

НАШ МИР ФОТониКИ

РОССИЙСКАЯ ВЫСТАВКА "ФОТонИКА – 2006"

С 3 по 6 июля 2006 года в Москве на Красной Пресне проходила 1-я международная выставка "Фотоника-2006". Она собрала 110 экспонентов (из них 91 – компании-производители: 75 из России и 16 из других стран). За 4 дня работы выставку посетило около 3,5 тысяч человек. Выставка продемонстрировала наш мир фотоники. То, что выставка состоялась, доказывает, что мы живы. Радует и то, что в марте 2007 года планируется выставка "Фотоника-2007". Без развития оптики нам трудно будет выжить уже в ближайшие десятилетия. Названия современных технологий скоро будут начинаться со слов "оптическая, оптические": оптическая связь, оптические компьютеры и т.д. Нужно наверстывать упущенное. Цель журнала – содействовать этому процессу.

Писать обзор о выставке трудно, ввиду отсутствия ясного представления о тех взаимосвязях, которые существовали в нашем мире оптики и фотоники в СССР. Путешествуя по выставке, можно было кого-то (в прошлом крупного игрока) не заметить, а в обзоре – кого-то не упомянуть, хотя многое известно, что-то на слуху, что-то опубликовано [1]. Поэтому автор заранее извиняется перед читателями. Однако пройти мимо этого события наш журнал не мог: для нас оно такое же значимое, как для мировой оптической общественности ежегодная выставка-конференция "OFC-2006" в Калифорнии, США. Учитывая это, я постараюсь рассмотреть выставку через технологическую, а не экономическую призму.

Итак, что же представили на выставке российские и зарубежные компании? Чтобы не запутаться в представленном оборудовании, попытаемся сначала провести его классификацию по категориям. На выставке большинство компаний демонстрировали лазерные системы и лазерные источники.

ЛАЗЕРНЫЕ СИСТЕМЫ

Лазерные системы можно условно разделить на три группы:

1. Мощные лазерные системы, используемые для специальных целей, резки и раскроя металлов и других материалов, а также для их сварки;
2. Маломощные лазерные системы, используемые для массовых применений:
 - маркировки и гравирования;
 - полиграфии;
 - литографии;
 - научных исследований и измерительного оборудования;
 - биомедицинских приложений;
 - специальных или уникальных приложений;
 - светотехнические системы.
3. Лазерные системы для оптической связи:
 - оптоволоконные системы оптической связи;
 - атмосферные оптические системы связи;
 - безвоздушные оптические системы связи.

Мощные лазерные системы

В этой группе нужно отметить "Мобильный лазерный технологический комплекс МЛТК-50", разработанный Троицким инсти-

тутом инновационных и термоядерных исследований (Троицк, ТРИНИТИ) совместно с Газпромом для дистанционной (на расстоянии до 100 м) резки металлоконструкций (например, стальных труб толщиной до 20 мм) и железобетона при ликвидации аварий на газовых и газонефтяных скважинах. Этот вариант гиперолоида инженера Гарина (хотя и не такой портативный – размещен на двух автомобильных полуприцепах) использует 50-кВт CO₂-лазер в непрерывно-периодическом режиме. Другой вариант – МЛТК-2, разработанный институтом ТРИНИТИ совместно с НТО "ИРЭ-Полюс", значительно более компактен и универсален. Он позволяет резать, сваривать и наплавлять тугоплавкие металлы (толщиной до 20 мм) с помощью оптоволоконного (ОВ) иттербиевого лазера непрерывного действия мощностью 2,1 кВт (уникальная особенность в том, что излучение может быть доставлено в нужное место по ОВ на расстояние до 300 м).

Высокоточную систему лазерной резки и сварки предлагают: компания "Лазерные комплексы" (Шатура), которая использует лазерные раскройные станки, позволяющие кроить низкоуглеродистую и легированную сталь (до 22 и 15 мм толщиной) и алюминий (до 8 мм); компании "Лазертех" (Москва) и "Гейт-Захариев" (Болгария) на базе лазерных (газовые CO₂-лазеры мощностью до 2 кВт) комплексов типа "ХЕБР" (любая сталь до 10 мм, цветные металлы до 2 мм). Высокоточную систему управления для этих комплексов (ввиду их распространенности) разработала компания "Техноарт" (Киров). Аналогичные комплексы (на CO₂-лазерах мощностью до 10 кВт и на твердотельных Yb:YAG-лазерах с диодной накачкой мощностью до 6 кВт) предлагает и компания Rofin (отделение Rofin Macro, Германия).

"Центр физического приборостроения" Института общей физики им. А.М.Прохорова РАН (Москва) представил прецизионные системы точечной сварки и сверления листового металла и различных материалов (включая полупроводники и диэлектрики) WLT-25 на твердотельных импульсных лазерах с пиковой мощностью до 5 кВт.

Маломощные лазерные системы

В этой группе представлено оборудование многих компаний – в зависимости от области применения.

Для маркировки и гравирования – компания Rofin (отделение Rofin Marking, Германия) и "Центр физического приборостроения" (система TLM-10) (Москва), "Лазерный региональный северо-западный центр" (ЛРСЗЦ) (с его дочерними компаниями "Лазертех" (СПб), "Лазерный центр" (СПб), "Лазерные технологии" (СПб)), НПЦ "Лазеры и аппаратура ТМ" (Москва-Зеленоград), "Центр лазерных технологий" (ЦЛТ, СПб, оборудование D'Mark 06, БетаМарк), компания "Петровские мастерские" (Москва), компания Solar Laser System (Беларусь, Минск) и компания "Сканнер-Плюс" (Москва), использующая лазеры типа Nd:YAG мощностью от 16 до

90 Вт. Технологические и координатные столы для лазерной резки и маркировки предлагает компания "ТехноСофт" (Москва), а лазерную обрабатывающую оптику для промышленных лазерных систем мощностью до 4,5 кВт – компания Scansonic (Германия).

Для полиграфии – Институт автоматики и электрометрии СО РАН, Лаборатория лазерной графики (Новосибирск), разработавшая лазерный фотонаборный автомат "РОМБ-Vis" – лазерный (He-Ne-лазер, длина волны 633 нм) фотопостроитель для вывода цветоделенных крупноформатных (до 660 · 920 мм) растровых фотооригиналов для полиграфии и фотошаблонов печатных плат на фоточувствительные носители.

Для литографии – это упомянутый Троицкий институт ТРИНИТИ, разработавший источник ВУФ-излучения с длиной волны 13,5 нм, который позволяет формировать топологию микросхем с разрешением элементов размера менее 50 нм.

Для научных исследований и измерительного оборудования – см. раздел "Оптические приборы для научных исследований и измерений".

Для биомедицинских приложений – см. раздел "Оптические приборы для биомедицинских приложений".

Для специальных приложений:

- Институт ТРИНИТИ (Троицк) разработал ряд систем: совместно с ЦЕНИ ИОФ РАН: *лазерный плазмотрон* для бескамерного осаждения алмазных покрытий газофазным способом, путем их синтеза при атмосферном давлении (без использования вакуумных или реакционных камер) под действием лазерного (CO₂-лазер мощностью в несколько киловатт) излучения; *технология лазерного удаления нефтяной пленки* с поверхности воды с помощью мощного излучения (CO₂-лазер мощностью 50 кВт позволяет удалять нефтяную пленку со скоростью 10 000 м²/ч);
- НИИ "Полюс" (Москва) представил лазерный гироскоп серии KM-11-1A для гражданской авиации, поддерживающий точность до 0,01 °/ч; компактные лазерные дальнометры, лазерные измерители скорости движения, лазерные тахометры, лазерные измерители уровня;
- НИИ Прецизионного приборостроения (Москва) разработал лазерный локатор космических аппаратов (КА), лазерный импульсный бортовой дальномер, автоматизированную систему оптического мониторинга чрезвычайных ситуаций (АСД-Лидар) и др.;
- Объединение "ЛОМО" (СПб) представило лазерный дальномер облаков ДОЛ-1 для непрерывного дистанционного измерения высоты нижней границы облаков, предназначенный для аэродромных служб.

В качестве светотехнических систем компания "Лазер-ВариоРакурс" (Рязань) предлагает полноцветные лазерные системы для лазерных шоу, субтитрирования фильмов и систем контроля, включающие лазеры мощностью 0,5 до 20 Вт, проек-

торы, преобразователь цветов, оптоволоконную линию и систему программного управления.

Лазерные системы для оптической связи

В эту группу входят компании-разработчики систем связи всех подгрупп, причем в первой подгруппе следует рассматривать только системы с технологией WDM (активной и пассивной) и учитывать, что эта технология была широко представлена на выставке "Связь-2006".

Оптоволоконные системы оптической связи с технологией WDM разрабатывает единственная компания – "ИРЭ-Полус" (российское отделение международной корпорации), которая представила систему DWDM "Пуск". Система рассчитана на передачу до 160 каналов по одному волокну со скоростями до 10 Гбит/с и обеспечивает длину регенераторной секции до 1500 км при длине усилительного пролета до 250 км. Система уже применяется на практике.

Атмосферные оптические линии связи используют земную атмосферу в качестве среды передачи информации для оптической несущей (лазерного луча). Этот сектор на выставке представили две компании:

- Компания "Квантово-оптические системы" (Москва) предлагает широкую номенклатуру оборудования атмосферных оптических линий связи (АОЛС) серий КС-100/200/300/500 и КС Комби. КС-100/200 рекомендуется использовать по схеме связи "точка-точка" на расстоянии 1 км. Системы КС-300 могут передавать сигнал до 3 км, КС-500 – до 5 км, а КС-Комби – до 10 км практически при любых атмосферных условиях. Скорости передачи зависят от типа используемого оборудования и достигают уровня E4, STM-1 и гигабитного Ethernet;
- Государственный рязанский приборный завод (Рязань) выпускает аналогичные АОЛС типа "Мост-100" и "Мост-500" с дальностью связи от 0,5 до 1,6 км. Скорости передачи – 2, 10, 100 Мбит/с.

Безвоздушные оптические системы связи выпускает только одна компания – НИИ прецизионного приборостроения (Москва), который разработал межспутниковую лазерную систему передачи информации со скоростью 4 Гбит/с на расстоянии до 46 000 км.

ЛАЗЕРНЫЕ ИСТОЧНИКИ

Источники лазерного излучения можно классифицировать следующим образом:

- газовые и жидкостные лазеры;
- твердотельные лазеры;
- полупроводниковые лазеры;
- оптоволоконные лазеры;
- гребенчатые и перестраиваемые лазеры;
- оптические элементы и узлы лазеров;
- системы охлаждения и термостабилизации лазеров.

Газовые лазеры – это, в основном, аргоновые (Ar), гелий-неоновые (He-Ne) и лазеры на CO и CO₂. Последние, видимо, являются сегодня наиболее мощными типами лазеров. Компании разрабатывают эти лазеры либо для мощных систем резки, либо для специальных целей (например, для борьбы с нефтяными пленками и пожарами на нефтяных вышках). К компаниям-разработчикам относятся:

- Институт ТРИНИТИ (Троицк), мы уже упоминали систему с CO₂-лазером мощностью до 50 кВт, длиной волны 10,6 мкм и угловой расходимостью луча менее 0,2 милли-радиана. Лазер способен работать в непрерывно-периодическом режиме (длительность фазы непрерывной работы – 10 минут с периодом повторения 30 минут);
- Компания Евroleйз Photonics (Международная компания с представительством в Москве), дистрибутор на нашем рынке компании Rofin Macro (Германия), производящей аналогичные CO₂-лазеры мощностью до 10 кВт;
- Институт теоретической и прикладной механики (ИТПМ) СО РАН (Москва) – один из разработчиков и основных поставщиков высококачественных газовых CO₂-лазеров мощностью от 1 до 15 кВт, оснащенных SFUR-резонатором;
- Компания "Лазерные комплексы" (Шатура) производит CO₂-лазеры мощностью от 1,5 до 5 кВт для станков лазерной раскройки материалов;
- НИИ газоразрядных приборов "Плазма" (Рязань) производит газовые волноводные компактные CO₂-лазеры мощностью от 1 до 100 Вт и щелевые CO₂-лазеры с ВЧ возбуждением мощностью до 300 Вт; гелий-кадмиевые (He-Cd) лазеры с длиной волны 420 и 320 нм и мощностью от 5 до 150 мВт; гелий-неоновые (He-Ne) с длиной волны 1,15/3,39/3,5 и 5,4 мкм и мощностью от 1 до 25 мВт;
- Компания Lambda Physics (группа компаний Coherent), США, производит газовые (так называемые эксимерные) лазеры (среда ArF) малой и средней мощности (до 10 Вт) серии OPTexPro для фотохимических, медицинских и других приложений.

Жидкостные лазеры на красителях для высокоточных научных экспериментов предлагает компания "Техноскан" (Новосибирск). Непрерывный лазер типа DYE-SF-077 имеет исключительно малую ширину линии (90 кГц) при длине волны 570–700 нм.

Твердотельные лазеры в начале 90-х годов прошлого века считались самыми перспективными, в их разработку было вложено много средств. Однако по мощности они пока уступают газовым и даже оптоволоконным лазерам. Мощные твердотельные лазеры используются в системах резки и сварки металлов, а маломощные – применяются для научных исследований и точных измерений. Лазеры такого типа представили на выставке многие компании.

- Компания Rofin Macro (Германия) предложила промышленный Nd:YAG-лазер с диодной накачкой мощностью до 6 кВт.

По сообщениям сведущих источников это максимальная достигнутая на сегодня мощность.

- НИИ "Полюс" (Москва), один из лидеров в этой области, разработал около 50 типов твердотельных непрерывных и импульсных лазеров различного назначения. Наиболее мощный из них непрерывный Nd:YAG-лазер мощностью до 2,4 кВт, используемый для обработки материалов.
- Компания Quantel (Франция) представила импульсные Nd:YAG-лазеры малой мощности (сотни милливатт-ватты). Ее лазеры с длиной волны 532 нм используются для визуализации потоков частиц (PIV).
- Компания Coherent (США) разрабатывает аналогичные лазеры, но с длиной волны 1064 нм и мощностью 500 мВт серии Compass для различных приложений.
- Компания "Лотис-ТИИ" (Беларусь, Минск) производит аналогичные лазеры (Nd:YAG, но со встроенными гармониками) с длинами волн 1064, 532, 355, 266 и 213 нм серии LS, идеально подходящие для научных исследований, LIDAR и спектроскопии.
- Компания Shenzhen Keyuan (Китай) производит серию лазерных (Nd:YAG) модулей мощностью от 25 до 200 Вт.
- Компания "Техноскан" (Новосибирск) производит Ti:Sapphire-лазеры TiS-SF-777 с рекордно узкой линией излучения (<15 кГц) при длине волны в диапазоне 700–950 нм и мощности до 1,5 Вт, а также эффективный фемто/пикосекундный Yb:KYW-лазер с прямой накачкой лазерными диодами, длиной волны 1040–1050 нм и мощностью до 300 мВт.
- Компания Time-Bandwidth Products (Швейцария) производит аналогичные фемто/пикосекундные лазеры в диапазоне длин волн 780–860/1064 нм серии Pallas, Tiger и GLX-200 // Duetto, Linx и Cougar.
- Международный учебно-научный лазерный центр МГУ (Москва) продемонстрировал пикосекундный импульсный (25 пс) лазер высокой пиковой мощности с импульсной диодной накачкой для научных исследований.
- Объединение "ЛОМО" (СПб) также производит выпуск нескольких серий твердотельных импульсных лазеров с длиной волны 1,54 и 1,06 мкм с энергией выхода от 2 до 1000 Дж.
- Группа компаний "Лазер-компакт" (Москва), разрабатывающая твердотельные лазеры (120 моделей) с диодной накачкой (в том числе DPSS-лазеров) для УФ, видимого и ИК-диапазона с импульсным и непрерывным режимами работы.

Полупроводниковые лазеры малой мощности, которые обеспечивают работу в непрерывном и импульсном режимах выпускаются многими компаниями.

- Компания IPG (IRE-Polus Group, США, РФ, Германия, Англия, Италия) массово производит диодные непрерывные лазеры серии PLD и серии DL с длиной волны 960–980 нм и мощнос-

тью до 4 (PLD) и до 100 Вт (DL), широко используемые для накачки оптических усилителей (OU) и медицинских приложений.

- Компания "Ламет" (Москва) выпускает п/п импульсные лазеры с длиной волны от 650 до 1064 нм, мощностью в пределах 30–300 мВт и периодом повторения от 1 до 500 мс для применения в различных системах и приложениях.

Оптоволоконные лазеры различной мощности, также производит ряд компаний.

- Компания IPG (IRE-Polus Group), один из лидеров в этой области, выпускает лазеры:
 - большой мощности (до 10 кВт) для резки и раскроя материала;
 - средней мощности (до 700 Вт, например серия YLR волоконных лазеров);
 - малой мощности (разных серий – от нескольких ватт и выше):
 - эрбиевые волоконные лазеры ELT и ELD для телекоммуникаций с длиной волны в диапазонах C, L и C+L и мощностью до 5–20 Вт;
 - тулиевые волоконные лазеры TFL с длиной волны 1,8–2,0 мкм и мощностью до 15 Вт;
 - иттербиевые волоконные лазеры серии YLP и YLPM с длиной волны в диапазоне 1060–1080 нм и мощностью до 10–20 Вт и лазеры новой серии PYL-N-M с длиной волны 1050–1120 нм и мощностью $N = 10/20/50/100$ Вт);
 - рамановские волоконные лазеры серии PYL для телекоммуникаций с длиной волны в диапазоне 1365–1497 нм и мощностью до 5–10 Вт.
- Компания "Авеста-проект" (Троицк) производит импульсные фемтосекундные волоконные лазеры с длиной волны 1560 нм и мощностью от 10 до 100 мВт для измерительных систем.

Перестраиваемые лазеры представили только две компании.

- Компания "Техноскан" (Новосибирск) использует для этой цели Ti:Sapphire-лазеры TiS-SF-777 и TiS-SF-07, работающие в диапазоне 700–950 нм;
- Компания Solar Laser Systems (Беларусь, Минск) использует для перестройки аналогичные Ti:Sapphire-лазеры. Диапазон их перестройки составляет 690–1000 нм.

Такие лазеры особенно удобны для лабораторных исследований, например, для охлаждения и захвата атомов и молекул, формирования конденсата Бозе-Эйнштейна, управления квантовыми состояниями и спектроскопии высокого разрешения.

Оптические элементы и узлы лазеров различного типа представили:

- компания Shenzhen Keyuan (Китай) – производит линзы и зеркала, а также прецизионные моторизованные элементы для лабораторной оптической скамьи;
- компания Standa (Литва, Вильнюс) предлагает широкий набор типов оптической скамьи и прецизионных моторизованных элементов для нее (имеет представительство в СПб);

- компания Solar Laser Systems (Беларусь, Минск) также предлагает аксессуары для лазерных систем: He-Ne-лазеры, электрооптические затворы (ячейки Поккельса) с блоками управления, квантроны для импульсных лазеров (Nd:YAG), визуализаторы лазерного излучения, ослабители лазерного излучения, лампы накачки и активные элементы Nd:YAG;
- НИИ газоразрядных приборов "Плазма" (Рязань) производит активные элементы газовых лазеров;
- компания Thorne Engineering (Москва) производит компактные электронные модули для питания компактных и промышленных твердотельных лазеров, диапазон мощностей от 200 Вт до 2 кВт;
- компания "ЭЛС-94" производит элементы из YAG, YAP, LN, LT, пассивные затворы и лазерное технологическое оборудование;
- НПФ "Делтакор" (Долгопрудный) изготавливает ряд нужных элементов и устройств: ограничитель интенсивности мощного лазерного излучения для защиты органов зрения и оптических сенсоров, полимерные лазерные волокна для генерации 2-й гармоники Nd:YAG-лазеров, широкий ассортимент органических люминофоров и лазерных красителей для лазеров.

Системы охлаждения и термостабилизации продемонстрировали:

- одна из немногих специализированных в этой области компаний "RMT" (Москва) предлагает широкий набор элементов и решений для охлаждения п/п схем, ИС и лазерных блоков на основе элементов Пельтье;
- НПФ "Делтакор" (Долгопрудный) выпускает широкий ассортимент жидкостных теплоносителей на основе органических растворителей для охлаждения систем накачки лазеров.

ЛАЗЕРНЫЕ ДИОДЫ И ДЕТЕКТОРЫ

Лазерные диоды и детекторы – приборы, которые традиционно изготавливаются предприятиями электронной промышленности и компаниями. На выставке они были представлены:

- НИИ "Полюс" (Москва) – разработчиком широкого спектра одномодовых и многомодовых лазерных диодов (ЛД), суперлюминесцентных диодов и p-i-n-фотодиодов, покрывающих различные спектральные диапазоны от 650 до 1060 нм и имеющих различный уровень мощности: от милливатт до 100 Вт, а также специальных фотоприемных модулей (детекторов) для волоконно-оптических систем передачи с технологией PDH и SDH, работающих на скоростях до 622 Мбит/с;
- компанией "Полупроводниковые приборы", производящей мощные лазерные диоды до 4 Вт в непрерывном режиме и до 100 Вт в режиме QCW.

ЛАЗЕРНЫЕ И ОПТИЧЕСКИЕ КРИСТАЛЛЫ

Лазерные кристаллы являются важными компонентами (активными средами) твердотельных лазеров. От них зависят качест-

венные показатели работы лазеров и лазерных систем. На выставке это направление было представлено несколькими компаниями:

- НИИ "Полюс" (Москва) – разрабатывает технологии выращивания большой номенклатуры кристаллов: Nd:YAG, Cr⁴⁺:YAG, Nd:YAP, Er:YAP, Cr,Tm,Ho:YAP, Ti:Sapphire, KTP, BBO, LiNbO₃ и LiTaO₃;
- компания "Кристаллтехно" (РФ) – выращивает оптические кристаллы CaF₂, BaF₂, MgF₂ и LiF и изготавливающая оптику (линзы, призмы, пластины, зеркала и т.д.);
- компания "Кристаллы Сибири" (Новосибирск) – выращивает нелинейные оптические кристаллы: KTP, BBO, LBO, KGW и KYW, используемые в качестве активных сред для генерации гармоник в различных твердотельных лазерах, лазерах на красителях, параметрических генераторах и усилителях;
- компания "Сибирский монокристалл-Эксма" (Новосибирск) – разрабатывает технологию выращивания и производит нелинейные оптические кристаллы BBO, LBO, KTP и AGS;
- группа компаний "Оптиком Групп" (Международная компания с представительством в Москве) – выпускает нелинейные оптические кристаллы: KTP, BBO, LBO, KDR, DKDP и лазерные кристаллы;
- компания Solix (Беларусь, Минск) – предлагает лазерные кристаллы александрита и YVO₄.

ПАССИВНЫЕ ОПТИЧЕСКИЕ КОМПОНЕНТЫ

Массовой продукцией среди пассивных оптических компонентов являются оптические кристаллы, различного рода линзы и линзовые системы, призмы, стекла, пластинки, окна, зеркала, покрытия, поляризаторы и анализаторы.

- Компания "Электростекло" (Москва) предлагает широкую номенклатуру оптических и п/п кристаллов и стекол (в том числе и легированных), вышеперечисленные типы оптических компонентов и различные покрытия.
- Компания Ophir Optronics (Международная компания, представлена компанией "Электростекло") производит оптические компоненты для мощных CO₂-лазеров и лазерных технологических установок.
- Компания "Оптиком" (Москва-Сергач) производит все вышеперечисленные оптические компоненты и не только.
- Объединение "ЛОМО" (СПб) также изготавливает линзы любой конфигурации и точности, плоские и сферические зеркала, оптические окна и пластины, призмы "Дове", "Ромб", "Пента" и "Полупента", оптические фильтры, дифракционные решетки, асферические и осветительные линзы, а также изготавливает тонкопленочные, многослойные и зеркальные покрытия.

- Компания "Элан+" производит поляризационные призмы, фазовые пластинки, окна, подложки из стекла и кристаллов, акусто- и электрооптические элементы.

ОПТИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ ДЛЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИЗМЕРЕНИЙ

- Институт автоматизации и электротехники СО РАН, Лаборатория лазерных технологий (Новосибирск) производит широкую номенклатуру приборов и оборудования:
 - голограммы (генерируемые с помощью компьютеров) для тестирования асферических поверхностей;
 - дифракционные аттенуаторы с переменным пропусканием;
 - высокоэффективные дифракционные элементы и микрооптику;
 - лазерный интерферометр с фазовым сдвигом для прецизионного контроля плоских, сферических и асферических поверхностей.
- Объединение "ЛОМО" (СПб) – одно из немногих сохранившихся центров (другие – Красногорск и Казань не были представлены на выставке) производства традиционных оптических приборов бывшего СССР. Объединение выпускает микроскопы, приборы оптического наблюдения (бинокли, дальномеры, приборы ночного видения), эндоскопы, лазеры, аэродромное оптическое оборудование и оптические элементы. Наиболее продвинуто производство микроскопов – было представлено десять различных типов вплоть до специализированных микроскопов-спектрофотометров, микротвердомеров и микроинтерферометров.
- Компания Electrooptic (Беларусь, Минск) выпускает несколько серий инфракрасных оптических приборов: приборы инфракрасного видения, типа "Abris", SM-3R и видеоадаптеры для регистрации изображений к ним, инфракрасные камеры типа "Contour", инфракрасные иллюминаторы и фильтры.
- Компания Solar Laser Systems (Беларусь, Минск) предлагает:
 - высокоапертурные компактные спектрометры серии SDH-I/IV, перекрывающие диапазон от 200 до 1700 нм;
 - многоцелевые компактные монохроматоры;
 - микролинзовые спектрометры;
 - приборы для контроля тонких пленок;
 - анализаторы размеров частиц компании Horriba Jobin Yvon, которую она представляет на рынке.
- НТЦ Уникального приборостроения (Москва) предлагает приборы для исследования рамановской и флуоресцентной спектроскопии и спектроскопии изображений.
- Компания "Терралаб Системс" (Москва) выпускает системы рамановской и терагерцевой спектроскопии, цифровые системы регистрации и анализа оптических спектров и изображений.

- Международная компания Basler Vision Technologies предлагает высокоскоростные цифровые мегапиксельные (массив 1008 · 1018 пиксел) камеры серии A200 и A300, а также серии L100k (массив 1024 · 2048 пиксел).
- Компания "Силар" (СПб.) производит цифровые ПЗС-камеры в УФ, видимом и ИК-диапазоне.
- Компания "Thorney Engineering" (Москва) предлагает неохлаждаемые тепловизионные цифровые камеры типа ТВП.Б, основу которой составляет неохлаждаемый болометр с матрицей 320 · 240 пиксел. Используется для наблюдения и промышленных приложений.
- Международный учебно-научный центр МГУ (Москва) готов поставить, кроме прочего:
 - тройной спектрометр комбинационного рассеяния (КР) с разрешением 0,5 см⁻¹ и диапазоном измерений от 180 нм до ИК;
 - детектор энергии лазерных импульсов, имеющий диапазон измеряемых энергий от 10⁻⁵ до 100 Дж и работающий с импульсами микро-, нано-, пико- и фемтосекундной длительности.

Оптические приборы для биомедицинских приложений производят:

- институт ТРИНИТИ (Троицк), разработавший совместно с Инженерным центром новых технологий (Троицк) в рамках контракта с Национальной лабораторией "Сандия" (США) лазерную хирургическую систему "Дуплет";
- Сибирский лазерный центр (Новосибирск), разработавший многофункциональные лазерные (Nd:KGW – 50 Вт и Nd:YAG – 100Вт) хирургические аппараты "Мелаз-ХМ" и "Мелаз-Х", превосходящие по режущим и кровоостанавливающим свойствам электронож с микропроцессорным управлением, лазерный (Er:YAG – до 10 Вт) стоматологический аппарат "Мелаз-С" для бесшумного и безболезненного лечения зубов, ультрафиолетовую лазерную (эксимерная – ArF) офтальмологическую установку для коррекции близорукости и дальнозоркости;
- объединение "ЛОМО" (СПб) – разработчик новой серии эндоскопов с применением оптоволоконных жгутов компании Schott (Германия) и ряд гастрокопических комплексов на их основе, а также серию микроскопов для медицинской диагностики типа "Микмед";
- НИИ "Полюс" (Москва) – разработчик различных терапевтических устройств для физиотерапии, урологии, офтальмологии, косметологии и др.;
- компания "Лотис-ТИИ" (Беларусь, Минск) – разработчик ретинального светодиодного стимулятора для повышения остроты зрения и аккомодации;
- компания Shenzhen Keyuan (Китай), предлагающая широкую номенклатуру специальных очков для безопасной работы с различными типами лазеров.

ГАЗОРАЗРЯДНЫЕ ПРИБОРЫ

Один из известных производителей – "НИИ газоразрядных приборов "Плазма" (Рязань) – производит широкий спектр газоразрядных приборов, начиная от газовых лазеров и кончая плазменными панелями и мониторами, рекламно-информационными экранами и газоразрядными коммутирующими приборами.

ВАКУУМНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

- Компания Izovac (Беларусь, Минск) представила современное и высокопроизводительное вакуумное оборудование для напыления оптических и функциональных покрытий, системы магнетронного ионного распыления и ионно-лучевой очистки, а также системы оптического контроля процессов напыления.
- Компания "Интек Вакуум" (СПб.) специализируется на поставках промышленного и лабораторного вакуумного, полупроводникового и метрологического оборудования.

ПРОИЗВОДСТВО СТЕКЛА

На выставке были представлены два производителя стекла и один – оптоволоконный, то, что осталось (не считая завода в Лыткарине, который не был представлен на выставке) в отрасли от бывшего СССР:

- завод "Кварц" (Гусь-Хрустальный), который считают одним из крупнейших производителей кварцевого стекла КУ-1 и КУ-2 и изделий из него;
- Миасский машиностроительный завод (ММЗ) (Миасс), который запустил линию по производству особо чистого кварцевого стекла марки КС-4В, отличающегося высоким пропусканием как в области УФ, так и ИК;
- компания "Фиберус" (Москва), которая производит заготовки из стекол КС-4В и КУ-1 для вытяжки оптоволоконного диаметром 50–2000 мкм для лазерных и оптических систем.

ПРОЧИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Мы пытались систематизировать наше описание и не отметили ряд объединений, компаний и заводов РФ, принимавших участие в выставке (ввиду отсутствия подробных информационных материалов). Среди них:

- НПО "Астрофизика" (Москва), разрабатывающее различные типы лазеров, лазерных и оптических комплексов, технологий и оптических приборов;
- компания "Активная оптика" (РФ), занимающаяся производством адаптивных оптических систем;
- ВНИИ оптико-физических измерений (РФ), разрабатывающий и изготавливающий эталоны и средства измерений в области оптического излучения;
- НПП "ВЭЛИТ" (РФ), организовавшее производство рентгеновских источников излучения и лазеров на парах меди;

- Институт лазерной физики СО РАН (Новосибирск), занимающийся исследованиями в области лазерной физики и спектроскопии, применением лазеров в медицине и других областях;
- компания "Инжек" (РФ), разрабатывающая и поставляющая диодные лазеры мощностью до 1,5 кВт, твердотельные микрочип-лазеры с диодной накачкой, суперлюминесцентные излучатели и сверхъяркие СИД, а также ряд других компаний – участников выставки (краткие сведения о них можно найти на сайте выставки "Фотоника-2006").

ИТОГИ

Наше описание, видимо, неполное, так как ряд вопросов вообще не был отражен, например обработка стекла (крупнейшее здесь – НПО "Оптика"), производство оптических приборов, просто потому, что они не были представлены на выставке. Отдельную статью, посвященную НПО "Оптика" вы найдете в этом номере журнала [2].

Даже неполный анализ показывает в целом удручающую картину, хотя и не без положительного тренда. Распад СССР, к сожалению, привел к разрушению многих отраслей промышленности, оптическая промышленность – не исключение.

Мы потеряли производство собственного оптоволоконного кабеля, что компенсировалось развитием производства оптических кабелей (12 заводов в России успешно работают и производят кабели мирового уровня, хотя и на импортном сырье и оборудовании).

Мы потеряли производство отечественных фотоаппаратов, но оно компенсируется огромным количеством зарубежных цифровых камер высокого уровня, которого за эти годы мы не смогли бы достигнуть. Мы не смогли наладить выпуск собственного оборудования современной оптоволоконной связи с технологией SDH, но получили огромное количество импортного оборудования связи, установленного на наших линиях связи. Оно позволило нашей связи встать почти на один уровень с Западом, причем без помощи наших министерств, просто потому, что связь перестала быть только государственной.

То, что мы потеряли в области ширпотреба: производство камер, телевизоров и т.д. – это не так важно, но то, что с этим мы теряем возможность делать качественную оборонную технику (бинокли, ПНВ, прицелы, оптическую специализированную аппаратуру), – это уже беда, как бы нас ни успокаивали чиновники, закапывающие деньги в разные фонды, а не вкладывающие их в развитие собственной оптической промышленности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Волоконно-оптическая техника: Современное состояние и перспективы. 2-е изд., перераб. и доп. / Под ред. Дмитриева С.А. и Слепова Н.Н. – М.: АО "ВОТ", 2005.
2. Н.Слепов. Союзное государство – двигатель оптического станкостроения. – Наст. ном., с. 31.