



ОПТАТЕС-2016: НОВЕЙШИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОПТИЧЕСКОГО СТАНКОСТРОЕНИЯ И ПРОИЗВОДСТВА. ЧАСТЬ 2*

Н.Л.Истомина, Л.В.Карякина, АО "РИЦ " ТЕХНОСФЕРА"



Международная выставка Optatec-2016 запомнилась своим организаторам и участникам рекордным числом посетителей и многочисленными мировыми и европейскими премьерами экспонируемых продуктов. Из 570 фирм, представляющих 31 страну (среди них 251 компания из Германии), число компаний-производителей приблизительно равнялось числу компаний-дистрибуторов оптических технологий. Причем каждый участник выставки представил свое уникальное предложение. И каждый посетитель выставки, даже далекий от оптических технологий, мог подобрать решение для своих задач в виде компонентов, сборок и подсистем.

Достижения в области оптических исследований стали ключевым моментом в создании технологий и процессов новых и альтернативных применений привычных товаров и продуктов из нашего окружения. Оптические технологии широко применяются не только при изготовлении оптических элементов, но и в иных производственных процессах – строительстве, металлургии, сварке и резке, охране, передаче энергоносителей. Используются они и в готовых решениях – аналитическом и измерительном оборудовании, дистанционном зондировании земной поверхности, в качестве источников излучения в промышленных, медицинских и военных приложениях.

Ныне оптические технологии буквально врываются в традиционные процессы, заменяя собой известные стандартные методы. Например, системы для контроля укладки оптических волокон при производстве композитных материалов для аэрокосмической промышленности; изделия из сапфира в составе медицинского инструмента, требующего высокотемпературной стерилизации; голографические дифракционные решетки, заменяющие оптические детали объективов в бортовых системах, SLM-технологии для 3D-систем печати в аддитивном производстве. Интересно, что в свою линейку станков для производства оптических деталей станкостроительные компании начали добавлять систему для напыления

пленок. И это тоже новое предложение современного оптического рынка. Поэтому растет интерес производителей и дистрибуторов к лазерным и оптическим системам и компонентам, представляемым на выставке Optatec.

На Optatec-2016 было четкое разделение компаний по представляемым ими продуктам: оптические компоненты и станки для их изготовления, оптомеханика и оптоэлектроника, оптические и технические стекла и сопутствующие им производству материалы, сапфировые изделия и твердотельные активные элементы, метрологические приборы для обеспечения высокоточного оптического производства.

Компания SCHOTT (www.schott.com), известный производитель оптического стекла, представила на выставке новый вид фоточувствительного стекла Foturan 2 (чуть ранее компания анонсировала этот продукт на выставке Photonics West в Сан-Франциско, США). Это стекло позволяет с помощью определенных операций получать внутри детали полые структуры – отверстия и каналы, что часто используется для микроэлектроники нового поколения в полупроводниковой промышленности и телекоммуникациях. Последовательность операций такова, что стекло засвечивается УФ-излучением через фотошаблон, далее происходит отжиг при определенной температуре, затем травление и керамизация. Процесс керамизации – это выращивание кристаллов в теле стекла под воздействием температуры в течение определенного промежутка времени. Если заказчику требуется,

* Часть 1 см.: "Фотоника", 2017, №1, с. 62–69.



чтобы фон стекла был непрозрачный, то необходима еще одна дополнительная заключительная операция. Но структуру стекла можно использовать и после травления. Расстояние между ячейками составляет 30 мкм, и эту величину можно уменьшить. Диаметр ячейки - 40 мкм. Разработанная технология позволяет изготавливать микроканалы, датчики, МЭМС. Применяемое травление отличается от традиционного травления - не требует использования фотрезиста, так как применяемое литий-алюминий-силикатное стекло само оказывается чувствительным к УФ-облучению. Технология производства данного стекла является ноу-хау компании SCHOTT.

Другая технология, которой владеет компания SCHOTT, - моллирование, или получение поверхностей произвольной формы (free-form) с помощью горячей обработки. У компании есть линейка стекол, у которых температура трансформации невысока - около 500°C. Эти стекла можно преобразовать в готовый оптический элемент с помощью нагрева и последующего формования. Грубой шероховатой поверхности у стекла при этом не получится. В качестве заготовки для моллирования используется так называемая линза-шарик. Процесс следующий. Полированный шарик определенного размера загружается в печь, где происходит его нагрев. Затем по направляющим он поступает в форму и попадает под пресс. Формируется буртик, поверхность остается полированной. Что касается точности получаемой поверхности, то пять интерференционных колец соответствуют общей ошибке, половина интерференционного кольца - местной ошибке.

Российская компания TYDEX (www.tydexoptics.com/ru) на выставке постаралась представить весь спектр своей уникальной продукции от компактных линз диаметром от 1,6 мм до больших линз диаметром в несколько метров для астрономии. Были представлены образцы, выполненные из разных материалов с разными покрытиями. Особый интерес представляют защитные окна из сульфида цинка прямоугольной формы со склоненными углами. Сульфид цинка является достаточно редким материалом. Он работает в трех диапазонах длин волн: в ИК-диапазоне (8-12 мкм) пропускание окна составляет 90%, в видимом диапазоне (400-700 нм) - более 80%, а на длине волны генерации YAG-лазера (1,06 мкм) - 95%. Таким образом, данное окно может применяться не только в видимом диапазоне, но и, например, в тепловизионной технике и для лазерных дальномеров. Или другой образец - защитное окно с ИТО

покрытием (англ. Indium tin oxide). Данная тонкая пленка обеспечивает подогрев окна. К примеру, она может использоваться в конструкции лобовых стекол автомобиля для удаления наледи и конденсата. Такие окна компания TYDEX поставляет на объекты гидроэлектростанций, где требуется быстро убрать конденсат и снег для обеспечения хорошей видимости.

Обратила на себя внимание прозрачная тонкая пленка для двух диапазонов: 3-5 мкм и 7-14 мкм. Она используется для беспилотных летательных аппаратов, которые в настоящее время широко используются для различных приложений. Компания имеет собственное станочное производство и, приобретая материалы и нанося покрытие, создает уникальную продукцию, придавая деталям необходимую форму, размеры и профиль поверхности. Такими образцами, например, являются асферические линзы из германия для ИК-объективов с двухсторонним просветляющим покрытием на диапазон 8-12 мкм.

Терагерцевые детали для TYDEX (tydexoptics.com) превратились в традиционную продукцию - это фильтры, поляризационные конвертеры, терагерцевые делители пучка. В терагерцевой оптике разрешение изображения получается хуже, чем для оптики видимого диапазона. Однако изготовление таких элементов, в частности процедура травления, является достаточно сложным трудоемким процессом, и компания владеет этими компетенциями.

Другие интересные продукты - неклассические (то есть не для видимого диапазона) дифракционные элементы. Их отличие в том, что для их изготовления используется технология травления кремния по заданной маске. Подложкой является высокоомный кремний - прозрачный в дальнем ИК-диапазоне. В зависимости от задачи, могут быть получены концентрические или плоскопараллельные штрихи.

Еще один уникальный продукт - окно из сапфира с профилем в виде ступеньки. Сапфир, использующийся в конструкции окна, придает ему прочность благодаря своей износостойкости и твердости. Такое окно используется на нефтяных или газовых вышках в целях наблюдения и определения концентрации и состава движущегося вещества. Окно имеет специальный профиль, устанавливается меньшим диаметром внутрь трубопровода перпендикулярно потоку вещества. Поскольку давление внутри трубопровода высокое, окно подвергается значительному давлению изнутри. А ступенька как раз препятствует выдавли-



ванию окна и служит для повышения прочности конструкции.

Для пиromетрии компания выпускает кремниевые линзы с просветлением в диапазоне 3–5 мкм. Она используется для контроля процессов производства металлов и стекол. Линза входит в конструкцию пирометра, с помощью которого можно контролировать температуру на требуемом участке. Для высокотемпературных сенсоров TYDEX выпускает сапфировые окна.

Компания "ЭССЕНТ ОПТИКС" (www.essentoptics.com) представила модернизированный спектрофотометр LINZA 150. Предназначен он для измерения пропускания и отражения излучения линзами. Прибор позволяет измерять пропускание сферических и асферических, выпуклых и вогнутых линз, а также объективов или их компонентов.

Для того чтобы установить линзу в нужное положение, узел, на который устанавливается линза для проведения измерения величины коэффициента отражения, имеет возможность перемещаться по трем координатам. Размер пятна на измеряемой поверхности составляет 0,8 мм. Точность перемещения линзы не хуже 0,1 мм. Для большинства задач эта точность является достаточной. Для представленной модели существуют ограничения: диаметр линзы не более 120 мм, а радиус кривизны не менее 15 мм. Если появятся заказы на измерения линз с большим диаметром, то существующее оборудование будет модифицировано. Для LINZA 150 рабочий диапазон длин волн составляет 380–1700 нм. Существует возможность расширить диапазон до 190 нм. Время проведения измерений зависит от спектрального диапазона. Измерение спектральной зависимости коэффициента отражения обычно занимает 10–15 с, время перехода к другой координате – не более 5 с.

Компания "Германий и приложения" (www.geapplic.ru) владеет собственным открытым разрезом на Дальнем Востоке, где добывает уголь, содержащий германий. Цикл обработки угля заканчивается получением концентрата, который доставляется в Тульскую область, где непосредственно из него выделяется германий, из которого затем растят монокристалл (методом Чохральского).

В дальнейшем кристалл подвергается механической обработке для получения заготовки линз или подложек, которые применяются в микроэлектронике. Для резки буля на диски используется дисковая или проволочная резка. Выбор типа резки зависит от толщины изделия и от диаметра слитка. Любой тип резки ведет к расходу матери-

ала, который зависит от толщины пропила. Эти потери не являются критичными, так как получающийся в результате распила порошок подвергается переработке и затем снова используется для выращивания кристалла.

Не так давно в компании "Германий и приложения" выращивали кристалл диаметром 350 мм. Для германия такая величина диаметра кристалла является очень большой. Диаметр зависит от требований заказчика и примерно соответствует диаметру линзы, которую требуется изготовить. До сих пор рынок германиевых подложек больше ориентирован на оптику, но компания "Германий и приложения" рассматривает себя в качестве поставщика и для микроэлектроники.

Другую нишу уникальных компонентов занимают дифракционные оптические компоненты для оптико-электронной, аналитической, медицинской, оборонной и других отраслей промышленности.

Классические диспергирующие элементы – дифракционные решетки используются и в качестве поляризаторов, и в качестве фильтров. Решетки обеспечивают высокую поляризационную однородность на больших апертурах, высокую яркость, высокий контраст и долговечность. Поэтому они необходимы для аналитических исследований, использующих высококонтрастное изображение объекта для инструментальных приложений. В конфокальной флуоресцентной микроскопии используются лазерные источники с непрерывным спектром. Диспергирующий элемент позволяет исследователю выбрать любую длину волны возбуждения объекта исследований, добиваясь возбуждения оптимального поглощения и перекрестного возбуждения флуоресцентного красителя. На выставке Optatec-2016 компания предлагали решетки, которые выводят свет со спектральной плотностью в несколько милливатт на нанометр через оптоволокно.

Компании HORIBA, Topag, HOLOEYE представили полный спектр дифракционных объемных брэгговских решеток (VBC) для самых широких диапазонов технических решений. От создания расширителей импульсов на основе дифракционных брэгговских решеток с изменяющимся периодом (CFBG), которые используются в промышленных сверхбыстрых лазерах для компенсации дисперсии компрессора, до голограммических дифракционных решеток, и решеток, используемых в качестве фильтров, дефлекторов и элементов объединения лазерных пучков. Большой интерес проявляли посетители к синтезированным



голографммным оптическим элементам. Обычно они используются в контрольно-диагностической аппаратуре, выполняя функции образцовых оптических элементов и компенсаторов, или в лазерной оптике при создании силовых оптических элементов и корректоров хроматических aberrаций. Компания Topag предложила дифракционные светоделители для разведения лазерного излучения по двум первым порядкам. Элементы выдерживают мощность излучения до 4 Дж/см² на длине волны 532 нм. Светоделители рассчитаны на длины волн 355/343, 532,515 и 1064/1030 нм. Компания также предлагает дифракционный вариационный аттенюатор для гибкого ослабления мощности лазерного излучения.

Секрет их действия кроется в технологии изготовления компьютерно-синтезированных голограмм с бинарным, многоуровневым и непрерывным профилем. Благодаря широким возможностям изготовления решеток как плоских, так и с кривизной, интерес к подобным изделиям возрос. Хотя сами секреты изготовления дифракционных решеток, выполняемых на подложках с кривизной поверхности, компании строго охраняют.

Диспергирующие элементы применяют, когда необходимо перестраивать длину волны или разводить световые пучки. Если же необходимо работать в определенной части спектра, используют отрезающие или узкополосные фильтры. Для их создания применяют технологию нанесения многослойных оптических покрытий. Эта технология популярна и в решениях иных оптических задач, где требуется создавать широкоспектральные высокоотражающие зеркала, многоволновые светоделители, качественные смотровые окна, оптические элементы с просветлением. Потребность в фильтрах особенно стала проявляться с возникновением коммерческого сегмента перестраиваемых лазеров в спектральном диапазоне 4-12 мкм. Достигнуть лазерной генерации на длинах волн 3-4 мкм при комнатной температуре ранее было невозможно. Однако этот диапазон является ключевым в колебательной спектроскопии, что связано с существованием квантовых переходов между колебательными уровнями энергии молекулярных связей N-H, C-H и O-H, которые присутствуют во всех органических молекулах. Появление широкополосных источников излучения видимого и ИК-диапазонов, а также технологический прорыв в области производства квантово-каскадных лазеров с внешним резонатором привели к созданию множества лазеров, гене-

рирующих в среднем и ближнем ИК-диапазонах, и соответственно к расширению потребностей в вакуумных системах нанесения покрытий.

Компания Buhler Alzenau GmbH (www.buhlergroup.com) – до 2015 года Leybold Optics GmbH, а сейчас отдел Leybold Optics швейцарского концерна Бюлер АГ – представила семейство вакуумных напылительных установок HELIOS, предназначенных для нанесения прецизионных оптических покрытий. HELIOS – уникальная система реактивного магнетронного напыления с двойными MF магнетронами и RF источником ионно-плазменного ассистирования, действующая по принципу PARMS. Оборудование этого типа позволяет наносить покрытия с выдающимися оптическими, лазерными и механическими свойствами – сравнимыми по характеристикам с покрытиями, получаемыми на установках ионно-лучевого напыления. При этом HELIOS обеспечивает скорость нанесения покрытий, превышающую возможности классических установок электронно-лучевого испарения. Благодаря системе прямого оптического контроля и полностью автоматизированной интеллектуальной системе управления здесь достигается идеальная точность, равномерность и воспроизведимость процесса напыления слоев, что позволяет выполнять покрытия в диапазоне от 190 до 2500 нанометров с непревзойденными по сложности спектральными характеристиками – результат, недостижимый для других установок. Регулирование параметров источника плазменного ассистирования позволяет контролировать механические напряжения, неизбежно возникающие в наносимых слоях. Одновременное напыление с двух магнетронов дает возможность создавать слои с промежуточными и градиентными показателями преломления и дополнительно контролировать механические напряжения. Это позволяет наносить сложнейшие многослойные покрытия на тонкие подложки диаметром до 200 мм, не вызывая их искривления. Установки оснащаются загрузочным шлюзом и могут комплектоваться системой автоматической загрузки. Такое решение позволило широко применять установки серии HELIOS в микроэлектронике – для создания оптических систем непосредственно на поверхности полупроводниковых пластин методами фотолитографии. Совокупность уникальных характеристик сделала установки HELIOS одними из самых востребованных машин для массового производства оптических компонентов на европейском, азиатском и американском рынках. ■