

МЫ ЛЮБИМ ТРУДНЫЕ ВЫЗОВЫ

Рассказывает вице-президент компании FOGALE nanotech,
директор департамента полупроводникового бизнеса Жиль Фрескэ



FOGALE nanotech – хоть и небольшая, но уже достаточно известная французская компания, специализирующаяся на создании оборудования для прецизионных бесконтактных измерений размеров. Ее особенность – в разнообразии научных подходов: для различных типов измерений используются емкостные, индуктивные, ультразвуковые и оптические сенсоры. В результате деятельность FOGALE существенно диверсифицирована, компания предлагает решения для медицины и биотехнологий, аэрокосмической индустрии и робототехники, оптических технологий и энергетики.

Одно из важных направлений, активно развиваемых FOGALE nanotech, – контрольно-измерительное оборудование для полупроводниковой микроэлектроники и микросистемной техники. МЭМС, передовые технологии сборки и корпусирования интегральных схем, контроль пластин, измерения сквозных переходных отверстий в кремнии (TSV) – для всех этих современных технологий FOGALE предлагает собственные инновационные решения*. Каковы особенности решений и методов FOGALE, ее планы технологического и рыночного развития, в том числе в России? Об этом нам рассказал вице-президент FOGALE nanotech, директор департамента полупроводникового бизнеса Жиль Фрескэ (Gilles Fresquet).

* Напр., см.: Пиел Ж.-Ф. Спектроскопическая рефлектометрия – эффективный метод исследования многослойных структур // ЭЛЕКТРОНИКА: НТБ. 2014. № 3. С. 154–156.

Господин Фрескэ, какова история становления компании FOGALE nanotech?

Компания была основана в 1983 году как инженерная фирма. Мы в то время работали над датчиками с разрешением на уровне нанометров для научных задач, таких как точная регулировка ускорителей частиц и юстировка сегментированных зеркал очень крупных телескопов. В 1990-е мы начали разрабатывать системы и продукты в основном для медицинских, аэрокосмических и полупроводниковых применений.

FOGALÉ nanotech – небольшая компания, численностью порядка 80 сотрудников. Причем 80% из них – это инженеры и обладатели докторской степени (PhD). В нашем портфолио свыше 50 патентов, прибыль – на уровне 20 млн. евро в год. Штаб-квартира компании расположена во французском Ниме, также у нас есть три дочерние фирмы – в США, Швейцарии и на Тайване.

Сегодня деятельность компании по-прежнему связана с производством систем и датчиков для высокоточных измерений размеров. В основном мы развиваем технологии на основе оптических и емкостных датчиков. Наши основные рынки – это общеинженерные измерения, аэрокосмическая индустрия и полупроводниковая промышленность. Последнее направление в компании возглавляю я.

Каковы сегодня задачи FOGALÉ nanotech в области полупроводниковой электроники?

Основная задача подразделения полупроводников – создание решений на основе наших мощных

мультидисциплинарных компетенций в оптической метрологии и технологиях обработки сигналов. Сегодня для полупроводниковой электроники мы поставляем метрологические и инспекционные системы, как стандартные, так и адаптированные по требованиям заказчиков. В основном они предназначены для контрольно-измерительных задач при сборке и корпусировании микросхем, 3D-микросборок, в том числе со сквозными переходными отверстиями в кремнии (TSV). Наше оборудование активно используется в процессе производства и при выходном контроле МЭМС, подложек на основе таких материалов, как сапфир, GaAs и других материалов группы A³B⁵, структур типа кремний на изоляторе (КНИ) и т. п.

Сегодня мы выступаем мировым лидером в области измерений TSV**На каких технологиях и методах основано ваше измерительное оборудование?**

Для полупроводниковой электроники мы производим средства измерений и оборудование для контроля процессов. FOGALÉ производит как полуавтоматические приборы для исследовательских задач, так и полностью автоматизированные системы для производственных целей. Особенность наших решений – мы комбинируем несколько интерферометрических методов и микроскопию, объединяем их в одной измерительной системе.

Мы используем практически все известные методы интерферометрии –

от измерений в одном пятне для определения толщины, полного разброса по толщине и формы поверхности до полнопольной интерферометрии для измерения высоты рельефа поверхности с разрешением на уровне нанометров. У нас есть системы, которые объединяют микроскопию и различные виды интерферометрии в одном приборе. В зависимости от приложения, мы выбираем оптимальную конфигурацию системы. Такой подход дает очень значимую прибавочную стоимость нашим продуктам.

В 2014 году в Сан-Франциско на выставке Semicon West мы были удостоены награды "Лучший прибор для 3D-измерений"

Могу отметить два ключевых преимущества решений FOGALE. Первое связано с патентованным методом измерения глубины переходных отверстий в кремнии на основе ИК-интерферометрии. Этот метод позволяет измерять глубину TSV-отверстий без каких-либо ограничений аспектного отношения (отношения глубины к диаметру). В целом, сегодня мы выступаем мировым лидером в области измерений TSV.

Второе важное достоинство связано с комбинацией всех интерферометрических методов с микроскопией, в одном оптическом пути. Благодаря такому подходу мы можем точно позиционировать измерительное пятно, на очень маленьком образце. В результате мы достоверно знаем, что измеряем, тогда как наши конкуренты вынуждены работать фактически вслепую. Конечные пользователи также могут подстраивать размер пятна в соответствии с размером их образцов. Более того, пользователи могут подстраивать и числовую апертуру измерительного луча. Например, увеличив числовую апертуру луча, можно измерять толщину сильно деформированных пластин, с глубиной искривления до нескольких миллиметров. Это очень важно, в частности, для сборки и корпусирования микросхем

по современным технологиям, прежде всего – 3D-сборки. Другой пример – комбинируя ИК-интерферометрию, полнопольную интерферометрию и микроскопию, пользователь может видеть толщину, форму рельефа, нанометровые шероховатости и дефекты пластины на одной картинке одновременно. Это очень важно, в частности, для изготовителей подложек. Подчеркну, технология FOGALE позволяет измерить параметры пластины, даже если ее деформация велика.

Преимущества метода проявляются и для таких приложений, как корпусирование на уровне пластин (WLP) или при производстве МЭМС. Объединив ИК-микроскопию и интерферометрию в одном оптическом пути, мы можем позиционировать измерительный луч через верхний слой МЭМС, благодаря чему возможно точно определять пустоты внутри корпуса, измерять форму и кривизну мембраны и т.п. Это лишь некоторые примеры, но их можно привести гораздо больше. Недаром в 2014 году в Сан-Франциско на выставке Semicon West мы были удостоены награды "Лучший прибор для 3D-измерений" (3D Incites 2014 award for the best 3D Inspection & metrology tool). Поскольку мы используем несколько технологий, увязанных в одну платформу, североамериканские журналисты даже прозвали нашу систему "швейцарским армейским ножом".

Каковы позиции компании на глобальном рынке, кто ваши основные пользователи?

Мы поставляем наши решения и приборы как для лабораторий, так и для крупных серийных производств. Наши основные потребители – это крупные изготовители полупроводниковых приборов и систем, такие как TSMC, Hewlett-Packard, Samsung Electronics, IBM, STMicroelectronics, фабрики по корпусированию и тестированию ИС (SPIL, ASE, Amcore, Statchipack), производители МЭМС, изготовители подложек (Sapphire и Okmetic). В то же время, мы поставляем наши решения для лабораторных

измерений полупроводниковым исследовательским центрами, таким как LETI во Франции, imec в Бельгии, Sematech в США, A*STAR в Сингапуре и ITRI на Тайване.

Географически сегодня наш основной рынок – это страны Азии, на которые приходится 60% продаж. 30% нашего рынка сосредоточено в США, еще 10% – в Европе. В этом году у нас появились новые пользователи в Китае, мы рассчитываем на существенное развитие этого рынка.

Продвигая наши решения, мы взаимодействуем с потенциальными заказчиками через научные публикации или презентации на различных конференциях. Это мощный инструмент, позволяющий донести наши ноу-хау, наши подходы к повышению выхода годных изделий, к наращиванию эффективности производства за счет совершенных метрологических решений. Однако каждый раз, создавая новое решение, мы очень тесно сотрудничаем с исследовательскими центрами и академическими лабораториями. Вместе с ним, в рамках объединенных программ разработки, мы квалифицируем наши технологии. С другой стороны, мы сотрудничаем с лабораториями, равно как и с другими конечными пользователями наших решений, на стадии разработки, бета-тестирования и окончательной отработки нового оборудования. Более того, мы постоянно общаемся с конечными потребителями, чтобы знать, какие решения им понадобятся в будущем и заранее начинать их создавать.

Насколько вам интересен российский рынок, каковы планы по продвижению продукции в Россию?

Наши решения уже представлены в России в аэрокосмическом секторе. Они используются для контроля лопастей авиационных пропеллеров во время вращения. Однако мы намерены продвигать и наши решения для полупроводниковой индустрии. Первый рынок, который мы видим для оборудования FOGALE – это материалы и производство

подложек. В России сильно развито материаловедение, ведутся работы в области сапфировых подложек для светодиодов, а также полупроводниковых материалов типа A^3B^5 , таких как арсенид галлия и нитрид галлия. Российским компаниям, работающим в этой области, уже продано несколько наших установок.

Мы очень рассчитываем продвигать свои решения в других сегментах рынка – МЭМС и 3D ИС, в частности, с TSV. В этом направлении мы работаем в России с академическими институтами, и видим очень много новых возможностей в будущем. Наши ближайшие планы в России – демонстрации технологий FOGALE, представление продуктов. Также мы намерены еще более тесно сотрудничать с исследовательскими и вузовскими лабораториями в области новых применений.

В целом, наша бизнес-модель работы в России соответствует той, что мы используем повсеместно. Мы видим два важных этапа на пути развития продуктов. Первый – это тесное общение с конечными пользователями для того, чтобы найти новые применения, обсудить потенциально интересные решения. А затем начинается собственно работа по их созданию, причем совместно с академическими и научно-исследовательскими институтами. Этот подход мы применяем уже много лет во всем мире, надеемся развивать его и в России.

Мы сформируем полный ряд инструментов для метрологического обеспечения технологии прямых медных соединений

Каковы направления перспективного развития технологий FOGALE nanotech?

В следующие пять лет мы продолжим расширять спектр наших измерительных решений. С точки зрения технологий, мы будем развивать наш подход, основанный на объединении нескольких методов в одной очень компактной

системе. Сегодня мы концентрируемся на измерении тонких слоев, объединяя рефлектометр с интерференционными измерениями в полном поле. Намерены продвигаться на рынке подложек, например КНИ-подложек, где мы способны измерять как очень тонкие слои, на субнанометровом уровне, так и толщины порядка нескольких миллиметров.

С точки зрения рынка мы работаем в области трехмерных интегральных схем с TSV, других перспективных технологий сборки и корпусирования ИС. В следующие три года мы намерены сконцентрироваться на измерительных методах для новой технологии 3D-интеграции кристаллов – это прямое соединение медных контактных площадок при сборке кристаллов в стек. Электрический контакт между двумя кристаллами обеспечивается за счет точного совмещения и сплавления медных контактных столбиков, без каких-либо припоев и дополнительных проводочных проводников. Такой процесс

требует исключительной планарности каждой пластины и точной настройки процесса их соединения.

Специалисты FOGALE уже разрабатывают решение на основе ИК-микроскопии и фазосдвигающей интерферометрии для контроля планарности поверхности после химико-механической планаризации пластин. Метод обеспечит точность менее 0,1 нм. Создаются и инструменты для измерений степени совпадения элементов между двумя пластинами в процессе и после их соединения. В итоге мы сформируем полный ряд инструментов для метрологического обеспечения технологии прямых медных соединений – как для контроля планарности поверхности пластин, так и точности их совмещения. Это серьезный вызов, поскольку измерениям на диэлектрических слоях мешают различные артефакты, однако мы в FOGALE любим трудные вызовы.

Спасибо за интересный рассказ.

С Ж. Фрескэ беседовал И. Шахнович

Бесконечное путешествие FRAM к лидерству

Несмотря на давний прогноз аналитической компании Dataquest, согласно которому сегнетоэлектрическая оперативная память (Ferroelectric memory, FRAM) будет доминировать на рынке энергонезависимой памяти, этот тип памяти, как и многие другие оперативные запоминающие устройства, не оправдал возложенных на него надежд. После создания работающих образцов FRAM-памяти в конце 1980-х годов, когда и появились прогнозы их блестящей перспективы, разработчики столкнулись с множеством проблем, связанных с ограниченным пониманием физики сегнетоэлектрических материалов. Основная трудность, сдерживающая широкое применение FRAM, – необходимость применения барьерного слоя при нанесении сегнетоэлектрического перовскита на кремниевую подложку, что приводит к удорожанию схемы.

Но, несмотря на ухабистую дорогу, на рынке представлены коммерческие образцы FRAM-памяти и спрос на них есть благодаря малой потребляемой энергии, низкому энергопотреблению (до 1 мкА в режиме хранения), способности длительного (до 10 лет) хранения информации при отсутствии питания и практически неограниченному числу циклов перезаписи (до 10^{16}). И согласно прогнозу, опубликованному компанией Research and Markets, занимающейся исследованиями рынка, совокупные темпы годового роста мирового рынка FRAM-

памяти в период с 2013 по 2018 год составят 16,4%. Компании Ramtron International, Texas Instruments, Fujitsu Semiconductor активно развивают исследования и разработки как элементов, так и программных средств FRAM.

Так, Fujitsu в конце 2014 года выпустила энергоэффективную схему FRAM-памяти MB85RDP16LX для систем промышленной автоматизации. Разработчики утверждают, что благодаря применению встроенной функции двоичного счетчика им удалось сократить энергопотребление схемы в сравнении с традиционной FRAM-памятью до 94%. Время включения питания схемы составляет 5 мкс (в 38 раз быстрее, чем стандартных FRAM-приборов). Диапазон рабочих температур – от –40 до 105°C без ухудшения срока хранения данных, равного десяти годам. Поставляется память в корпусе SON-8 размером 2×3 мм.

Cypress, которая приобрела Ramtron в 2014 году, в апреле 2015 года представила семейство FRAM-памяти с последовательной выборкой емкостью 64 Мбит. Схема памяти предназначена для промышленных систем управления, автоматизации, измерения, многофункциональных принтеров, тестового оборудования и пригодных для носки медицинских приборов.

www.eetimes.com/document.asp?doc_id=1326610&print=yes