

МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ПРИКЛАДНАЯ ОПТОЭЛЕКТРОНИКА»*

В.Дмитриев, д.ф.-м.н., ФГУП «НИИ «Полюс» им. М.Ф.Стедьмаха»

Стратегия развития ОАО «Вологодский оптико-механический завод» (ВОМЗ) направлена на масштабную модернизацию производства и международную кооперацию. Открытие лицензионного производства французских тепловизионных камер «Катрин ФС», применяемых в прицельных комплексах «ЭССА» и «ПЛИСА» для танков Т-90 и Т-80, – это совместный проект ВОМЗ с фирмой Thales – мировым лидером в аэрокосмической промышленности. Именно поэтому в мае 2010 года завод совместно с французской компанией Thales провел научно-практическую конференцию «Прикладная оптоэлектроника».



Проведение конференции поддержали Министерство промышленности и торговли РФ, ФГУП «Рособоронэкспорт», правительство Вологодской области и Посольство Франции в России. В мероприятии, проходившем в год, объявленный годом Франции в России и России во Франции, приняли участие около 100 российских и французских специалистов. Конференция работала в прекрасно оборудованном выставочном комплексе «Русский дом». Было представлено около 40 докладов, восемь из них обсуждены на пленарном заседании. Кроме того, работали три секции:

- **Оптика, оптические материалы и технологии** (председатель – директор ФГУП "НПК "ТОИ им. С.И.Вавилова" В.А.Тупиков).

- **Оптоэлектроника** (председатели – директор ФГУП «НПО «Орион» А.М.Филачёв и руководитель французской фирмы Стуо М.Папушо (M.Papuchon).

- **Лазерная техника** (председатель – директор ФГУП «НИИ «Полюс» им. М.Ф.Стедьмаха» А.А.Казаков).

Конференция открылась выступлениями двух заместителей руководителя Оргкомитета конференции М.Папушо и А.Филачёва, в которых было отмечено начало и развитие тесных научно-технических связей между Россией и Францией в области оптоэлектроники, в частности, между ВОМЗ и французской фирмой Thales. Начальник Департамента обычных вооружений, боеприпасов и спецхимии Минпромторга РФ А.Потапов обратил внимание на необходимость формирования новых научных школ и направлений в таком наукоемком направлении, как оптоэлектроника. Очень важными в этой связи являются научно-технические связи между Россией и Францией, которые необходимо развивать, стремясь к организации новых совместных проектов. С приветственным словом выступил также заместитель руководителя «Рособоронэкспорта» И.Севастьянов, который передал от руководства и коллектива этой организации пожелание успешной работы конференции и скорейшей разработки новой экспортно-ориентированной продукции.

Председатель Оргкомитета директор Вологодского оптико-механического завода А.Коршунов отметил, что проведение столь представительной конференции на вологодской земле является весьма важным и ответственным мероприятием. В его организацию большой вклад внесли правительство Вологодской области, «Рособоронэкспорт», французская фирма Thales. Директор ВОМЗ подчеркнул необходимость быстрого внедрения научных результатов в практику и пожелал всем участникам успешной работы на конференции.

Пленарное заседание начал профессор Д.Фукс из французской Высшей политехнической школы (Париж) докладом, в котором было представлено состояние дел по проекту создания лазера с предельными значениями мощности и интенсивности (10-ПВт лазер «Apollon – 10 PW», завершение работ Франции по этому проекту – 2012 год), а также по европейскому проекту Extreme Light Infrastructure (ELI), который будет реализован на трех платформах – в Румынии, Венгрии и Чехии (пиковая мощность создаваемых источников излуче-

* Статья публикуется с разрешения информационного бюллетеня Лазерной ассоциации «Лазеринформ».



Директор НИИ «Полюс» А.Казаков, директор НПО «Орион» А.Филачев и его заместитель по науке В.Пономарев (справа налево)

ния – 10–50 ПВт, длительность импульса – 16 фс). Четвертая платформа – на 200 ПВт – будет реализована позднее. С помощью таких лазеров можно вести исследования частиц, ускоренных до ультрарелятивистских скоростей, а также изучать применения сверхмощных ультракоротких лазерных импульсов. Здесь возможны такие уникальные эффекты, как генерация высших (с весьма высокими порядками) оптических гармоник, сокращение длительностей

импульсов до субфемтосекундного (аттосекундного) диапазона, генерация излучения сверхбольших интенсивностей – до 10^{24} Вт/см² (более высокие плотности мощности будут достигнуты при запуске 200-ПВт лазера). На сегодняшний день имеются следующие параметры лазера: 150 Дж, 15 фс, 10^{24} Вт/см².

В следующем пленарном докладе директора ФГУП «НИИ «Полюс» А.Казакова были рассмотрены вопросы состояния и развития лазерных информационных систем для специальных применений:

- эволюция лазерных дальнометров – от простейших измерителей дальностей до комплексных систем, включающих ТВ-канал, GPS-приемник, лазерный гироскоп, прибор ночного видения, специальный вычислитель и т.п.;
- эффективное применение полупроводниковых лазеров, позволяющее существенно снизить массо-габаритные параметры лазерных систем;

- лазерные целеуказатели;
- лазерные гироскопы и системы управления на их основе;
- лазерные системы контроля за движением автотранспорта;
- интегрированные спутниково-навигационные лазерно-гироскопические системы для гражданской авиации;
- лазерные системы контроля маневров локомотивов, разработанные в интересах РЖД;
- лазерные медицинские установки для терапии и диагностики;
- лазерные системы для строительства;
- антитеррористические лазерные системы, в том числе для обнаружения взрывчатых и наркотических веществ.

В пленарном докладе Ф.Триболе, представителя фирмы SOFRADIR (Франция) обсуждались новые поколения охлаждаемых и неохлаждаемых быстродействующих ИК-детекторов. Такие детекторы основаны на улучшенной HgCdTe-технологии и позволя-



Открывает конференцию директор НПО «Орион», чл.-кор. РАН А.Филачев, за столом справа руководитель фирмы Cryo M.Paruchon (Франция)

ют детектировать очень низкие уровни ИК-излучения. Начав в 1998 году с шага (пикселя) матрицы детекторов в 45 мкм, к 2010 году фирмы SOFRADIR и ULIS достигли размера 13 мкм (в 2008 году было 17 мкм) при общем числе пикселей до 1 млн. В неохлаждаемом ИК-детекторе XGA с пикселем 17 мкм достигнуто температурное шумовое разрешение (NETD) в 40 мК при динамическом диапазоне 500°C. Интересным и перспективным прибором является ИК-детектор Jupiter на базе HgCdTe с числом элементов 1280×1024, шагом (пикселем) 15 мкм, работающий при температуре 110 К. Отмечалась перспективность использования лавинных фотодиодов (к концу 2009 года были созданы ИК-детекторы на базе таких фотодиодов с форматами 320×240 и 640×480 с встроенным АЦП на 14 разрядов). Разработаны также двухполосные детекторы с пикселем менее 20 мкм с форматом VGA (спектральные диапазоны 3–5 мкм и вблизи 8 мкм) и шумовым разрешением 15–20 мК.

В пленарном докладе заместителя директора по науке ФГУП "НПО "Орион" В.Пономаренко рассматривались состояние и последние результаты развития базовых технологий отечествен-



Пленарное заседание

ной ИК-фотоэлектроники: ИК-материалов, твердотельных фотопреобразователей, многоспектральных и быстродействующих приборов для ИК- и УФ-диапазонов. Были представлены основные тенденции развития фотопреобразователей на основе твердых растворов InGaAs и HgCdTe для нетепловой области ночного свечения атмосферы (1–2 мкм) и матричных ФПУ на базе InGaAs/ InP, матриц на базе HgCdTe и InSb для областей спектра 3–5 мкм и 8–12 мкм с числом элементов от 2–96 до 384×288 и матричных формирователей тепловизионного сигнала на их основе, в том числе двухспектральной ТВ-камеры 256×256. Обсуждались также свойства УФ-фотоприемников на основе GaP, GaAs, GaPAs для диапазонов вплоть до 0,2 мкм. Была отмечена основная проблема развития обсуждаемой техники – слабость отечественного рынка ИК-фотопреобразователей, отсутствие спроса на них. Докладчик подчеркнул, что остро необходимым сейчас является закрепление созданных технологических заделов в федеральных целевых программах, восстановление и развитие отечественного материаловедения.

Институт физики полупроводников им. А.Ржанова СО РАН (Новосибирск) представил в пленарном докладе С.Дворецкий. Доклад был посвящен применению гетерозитаксиальных структур (ГЭС) теллуридов Cd и Hg (CdZnTe, CdHgTe), выращиваемых по технологии молекулярно-лучевой эпитаксии. На их базе разработаны охлаждаемые ИК ФПУ второго поколения (320×256 и 288×4) для диапазонов 3–5 мкм и 8–12 мкм при T=80K при шумовом разрешении (NETD) в диапазоне 9–25 мК. Были рассмотрены преимущества и недостатки как самих материалов ГЭС, так и различных технологий их получения, отмечена необходимость глубокого изучения всех сопутствующих физико-химических процессов.

Пленарный доклад, зачитанный от имени Ф.Лефевра и П.Бурдона (Франция, отделение DOTA компании ONERA), со-

держал результаты новейших исследований, проведенных в Отделении теоретической и прикладной оптики этой компании в области систем для обзора обстановки и обеспечения безопасности, а также оборудования для защиты в диапазоне от УФ до дальнего ИК. Основные направления исследований – моделирование прохождения оптического излучения в атмосфере Земли, изучение характеристик детекторов и лазерных источников излучения, расчеты оптических систем, обработка сигналов. Такой широкий фронт исследований позволяет использовать системный подход для решения задач дальнего обнаружения. Компания ONERA выполняет ряд важных оборонных задач, она имеет восемь лабораторий в Европе с общей численностью работающих около 2000 человек.

Государственный оптический институт (ГОИ) им. С.И.Вавилова представил пленарный доклад «Приоритетные направления развития оптической науки» (докладчик – заместитель директора по науке НПК «ГОИ им. С.И.Вавилова» Г.Герасимов). В нем обсуждались последние инновационные достижения института в области оптоэлектроники. Важное место среди них занимают космическая оптика (телескопы диаметром до 1 м, оптические материалы для них и т.п.), высокоточные системы пространственной ориентации для спецобъектов, освоение новых и малоизученных областей спектра (вакуумный УФ и терагерцовый диапазон), весьма перспективных для практических применений. Большое внимание уделено раз-



Главный оптик «Красногорского завода им. С.А.Зверева» Б.Сеник, В.Азарова (НИИ «Полюс» им. М.Ф.Стедьмаха) и Н.Дмитриева (МГГУ им. М.А.Шолохова)



Рис.7. Участники конференции

познавания и идентификации подписей, печатей, отпечатков пальцев, фотографий лица человека, автоматического сопровождения объектов по изображению цели и другие приложения. Из стендовых материалов этой секции можно отметить два доклада Б.Сеника (Красногорский завод им. С.А.Зверева) – по вопросам повышения оптических и эксплуатационных параметров покрытий и по физико-химическим особенностям получения соединений методом глубокого оптического контакта, а также сообщение В.Азаровой (НИИ «Полюс» им. М.Ф.Стельмаха) по проблемам метрологии прецизионных поверхностей, тонких пленок и лазерных зеркал.

Секция №2 «Оптоэлектроника» объединила шесть докладов. В сообщении Д.Долфин (компания Thales, Франция) обсуждались новые подходы к проблеме улучшения характеристик оптико-электронных систем обнаружения и распознавания. Первый подход состоит в использовании двухчастотных перестраиваемых по частоте лазеров, что позволяет одновременно определять дальность, скорость и форму (контур) цели. Второй подход состоит в использовании многоволнового импульсного ПГС в качестве излучателя и многоспектральной поляризметрической приемной системы. Отмечается, что такая система позволяет выявить многие ранее скрытые детали изображения, например, выделить изображения поверхностных мин.

ФГУП «НПО «Орион» (начальник НТЦ К.Болтарь) представил доклад по матричным (256×256 элементов) фотоприемным устройствам (МФПУ) второго поколения на диапазоны 3–5 и 8–12 мкм с параметрами, близкими к теоретическо-

му пределу. МФПУ поставляются в унифицированных вакуумных криостатируемых корпусах с встроенной микрокриогенной системой охлаждения.

В докладе Ф.Триболе (компания SOFRADIR, Франция) сообщалось о последних разработках этой фирмы в области охлаждаемых ИК-детекторов на базе HgCdTe с размером пикселя 15 мкм и форматами от 384×288 до 1280×1024. Отмечается, что такие матрицы позволяют получить тепловые изображения с четкостью вплоть до сверхвысокого ТВ-формата (HDTV).

Определению шумовых характеристик ИК-матриц и измерительной техники для определения параметров тепловизионных приборов были посвящены доклады ФГУП "ПО "УОМЗ" (филиал "Урал-Геофизика", нач. отдела Ю.Виницкий) и ФГУП "НПО "ГИПО" (гл. метролог В.Курт).

С докладами из «НПО «ОРИОН» и фирмы SOFRADIR перекликался доклад В.Васильева из Института физики полупроводников СО РАН (Новосибирск), посвященный ИК-ФПУ второго поколения на базе ИК-материалов типа HgCdFe/CdZnTe/GaAs. Представленные ФПУ являются линейчатými (288×4) и охлаждаются до 78К. Рассмотрены технологические особенности выращивания структур для подобных ФПУ. Проблемы создания эффективных тепловизионных приборов обсуждали также на стендовых докладах.

На секции №3 «Лазерная техника» большой интерес вызвал доклад Д.Левайана (Thales Optronique, Франция) по широкому спектру предлагаемых этой фирмой лазеров для разнообразных применений (в том числе военных) – от наносекундных миллиджоулевых лазеров до установок с петаваттными мощностями. О создании в ФГУП «НИИ «Полюс» нового поколения унифицированных модулей мощных импульсных полупроводниковых лазеров ЛПИ-122 для различных систем управления сообщил начальник отделения полупроводниковых лазеров В.А.Симаков. Лазер ЛПИ-122 является послед-

ней разработкой отделения и обладает средней мощностью импульса не менее 20 Вт, частотой повторения 30 кГц, наработкой 1011 импульсов, что существенно выше параметров серийных лазеров и позволяет применить ЛПИ-122 в новейших системах управления в изделиях спецтехники. Доклад начальника НПК А.Шестакова (ФГУП «НИИ «Полюс») был посвящен разработке эффективных твердотельных лазеров ближнего ИК-диапазона с полупроводниковой накачкой. Созданы мощный импульсный лазер с энергией 1 Дж (1064 нм) и 0,4 Дж (532 нм, вторая гармоника), квазинепрерывные лазеры на YAG:Nd и YVO4:Nd с выходной средней мощностью до 100 Вт при частоте повторения до 50 кГц, «микрочип»-лазеры с генерацией сверхкоротких импульсов на длинах волн 946 и 1064 нм. Обсуждались технологические аспекты создания таких лазеров.

О создании в НПП «Инжект» (Саратов) наборных решеток мощных лазерных диодов для накачки твердотельных лазеров и применений в обработке материалов сообщалось в докладе генерального директора НПП Г.Микаеляна и его заместителя С.Соколова. Аспектам серийного изготовления малогабаритных твердотельных моноимпульсных лазеров для лазерных дальномеров был посвящен доклад от Вологодского оптико-механического завода (докладчик О.Сизов). Здесь разработана и серийно выпускается излучатель на кристалле калий-гадолинивого вольфрамата (КГВ) с неодимом (3×50 мм) с энергией 20 мДж при длительности 10–15 нс. Кристаллы КГВ с неодимом генерируют излучение на длинах волн 1067 и 1351 нм, имеется возможность генерации на λ=1538 нм на эффекте ВКР. Обсуждались достоинства и недостатки замены традиционно используемых в лазерных дальномерях кристаллов АИГ и ГСГТ на КГВ.

В докладе А.Минеева (ИОФ АН им. А.М.Прохорова) обсуждались проблемы создания эффективных компактных планарных CO₂- и СО-лазеров с

ВЧ-накачкой для новых ИК-систем. Получена генерация с мощностью 55 Вт в диапазоне 5,3–6,0 мкм с КПД ~10% в непрерывном режиме и средней мощностью ~ 600 Вт в частотно-импульсном режиме при частоте повторения импульсов 1000 Гц.

Научно-практическая конференция «Прикладная оптоэлектроника» в Вологде прошла на весьма высоком научно-практическом и организационном уровне. Конференция показала,

что отечественная оптоэлектроника живет и развивается, однако ее прогрессу мешает ряд технологических и финансово-организационных проблем, требующих решения на государственном уровне. В связи с этим крайне желательна срочная реализация подготовленной ФГУП «НПО «Орион» Федеральной целевой программы по развитию оптоэлектроники на ближайшие годы. Руководство ВОМЗ в лице генерального директо-

ра А. Коршунова и сотрудники ВОМЗ провели впечатляющую работу по подготовке и проведению конференции и сделали все, чтобы ее участники могли плодотворно и эффективно работать: прекрасная организация заседаний и возможность посетить замечательные исторические места Вологодчины – Феропонтовский и Кирилло-Белозерский монастыри, Вологодский кремль, а также Музей деревянного зодчества. ○



2-я международная конференция «Поляризационная Оптика–2010»

Свет является для человека одним из главных источников информации об окружающей среде. При этом задействованными оказываются сразу несколько параметров световой волны: интенсивность (формирование изображения объекта), частота (цветовая гамма изображения), фаза (объемные свойства объекта). А вот непосредственно наблюдать поляризацию света человеку, в отличие от некоторых насекомых, не дано! В то же время поляризация электромагнитных волн несет богатую информацию о многих процессах в микро-, макро- и мегамире. Нужно только уметь эту информацию извлечь из результатов наблюдений и экспериментов. Этим вопросам была посвящена 2-я международная научно-техническая конференция «Поляризационная оптика–2010», которая проходила в Москве в ноябре на базе Московского энергетического института.

На конференции обсуждались фундаментальные проблемы поляризации света с точки зрения квантовой физики, уникальные свойства неоднородно поляризованных пучков и способы их реализации, теоретические вопросы описания и трансформации частично-поляризованного света. Большое место в докладах участников было уделено применению поляризованного света в диагностике атмосферы, в биологии, медицине, волоконной оптике. Не остались без внимания и специальные вопросы поляризационных экспериментов, в частности, методы создания поляризационных элементов, оценка их качества, особенности модуляционной поляриметрии, а также приближенные методы теоретических расчетов поляризации рассеянного излучения. С интересом были встречены доклады по истории развития оптического дистанционного зондирования и по методике проведения поляризационных экспериментов в курсе общей физики.

К началу нынешнего столетия накопилось большое количество результатов экспериментальных наблюдений за кометами, астероидами и космической пылью. Однако отсутствие аппарата их интерпретации не дает возможности извлечь из поляриметрических данных достоверную информа-

цию. Известно, что неучет несферичности частиц аэрозолей приводит к потере точности или к совершенно неверным результатам. Перспективны ли поляризационные методы для зондирования Земли и других тел Солнечной системы? Если прямые численные методы решения задач многократного рассеяния света дисперсными средами существуют и имеют строго обоснованный формализм описания, то стандартных методов решения обратной задачи рассеяния пока нет. Для интерпретации привлекали различные модели распространения излучения, формы частиц аэрозолей. Однако даже подобие результатов, полученных разными методами еще не говорит об их верности, ведь они могли использовать одинаковые предположения и граничные условия.

Вопросы изучения поглощения и рассеяния излучения отдельными частицами и сложными дисперсными структурами объединяют разные научные области. Результаты применимы не только к проблемам дистанционного зондирования объектов Солнечной системы, но и к задачам развития поляриметрических методов диагностики частиц при решении практических задач климатологии, геофизики, биологии, медицины, нанотехнологий. Ведь поляризация может дать ответ на волнующий человечество вопрос: какая форма у частиц аэрозолей? Именно их форма несет информацию о переносимых воздушных массах, что позволяет прогнозировать ураганы. Поляризация живых клеток по рассеянному свету информирует об их состоянии, об инородных включениях в их составе. Живая ткань обладает киральностью. Это дало толчок к идее о существовании жизни в хвостах комет. Ранее изменение поляризации в их излучении интерпретировали как влияние магнитных полей. Метаматериалы, имеющие отрицательный показатель преломления, – это чисто поляризационные эффекты. Ясно, что пока в поляриметрии больше тайн, чем открытых страниц. Следующую конференцию по поляризационной оптике намечено провести в 2012 году.

Н. Кожевников, Н. Истомина