовое производство успешно, оно, по сути, составляет часть национальной культуры. Например, сотрудникам приходится работать в три смены, их труд достаточно дешев. Для Франции это нонсенс. Именно поэтому многие компании производят массовую продукцию в Китае – там есть достаточно квалифицированные трудовые ресурсы, и при этом КНР выглядит немного более стабильной по сравнению с другими странами.

Конечно, если мы увидим в области массовой продукции сказочно большую прибыль, то пойдем туда. Но пока этот бизнес не является высокоприбыльным и приоритетным для нас – у компании много задач в области промышленных приложений. Однако в будущем, может быть, мы и придем в сферу массовой продукции.

Какова стратегия компании с точки зрения географического развития?

Стратегия HORIBA – всегда быть доступной для пользователей. У нас множество офисов в разных странах – в США, Франции, Италии, Германии, Великобритании, Индии, Сингапуре, КНР, России – везде, по всему миру. Мы открываем свои офисы в каждой стране, где видим потенциал для бизнеса.

Причем офисы предназначены не для продаж. Ведь чтобы продавать, необходимо понимать местную культуру и нравы. Это сложно даже в Европе. Поэтому для продаж мы используем локальных дистрибьюторов. Офисы же служат для обеспечения поддержки по приложениям, для организации сервиса, обучения пользователей и т.п. Если бизнес растет, мы стремимся создать команду из местных инженеров и исследователей. При дальнейшем росте объемов можем думать об организации локального производства, но лишь тех продуктов, которые можем продать в данной стране. Сегодня транспортные затраты слишком высоки, и при наших объемах производить в Китае и продавать во Франции невыгодно.

Какова ваша стратегия развития бизнеса в России?

Россия выступает для нас одной из ключевых стран. У нас есть российский офис, мы стремимся обеспечить наших пользователей мощной технической поддержкой. В плане продаж мы успешно сотрудничаем с компанией "Найтек Инструментс".

Но сегодня, к сожалению, очень сложно формировать какую-либо стратегию работы в России. Ведь стратегия зависит от стабильности бизнеса. Например, у нас есть ясная стратегия в Индии, в Бразилии, мы инвестируем в эти страны. И нельзя сказать, что Бразилия благополучна или стабильна экономически. Но там стабильная нормативная база. Может смениться президент, пошатнутся экономика, но законы не изменятся. На рынке Бразилии есть устойчивые правила. И в Индии есть устойчивые правила. В этих странах можно формировать стратегию, строить



Спектрометр Жобина и Ивона, 1930 г.

долговременный бизнес, вкладывать в него средства.

В России со стабильными правилами большая проблема. Впрочем, как и в Китае. Мы не инвестируем существенные средства в развитие рынка КНР, поскольку, несмотря на все успехи экономики, завтра Председатель Китая может сказать: "Мы останавливаем это и то, изменяем такой-то закон". Такая страна не обеспечивает 100%-ной безопасности бизнеса.

К сожалению, Россия также не гарантирует защиту бизнеса. Поэтому сегодня в России мы лишь наблюдаем за его развитием, причем, как и многие другие компании. Если бизнес вырастет, наше присутствие на российском рынке станет более глубоким, будут возможны существенные инвестиции. Но пока говорить об этом преждевременно.

Насколько большое значение вы придаете обучению пользователей?

Это чрезвычайно важный вопрос. К сожалению, университеты не всегда правильно учат студентов. В результате мы продаем очень дорогое оборудование, но покупатели реально используют



рН-метр, разработанный Масао Хориба, 1951 г.

очень малую долю его возможностей просто потому, что не находят время изучить. Кроме того, сегодня специалисты часто, раз в два-три года, меняют место работы. Текучка велика, и некому обучать новых сотрудников, как эффективно использовать сложное оборудование.

Поэтому в каждой стране присутствия мы планомерно, шаг за шагом создаем учебные центры. Там ведут подготовку специалистов, зачастую начиная с основ: что такое дифракционная решетка, монохроматор и т.п. Оказывается, сегодня очень мало пользователей знают, что такое источник света или детектор. Поэтому им сложно получить очень хорошие результаты – те, которые способно обеспечить наше оборудование в умелых руках.

Для базового образования в области оптики мы организуем зимние и летние школы. Эти центры ориентированы как на действующих специалистов, так и на студентов. Занятия длятся по пять дней, люди съезжаются со всего мира. В ближайшем будущем мы будем проводить такие школы не только во Франции, но и в других крупных странах, таких как Россия – например, в Москве.

Шаг за шагом мы выстраиваем связи с университетами. Ведь студенты – это наши потенциальные пользователи. Например, на Тайланде в Университете Бангкока совместно с HORIBA создается программа магистерского образования. Преподаватели – наши менеджеры по продуктам – будут учить студентов, как разрабатывать и производить оборудование, как правильно выполнять измерения и т.п.

Если заглянуть в будущее, какой через 20 лет мы увидим HORIBA Scientific?

Я полагаю, нас ожидает яркое будущее. И это не пустые слова. Ведь HORIBA строится на основе большой японской культуры. И она предусматривает, что мы должны смотреть вперед минимум на 20 лет. Это принципиально. Скажем, в США думают только о сегодняшнем дне, о ближайших двух месяцах. В Европе глядят чуть дальше, на полгода. А в Японии не рассматривают стратегии с горизонтом менее 20 лет.

Мы видим, что в будущем станет меньше компаний, занятых научным аналитическим оборудованием. Сегодня их слишком много, поэтому мы наблюдаем череду поглощений. Практически все большие корпорации – Agilent Technologies, ThermoFisher Scientific и др. – растут за счет поглощений. Но это не обеспечивает прозрачную организацию компании, что затрудняет бизнес. Конечно, и HORIBA приобретает компании, но не столь активно, как другие крупные фирмы. HORIBA до сих пор работает, как единая компания. В основном мы растем за счет наших внутренних ресурсов, шаг за шагом. Это требует времени, но позволяет выиграть в будущем.

Если говорить о направлениях деятельности, то следующие 20 лет – это эпоха наук о жизни. Будет интенсивно развиваться все, что связано со здоровьем, с анализом клеток и бактерий, с фармацевтикой. Поэтому мы намерены гораздо больше ориентироваться на данный сегмент, создавать для него новые продукты и технологии. Конечно, этот

рынок выставляет совершенно иные требования к оборудованию, поскольку речь идет о здоровье людей. Так, здесь требуется очень высокая точность и надежность. Это серьезный вызов, но мы найдем на него достойные ответы.

Кроме того, сами аналитические инструменты будут становиться все меньше и меньше. Ведь электронные компоненты постоянно уменьшаются, а их производительность – растет. Смартфон в кармане – это полноценный компьютер. Оптика также становится все меньше, мы говорим уже о нанотехнологиях, о МЭМС. В будущем мы сможем помещать дифракционные решетки внутри электронных узлов, может быть, внутри МЭМС.

Еще одно направление, определяющее будущее инструментальных средств, – математика. Она уже сегодня становится одним из важней-

ших элементов в аналитическом оборудовании. Собрать первичные данные перестает быть большой проблемой. Гораздо важнее обработать огромный объем данных, визуализировать их. Поэтому современное оборудование поддерживает множество процессов математической обработки и моделирования, и в будущем их роль лишь возрастет. Прежде всего, речь идет о методах визуализации. Никто не будет смотреть на спектры. Появятся удобные средства отображения результатов – например, если вы анализируете состав, то увидите именно состав, а не спектральную характеристику образца. Этот тренд открывает большие перспективы для российских инженеров и ученых, ведь они известны как большие специалисты в математических методах моделирования.

ПАРИЖ-САКЛЕ – НОВЫЙ ЦЕНТР С БОЛЬШОЙ ИСТОРИЕЙ

Во Франции у HORIBA Jobin Yvon три производственных центра. Крупнейший из них находится в Лилле на севере Франции. Там выпускаются рамановские спектрометры, их производство обеспечивают 30–40 человек. Недалеко от Парижа, в городе Лонжюмо, находится

старейшее производство Jobin Yvon, где выпускают ИСП-спектрометры, элементные анализаторы, спектрометры тлеющего разряда, эллипсометры. Там трудятся 30 специалистов. Неподалеку, в инновационном кластере Париж-Сакле, в 2012 году было построено



Новый кампус Horiba в инновационном центре Париж-Сакле



Лозунг компании "Радость и веселье" встречает сотрудников

новое предприятие HORIBA Scientific. Помимо Европейского исследовательского центра HORIBA, здесь размещается производство дифракционных решеток, оптических OEM-компонентов и приборов. Здесь же базируется европейская штаб-квартира HORIBA.

Цель нашего визита – не только услышать, но и увидеть, как создаются продукты HORIBA Scientific. Для этого мы посетили новый центр HORIBA в Париж-Сакле и производство оборудования в Лонжюмо.

История создания научно-инновационного кластера Париж-Сакле началась сразу после Второй мировой войны. Первым в 1946 году здесь, на плато Сакле, обосновался Национальный центр научных исследований Франции (CNRS), возглавляемый знаменитым физиком Фредериком Жолио-Кюри. Через год началось строительство штаб-квартиры комплекса Комиссариата Франции по атомной энергии (CEA, с 2010 года – Комиссариат по атомной и альтернативной видам энергии), а также комплекса Французского центра аэрокосмических исследований (ONERA). В 1952 году было объявлено об образовании научного центра Сакле. Сюда стали переезжать ведущие вузы страны, в частности, Высшая школа оптики (École supérieure d'optique) и факультет наук Парижского Универси-

тета, на основе которого был образован Университет Париж-юг. Позднее сюда, в район Пализо, перебазировался ведущий технический университет Франции École Polytechnique. Здесь же начали строиться исследовательские центры промышленных компаний. Первым из них в 1968 году стала центральная исследовательская лаборатория одного из лидеров европейской электроники – компании Thomson-CSF (сегодня Thales).

В начале 2000-х годов освоение территории Сакле получило новый импульс. Был выстроен исследовательский центр крупнейшей государственной энергогенерирующей компании Франции Électricité de France (EDF). Сложилось сообщество вузов – Университет Париж-Сакле. В 2006 году Правительство Франции решило создать на базе кластера аналог Кремниевой долины в Калифорнии. Проект предусматривал инвестиции в размере трех миллиардов евро.

Сегодня на территории научного парка Париж-Сакле располагаются корпуса научных центров более 50 компаний, занимающих ведущие позиции в самых разных областях: энергетика, авиация и космическая техника, автомобилестроение, аналитическое оборудование, электроника, продукты питания и т.п. Среди них – Airbus Group и BMW, Danone и General Electric, Ericsson, Honeywell, Siemens, Volvo... И конечно же, здесь построен новый комплекс компании HORIBA. Все по-соседству. Интересно, даст ли это синергетический эффект? Время покажет.

Сам новый кампус HORIBA – типичное современное предприятие. Внешне элегантные корпуса, с удобной планировкой внутри. Сотрудников встречает девиз HORIBA на японском, который переводят как "Радость и веселье". С одной стороны, постоянное напоминание о японской культуре компании, с другой, что может быть более французским?

Внутри – все для работы, для исследований на высочайшем уровне. Удобные просторные лаборатории. Открытые комнаты отдыха, где можно выпить

кофе, обсудить текущие вопросы и научные проблемы. Руководители компании надеются, что расширение неформальных обсуждений улучшит качество работы.

В Центре сосредоточены различные научные подразделения. В командах исследователей трудятся представители десятка государств, в том числе российские специалисты. Сами исследования также весьма интересны. Например, ведутся работы по объединению рамановских спектрометров с системами визуализации поверхностного плазмонного резонанса. В будущем они позволят получать принципиально новые, интересные результаты в экспериментах с биологическими образцами (ДНК, РНК, протеины и др.).

Помимо исследовательских лабораторий, в этом же здании находятся администрация, отделы стратегического развития, продаж, маркетинга, кадровый и финансовый отделы. Здесь же расположены производственные участки. На одном из них организовано производство заказных оптических систем, OEM-оборудования. Кроме стандартных устройств, здесь изготавливают и узкоспециализированные установки. Например, нам продемонстрировали спектрометр с двумя монохроматорами и камерой с очень высоким вакуумом. Он позволяет работать в диапазоне длин волн менее 100 нм.

На первом этаже расположено новое производство дифракционных решеток. И снова вопрос Рамдану Бенферату.

Почему вы решили создавать новое производство именно в кластере Париж-Сакле?

Это достаточно удобное место. В 2011 году мы заложили первый камень в будущее производство – в буквальном смысле в чистом поле. Строительство завершено, мы располагаем офисными и производственными площадями свыше 7,5 тыс. м². Здесь мы проводим научные изыскания, но это не чистая наука, а прикладные, промышленные разработки и стратегические исследования.



Внутренние интерьеры: зоны отдыха и общения, административные подразделения, демозал



Участок производства OEM-оборудования



Одна из причин, почему мы переехали сюда – производство прецизионных дифракционных решеток. Оно требует чистых помещений, необходимо избегать любых вибраций. В прежние годы мы вложили немало средств в производство дифракционных решеток в Лонжюмо и не могли так просто перене-

сти его сюда. Но с ростом потребности в больших решетках мы были вынуждены создавать их производство фактически заново.

Насколько производство больших дифракционных решеток значимо для компании?

Мы производим как очень маленькие, так и самые большие дифракционные решетки в мире. Небольшие решетки, от 1x1 см, выпускаются объемом примерно 50 тыс. в год. Мы используем их как для своих приборов, так и поставляем другим производителям оборудования, даже нашим конкурентам. На очень многих приборах, где в качестве диспергирующего элемента применяется дифракционная решетка, в пору писать "Jobin Yvon Inside".

Кроме того, мы производим много больших решеток, до 50x60 см. В основном они предназначены для научных исследований. Достаточно сказать, что спектрометрическое оборудование всех космических аппаратов – российских, американских, европейских – оснащено нашими дифракционными решетками.



Одна из лабораторий, где работают с системами визуализации поверхностного плазмонного резонанса

Кроме того, мы научились производить самые крупные в мире решетки, вплоть до $1 \times 0,6$ м и более. Их основное назначение – эксперименты по моделированию условий ядерного взрыва посредством сверхмощных, петаваттных лазеров. С помощью дифракционных решеток импульс излучения лазера накачки сначала растягивают по времени, усиливают в отдельных полосах в резонаторе, а затем снова сжимают в сверхкороткий импульс. Однако когда лазерное излучение огромной мощности падает на небольшую решетку, она просто взрывается, решетки приходилось менять после каждого испытания, а они очень дорогие. Но если решетка большая, то энергию можно распределить по всей поверхности, увеличивая срок ее эксплуатации.

Об особенностях реализации проекта по созданию крупных дифракционных решеток рассказал **Кристоф Гомбо (Christophe Gombaud), менеджер по работе с ключевыми клиентами.**

К.Гомбо Мы начали проект нового производства NANOLAM в конце 2011 года, поскольку запросов на сверхбольшие дифракционные решетки становилось все больше. Были инвестированы очень крупные суммы. Мы создали чистые помещения 6-го и 7-го класса, для наиболее критичных процессов – чистые комнаты 2-го класса.

Мы строили новое производство исходя из достаточно противоречивых требований. Было необходимо достичь высокого разрешения, то есть малого периода решетки, высокой стабильности процессов и при этом приходилось работать с очень тяжелыми объектами. Достаточно сказать, что стеклянная подложка для решетки $1 \times 0,6$ м весит порядка 150 кг. Это очень специфические требования, для них на рынке не существовало готовых решений.

Конечно, сами по себе все технологии стандартны. Так, для формирования рельефа решетки мы используем литографию на основе голографического метода экспонирования поверхности – с помо-

щью лазеров на поверхности формируется интерференционная картинка, которая экспонирует фоторезист. После проявления резиста вытравливается рельеф. На готовую поверхность наносится пленка золота. Но при этом требуется разрешение не ниже 100 нм. Это уже класс точности, характерный для полупроводниковых технологий. Однако если в микроэлектрон-

ном производстве оперируют пластинами диаметром до 300 мм, у нас габариты обрабатываемых поверхностей – от 1 м и более. Это уже ближе к производству солнечных батарей и плоскочастотных дисплеев. Но там используют легкие, зачастую гибкие подложки. У нас же масса подложки – от 150 кг. Перемещение таких тяжелых объектов, манипуляции с ними в условиях гермозоны – не самая тривиальная задача. Не менее сложно проконтролировать поверхности созданной решетки, для чего был нужен уникальный интерферометр. Достаточно



К.Гомбо

**Уникальный спектрометр с двумя монохроматорами и вакуумной камерой**



Сборка оптических эмиссионных ИСП-спектрометров Ultima Expert

сказать, что во Франции всего три таких прибора. Объединить все эти технологии стало для нас большим вызовом.

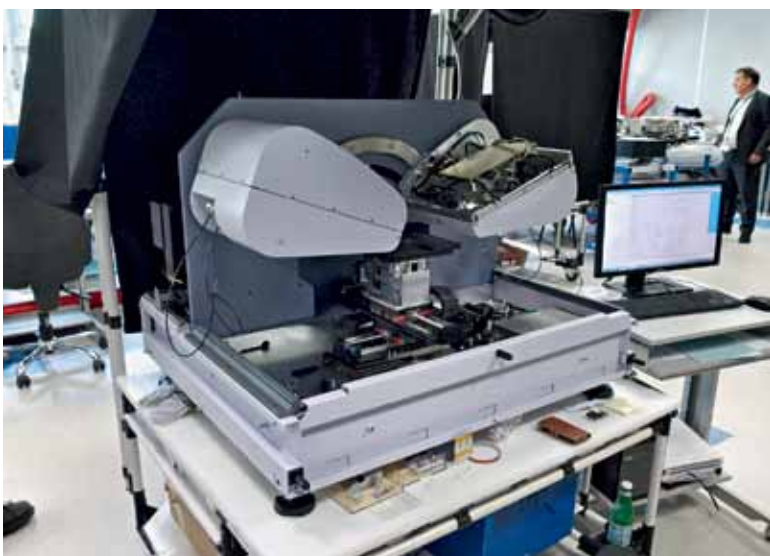
Примечательно, что примерно на середине реализации проекта мы получили крупный контракт. А у нас еще не было ряда нужного оборудования. График и без того был очень плотным, возникла сложная ситуация. Но мы быстро продвинули проект, большую помощь нам оказывали все подразделения HORIBA, было приобретено все необходимое. На первых решетках мы обраба-

тывали весь процесс, затем приступили к работе по заданиям пользователей.

В целом, нам удалось разработать технологию и организовать производство самых крупных в мире решеток. Мы реально достигли предела возможностей. И теперь HORIBA Scientific – единственная компания, способная производить дифракционные решетки до 1,5 м. Это на 30–40% больше, чем доступно на рынке сегодня. Достижение очень значительное, особенно для пользователей, которые работают с лазерами мощностью 1–10 ПВт. Мы исследуем возможности для применения сверхбольших решеток на рынке астрономического оборудования.

Р.Бенферат Создание фабрики NANOLAM было сопряжено с большим финансовым риском для компании, поскольку инвестиции были громадными. Но проект был очень важен для HORIBA. Конечно, сверхбольшие решетки – штучная продукция, которая не может быть высокоприбыльной. Но это как гонки "Формула-1" для автопроизводителей. Основной смысл подобных мероприятий – улучшать технологии за счет передовых исследований и разработок. Мы ведь тоже участвуем в гонке, но только в гонке технологий. Она заставляет инвестировать в новые, инновационные решения. Мы не рассчитываем немедленно получить от них прибыль, поскольку рынок для столь уникальных продуктов крайне ограничен. Основная цель – вывести компанию на новый технологический уровень. Фактически мы инвестируем в обеспечение лидерства.

Конечно, все вложения с лихвой окупятся, хоть и не сразу. Например, концепция системы торможения ABS впервые использовалась в болидах "Формулы-1". Но затем она распространилась на массовом рынке – через пять лет тормоза ABS стали применять в дорогих машинах, а еще через пять – ими стали оснащать все автомобили. Аналогично, уникальные технологии создания сверхбольших дифракционных решеток через три-пять лет мы начнем использовать для решеток высокого класса, например,



Участок сборки и настройки эллипсометров

для космических задач. А еще через пять лет эти технологии станут стандартными для всех массовых дифракционных решеток.

Подчеркну, технология дифракционных решеток – базовая технология для всех наших оптических продуктов. Конечно, мы не можем быть первыми везде, но в этом направлении мы обязаны быть №1. Для нас потерять эту позицию невозможно – это все равно, что Intel потеряет свое лидирующее место в области микропроцессоров.

ЛОНЖУМО

Технологии изготовления дифракционных решеток – это один из самых ценных активов компании HORIBA Scientific. В его детали посвящены единицы. Но вот производство аналитических приборов вполне открытое. В соседнем городке Лонжюмо расположено предприятие Jobin Yvon, где выпускают спектрометрическое оборудование, эллипсометры, элементные анализаторы. Конечно, нам было интересно, как организовано это производство, в чем его особенности. И вот мы уже в Лонжюмо.

Компания Jobin Yvon переехала сюда в 1962 году, однако пока сохраняет на этой относительно небольшой площадке производство некоторых видов оборудования. В год здесь выпускается примерно 50 эллипсометров и 100 ИСП-спектрометров.

Производство строится по принципу субконтракта. В самой компании разрабатывают оборудование, создают конструкторскую документацию и прототипы. А затем все необходимые компоненты – корпуса оборудования, кожухи полихроматоров, электронные системы управления, детекторы и т.п. – заказывают у контрактных производителей. Это экономически наиболее целесообразно, если все делать самим, цена была бы гораздо выше.

Комплектующие поступают на предприятие в Лонжюмо, из них собирают готовые приборы. Порой необходимо доработать механические детали или исправить ошибку. Для этого есть небольшой участок механической обработки.



Литые корпуса и станины – особенность компании HORIBA Jobin Yvon

Особенность компании, на которую обращают внимание многие специалисты, – в оборудовании используются цельнолитые станины, корпуса моно- и полихроматоров. Это позволяет существенно снизить влияние вибраций, тепловых воздействий, в целом повысить точность измерений.

В Лонжюмо производится несколько видов оборудования: ИСП-спектрометры, элементные анализаторы, эллипсо-

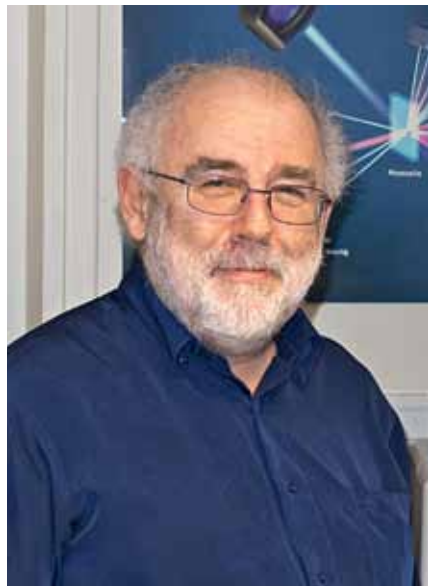


Проверка цельнолитых корпусов полихроматоров для систем GD-Profilер 2



Монтаж системы GD-Profiler 2: слева – установка собирается из готовых блоков, справа – электронный блок системы управления

метры и т.д. Один из наиболее интересных продуктов компании – оптико-эмиссионный спектрометр тлеющего разряда с возможностью послойного анализа GD-Profiler 2*. Об особенностях конструкции прибора и его производства рассказал разработчик этой системы, доктор Патрик Шапон (P.Chapon).



П.Шапон

П.Шапон Установка GD-Profiler 2 фактически уникальна. Ведь она позволяет анализировать не просто объемное распределение элементов в образцах – это умеют многие, – но и определять их послойный состав. Конструкция

системы профилирования и атомизации содержит лишь несколько простых деталей. Образец располагается на охлаждаемой подложке. Нанегаустанавливается

медная трубка диаметром 4 мм (возможны другие размеры) с изолирующим керамическим кольцом. К медной трубе (анод) и образцу (катод) прикладывается высокое напряжение частотой 13,56 МГц, вызывающее тлеющий разряд. Внутренний объем трубки вакуумируется, после чего заполняется аргоном. Под воздействием разряда аргон ионизируется – формируется плазма. Заряженные ионы аргона бомбардируют исследуемую поверхность образца, распыляя ее. Частицы образца попадают в плазму, где атомизируются и возбуждаются посредством ударной ионизации. Испускаемые при этом фотоны попадают в оптическую систему, где регистрируется спектр эмиссии.

Как видите, конструкция очень простая, плазменная камера располагается на поверхности образца, мы практически не ограничены ее размерами. Отмечу, что помимо регистрации спектра эмиссии, мы можем использовать и масс-спектрометрический метод определения элементов, на основе времяпролетного масс-спектрометра (установка PP-TOFMS).

По мере распыления поверхности образца формируется кратер распыления. Контролируя его глубину, мы можем определить послойный состав элементов в образце. Для измерения глубины используется недавно разработанная лазерная

* См.: Нехин М., Кузнецов А., Шапон П. Спектрометр тлеющего разряда PROFILER-2 – мощный аналитический инструмент послойного анализа материалов // Аналитика. 2012. № 4. С. 34–42.

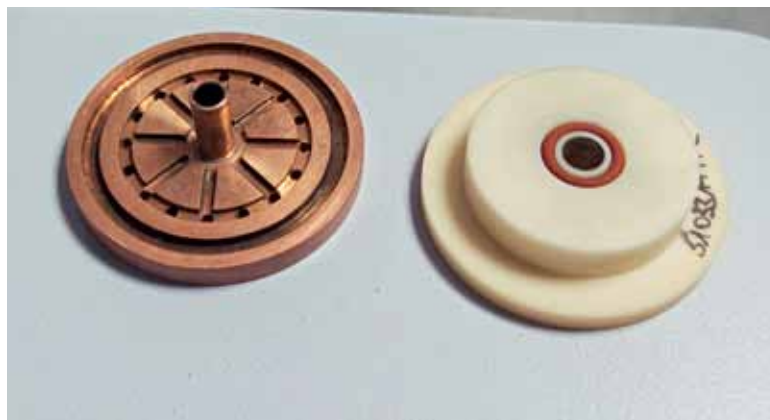
система. Она состоит из двух лазеров, один светит на поверхность образца, другой – на дно кратера. Принимая отраженные сигналы и определяя с помощью интерферометра разность их фаз, можно очень точно измерить глубину, причем в реальном времени. Мы детектируем отраженный лазерный луч в двух перпендикулярных плоскостях поляризации, что позволяет предотвратить влияние вибраций, неоднородностей образца, минимизировать влияние множества других факторов.

Шаг слоев может быть от субнанометровых до субмиллиметровых. Так, недавно мы опубликовали результаты очень интересного исследования, выполненного нашими чешским и российскими коллегами из Брно, Нижнего Новгорода и Санкт-Петербурга*. В рамках этой работы выполнялся анализ образца, состоящего из 60 двух- и трехслойных периодических структур общей толщиной по 7 нм (Mo/Si и Mo/B₄C/Si).

Оптическая система GD-спектрометра позволяет одновременно определять содержание практически всех элементов, включая водород, азот, кислород и т.п. Диапазон измеряемых длин волн охватывает как УФ, так и ближнюю ИК-область, от 110 до 900 нм. Прибор построен по классической оптической схеме Пашена-Рунге. Фотоны, возбужденные в плазме, через входную щель в круге Роуланда попадают на основную дифракционную решетку, покрытую фторидом магния. Эта решетка оптимизирована для разложения спектров в видимой и УФ-области. Более длинноволновое излучение, характерное, например, для щелочных металлов, отражается и попадает на вторичную решетку, оптимизированную для ИК-спектра. Разумеется, дифракцион-



Собранная система GD-Profilier 2. Видны пятна двух лазерных лучей для определения глубины кратера на образце



Детали, образующие плазменную камеру: медный анод с трубкой и изолирующее керамическое кольцо, накладываемое на образец

* См.: Ber B., Babor P., Brunkov P.N., Chapon P., Drozdov M.N., Duda R., Kazantsev D., Polkovnikov V.N., Yunin P., Tolstogousov A. Sputter depth profiling of Mo/B₄C/Si and Mo/Si multilayer nanostructures: A round-robin characterization by different techniques // Thin Solid Films. 2013. Vol. 540. PP. 96–105.



Полихроматор с установленными ФЭУ



Простейшая система имитации отражения лучей от дифракционной решетки для точной настройки полихроматора

ные решетки – нашего собственного изготовления.

Напротив решетки на круге Роуланда находится специальная маска с выходными щелями под углами, соответствующими характеристическим спектральным линиям целевых элементов. За щелями располагаются детекторы – фотоэлектронные умножители (ФЭУ). Сигналы от ФЭУ поступают в электронный блок сбора и обработки данных. Для каждого целевого элемента

используется свой ФЭУ, что позволяет одновременно определять все заданные элементы. Это важно, поскольку мы строим профиль распределения элементов по глубине образца, в ходе измерений элементный состав образца меняется. ФЭУ не требуют охлаждения, поскольку мы не используем режим счета фотонов.

Понятно, что число детекторов зависит от конкретного приложения. Например, сейчас мы готовим прибор для заказчиков в Индии, он рассчитан на 40 элементов. А перед этим мы делали установки для клиентов на Тайване и в Италии, предназначенные для производства солнечных элементов. Они были рассчитаны только на семь элементов. Однако пользователю в ходе работы может потребоваться анализировать не оговоренный при заказе элемент. Для этого мы предусмотрели простой механизм установки в спектрометр дополнительного монохроматора.

Важная особенность – мы используем только цельнолитые корпуса для моно- и полихроматоров. На них монтируются все элементы оптической системы. Такой подход обеспечивает высокую точность измерений, поскольку неизбежные механические колебания передаются одновременно на все оптические компоненты. Удастся минимизировать и воздействие термических деформаций. Пожалуй, HORIBA Jobin Yvon остается единственной компанией, кто использует литые детали для спектрометров. Цельнолитое исполнение важно, поскольку именно точность и стабильность геометрии оптической системы обеспечивает точность измерений. Внутренний объем заполняется азотом, никакого вакуумирования. Азот не только обеспечивает прозрачность в УФ-диапазоне, но и продлевает время жизни оптических элементов.

Точность работы спектрометра зависит от правильности настройки. Но что хорошо в оптических системах – вы можете юстировать прибор с пикометровым разрешением, используя достаточно простые инструменты, без



Участок ремонта. Здесь восстановят даже очень старый прибор

каких-либо чистых комнат. Сама маска с выходными щелями изготавливается отдельно от корпуса. При сборке основная задача – обеспечить правильное взаимное расположение дифракционной решетки и щелей на маске. Для этого мы используем очень простое решение: на оси решетки устанавливаем лазер, несложная механическая система с призмой позволяет моделировать отражение луча заданной длины волны от решетки. Конечно, необходимо правильно настроить лазерную интерферометрическую систему

измерения глубины травления. Такая настройка выполняется на специальном стенде.

Простота оптических систем важна и с той точки зрения, что для отъюстированного прибора нет особо жестких требований к транспортировке. Достаточно на месте выполнить очень простую и быструю подстройку, и прибор готов к работе.

Как вы контролируете качество выпускаемой продукции?

Р.Бенферат Качество – это особый и очень важный для нас вопрос. Причем понятие "качество" относится не только к деталям или производству. Это глобальная концепция, относящаяся ко всем процессам – закупок, производства, продаж, исследований и разработок и т.д. Действительно, если у вас хорошее качество разработок, вы можете обеспечить высокий уровень производства. Напротив, при недостаточно качественных разработках даже при очень хорошо отлаженном производственном процессе высокого качества конечного продукта не достичь. Поэтому для каждой стадии работ в компании предусмотрены специальные процессы, со своими правилами и критериями качества. Все должны следовать этим правилам, за их соблюдением следит специальная команда контроля качества, подотчетная непосредственно президенту компании.

Конечно, свои правила существуют и на производстве. Многие компоненты мы заказываем по субконтракту. Поэтому регулярно посещаем всех наших производителей. Один-два раза в год проводим аудит их производственных процессов. Если у компании нет отлаженных и документированных процессов, мы с ними не работаем. Когда детали приходят на наше производство, мы проводим выборочный контроль. Если выявляем проблему, то проверяем всю партию и сообщаем о дефекте производителю. И конечно, на выходе тщательно тести-

руем готовое устройство перед его отгрузкой заказчику.

Большое значение мы придаем поддержке наших пользователей. Эту задачу решает служба сервиса. Мы ремонтируем оборудование, даже если оно выпущено четверть века назад. И эта работа – также неотъемлемый элемент нашей системы качества.

ВМЕСТО ЗАКЛЮЧЕНИЯ

"Запад есть Запад, Восток есть Восток, и вместе им не сойтись", – писал Р.Киплинг в "Балладе о Востоке и Западе" в конце позапрошлого века. Само произведение английского писателя опровергает этот тезис, но как исключение. Век нынешний опровергает тезис уже как правило. Сегодня мы видим немало примеров в самых разных областях промышленности, когда интеграция западных и восточных компаний дает новый импульс развития, новое качество. В полной мере это относится и к интеграции

наследницы старейшего европейского оптического предприятия Jobin Yvon и динамично развивающейся японской корпорации HORIBA.

В европейской штаб-квартире мы не встретили японских администраторов, нет там и атмосферы "классических" японских компаний. И в то же время, дух глобальной транснациональной корпорации, с подразделениями разработки и производства по всему миру – от Америки до Японии, – ощущается очень явно. Это позитивный дух, нацеленный на развитие, завоевание лидерства, на создание новых продуктов и продуктовых направлений. И первые, кто выигрывает от этого – пользователи. Ведь технологическая гонка, о которой нам рассказывал Р.Бенферат, в конечном итоге, направлена на то, что клиенты HORIBA Scientific обретают новые возможности. Не в этом ли цель любого производителя, стремящегося к успеху?

α