



ЛАЗЕРНО-ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МЕДИЦИНЕ, БИОЛОГИИ, ГЕОЭКОЛОГИИ И ТРАНСПОРТЕ

В.Е. Привалов, д.т.н., vaepriv@yandex.ru; В.Г. Шеманин, д.ф.-м.н., vshemanin@mail.ru

Международная конференция "Лазерно-информационные технологии в медицине, биологии, геоэкологии и транспорте" регулярно собирает специалистов-лазерщиков. Ее традиционно организуют Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого и Новороссийский политехнический институт КубГТУ. Представляем отчет о XXIII конференции, которая прошла в Новороссийске в Государственном морском университете имени адмирала Ф.Ф.Ушакова. Было представлено 108 докладов из 43 научных учреждений России, Беларуси, Китая, Болгарии, Туркменистана Кыргызстана и Германии.

Пленарные доклады приглашенных участников были посвящены разработкам новых лазеров. Доклад А.Н.Солдатова (Томский госуниверситет) "Многоволновые лазерные системы на парах металлов для медицины, промышленных технологий и мониторинга окружающей среды" был посвящен лазерам на парах меди и бромида меди (генерирующим на длинах волн: 282,2; 510,6 и 579,2 нм); на парах золота (с длинами волн: 312,2 и 627,8 нм); на парах стронция (10 дискретных линий в диапазоне от 0,51 до 6,45 мкм); на парах бария (614 нм; 1,13 и 1,50 мкм); на парах кальция (854,2 и 866 нм и 5,55 мкм); на парах марганца (более 10 линий в видимой и ближней ИК-областях). Эти лазеры прошли через этапы промышленно-коммерческого освоения и доказали свою эффективность, например, в многоволновых лазерных установках на парах стронция для лазерной абляции биотканей и полиамидов, а также для управляемого термораскальвания оксидных стекол.

И.Г.Иванов (Южный Федеральный университет) в докладе "Многоволновые импульсные и непрерывные ионные лазеры на парах металлов" рассказал о возбуждении ионных лазерных переходов металлов столкновениями 2-го рода с буферным газом в газоразрядной плазме. Было представлено собрание известных на настоящий момент сведений о частотной структуре индивидуальных линий излучения рассмотренных лазеров, вызванной как сверхтонким расщеплением лазерных энергетических уровней, так и сдвигом уровней, принадлежащих отдельным изотопам рабочего вещества.

В докладе С.А.Шойдина (Сибирская государственная геодезическая академия) "Требования к лазерам для голографии и формфактор голограмм" было показано, как параметры лазерного излучения влияют на характеристики записываемых голограмм в реальных условиях записи с учётом нелинейности фотоотклика и неравномерности

излучения по полю голограммы. Доклад показал, что учет формфактора голограмм открывает широкие возможности постановки задачи создания специальных лазеров для голографии. В них мощность излучения или видность будут неоднородны по полю. Это позволит компенсировать влияние форм-фактора на достижение оптимальных характеристик голограмм.

В докладе В.А.Королькова, А.А.Тихомирова, А.Е.Тельминова Институт мониторинга климато-экологических систем СО РАН (ИМКЭС СО РАН) "Разработка измерительно-вычислительной системы для мезомасштабного мониторинга атмосферного пограничного слоя" была представлена процедура постоянного и оперативного контроля за метеорологическим и экологическим состоянием атмосферного пограничного слоя (АПС) и система, которая реализует эту процедуру. Измерительно-вычислительная система для мезомасштабного мониторинга атмосферного пограничного слоя включает в себя газоанализатор концентрации малых атмосферных газов, работающий на эффекте спонтанного комбинационного рассеяния.

Секционные доклады по лазерной тематике отражали роль и влияние лазерных технологий на различные стороны человеческой деятельности. В совместном докладе авторов из Южного Федерального университета (И.Г.Иванов) и Санкт-Петербургского Политехнического Университета Петра Великого (В.Е.Привалов) "Сверхтонкая и изотопическая структура ионных лазерных линий таллия и галлия" было показано, что наличие различных изотопов в естественной смеси металлов, пары которых используются в качестве активной среды ионных лазеров, должно приводить к расщеплению и сдвигам уровней энергии и соответствующему расщеплению ионных линий. Это, следовательно, приводит к частотному структурированию контуров усиления квантовых переходов. Величина



расщепления линии является квантовой константой, и, следовательно, частотный интервал между компонентами может служить квантовым репером в ВЧ-диапазонах, имеющим определенную погрешность воспроизведения.

Появление новых лазерных технологий показало, что лазерные проекционные системы оказались вновь востребованными. Авторы доклада "Скоростные усилители яркости на парах металлов для диагностики и неразрушающего контроля" **Г.С.Евтушенко, С.Н.Торгаев, М.В.Тригуб и Д.В.Шиянов** (ТГПУ) рассказали о роли усилителей яркости в визуально-оптическом контроле производства интегральных микросхем в условиях мощной фоновой засветки. В докладе были представлены результаты разработки нового образца такого устройства на основе активной среды CuBr-Ne-NBr с временным разрешением 20 мкс.

Сотрудники ИМКЭС СО РАН из Томска представили новые лазерные приборы для экологического мониторинга. Группа авторов: **А.И.Абрамочкин, В.А.Корольков, В.В.Татур и А.А.Тихомиров** вместо оптического анализатора паров ртути РГА-11, основанного на методе дифференциального поглощения с использованием продольного эффекта Зеемана, предложила анализатор паров ртути на основе

использования поперечного эффекта Зеемана на основе капиллярной лампы, наполненной ртутью естественного состава. Этому был посвящен их доклад "Новая модификация переносного анализатора паров ртути".

В.В.Кальчихин, А.А.Кобзев, В.А.Корольков, и А.А.Тихомиров (ИМКЭС СО РАН) в докладе "Перспективы применения лазерного дисдрометра для изучения характеристик града" отметили, что лазерный дисдрометр, разработанный авторами на основе получения и анализа теневых изображений частиц осадков, позволяет применять этот прибор для решения научных и практических задач, связанных с изучением характеристик градовых атмосферных осадков. Проведенные оценки технических параметров созданного лазерного дисдрометра показали его возможность определения микроструктурных характеристик града.

В докладе **Д.В.Петрова, И.И.Матросова и А.А.Тихомирова** (ИМКЭС СО РАН) "Малогобаритный спектральный прибор МКР-1: апробация и калибровка" был представлен оригинальный специализированный малогобаритный спектральный прибор "МКР-1" для эффективной регистрации низкоинтенсивных спектров молекулярного водорода. Испытания показали, что разработанный прибор



обеспечивает высокое качество спектральных линий при достаточно низком уровне фона.

Поиск новых активных лазерных сред, сочетающих в себе свойства активной лазерной среды и нелинейного преобразователя частот, представляет большой интерес. Этому вопросу были посвящены доклады сотрудников Физического института имени П.А. Лебедева РАН из Москвы. Например в докладе **Г.В.Шиловой** и **П.Г.Зверева** "Генерация второй гармоники в кристаллах лангсита и лангата" отмечалось, что структура кристаллов лангсита и лангата допускает введение лазерно-активных примесных ионов, и они могут использоваться в качестве такой активной среды. В работе установлено, что нелинейная восприимчивость образцов зависит от примесного состава кристаллов, а избыток кислорода в процессе роста и отжига кристаллов приводит к образованию кислородсодержащих оптических центров.

Сотрудники того же института В.Г.Иванова, П.Г.Зверев, Е.Э.Дунаева, А.В.Нехороших, Л.И.Ивлева и М.Е.Дорошенко в докладе "Исследование спектроскопических свойств кристаллов SrMoO_4 , активированных ионами Ho^{3+} " отмечали, что регистрация люминесценции кристалла SrMoO_4 в ближней ИК-спектральной области 1900–2150 нм позволила экспериментально измерить время жизни при комнатной температуре уровня $^5\text{I}_7$, равное 6 мс. Такое большое время жизни ионов Ho^{3+} на уровне $^5\text{I}_7$ в этом кристалле дает надежду на создание эффективных лазеров в двухмикровметровом спектральном диапазоне с возможностью нелинейного ВКР-самопреобразования излучения в самой активной лазерной среде.

К.А.Мартынова, М.Е.Дорошенко и В.А.Конюшкин в докладе "Исследование спектроскопических и генерационных свойств оптических центров ионов Tm^{3+} в кристаллах CaF_2 для двухмикронных лазеров" показали значение исследований двухмикровметровых лазеров на основе фторида кальция, активированного ионами Tm^{3+} . Этот материал обладает такими полезными свойствами, как короткий фоновый спектр, легкость введения больших концентраций примесей, прозрачность в ИК-диапазоне, высокий коэффициент теплопроводности, хорошие механические и гигроскопические свойства. В докладе **С.В.Баюн и Н.М.Скорняковой** "Мультицветная модификация метода анемометрии по изображению частиц" описан принцип мультицветной анемометрии, проводимой по изображению частиц (МАИЧ). При биомедицинских применениях этот метод позволит выполнять визуализацию в реальном времени ультраструктуры

ткани и потоков крови. **Н.М.Скорнякова и Пью Ту Кхант** в докладе "Возможность диагностики поведения крови *in vitro* методом теневой анемометрии по изображениям частиц" отмечают, что в методе теневой анемометрии по изображению частиц (PSV – Particle Shadow Velocimetry) используются источники света со значительно меньшей мощностью излучения, чем у лазеров. Метод основан на получении простой тени, отбрасываемой частицей на яркий фон. В докладе представлены результаты тестирования метода на сферических частицах со светодиодами, излучающими на различных длинах волн. В докладе **Н.М.Скорняковой, А.Ю.Вараксина и Д.Г.Сычева** "Исследование вихрей типа торнадо методом анемометрии по изображениям частиц" показана возможность визуализации методом прямой видеорегистрации структуры лабораторно сгенерированных воздушных вихрей. Это необходимо для изучения характера их движения методом анемометрии по изображениям частиц. Доклад **М.В.Сапронова и Б.С.Ринкевичюса** "Применение метода лазерной рефрактографии в экологических исследованиях и экологическом мониторинге окружающей среды" представляет метод лазерной рефрактографии, основанный на зондировании неоднородной среды структурированным лазерным излучением. Вследствие рефракции в неоднородной среде траектория луча отклоняется от прямолинейной, и форма лазерного пучка в поперечном сечении искажается. Эти искажения несут в себе информацию о поле показателя преломления в жидкости. Регистрация искаженной формы пучка – 2D-рефрактограммы – осуществляется с помощью цифровой фото или видеокамеры. Затем изображение подвергается компьютерной обработке для получения информации о поле показателя преломления в среде. В докладе представлена модель для диагностики диффузионного слоя – переходного слоя, возникающего на границе раздела двух жидкостей с различными показателями преломления. Поскольку загрязняющее вещество не может мгновенно раствориться в воде, а наблюдается диффузия, то в среде возникает такой градиент показателя преломления. Распределение показателя преломления в подобной среде и можно определить методом лазерной рефрактографии.

В докладе сотрудников Балтийского государственного технического университета "ВОЕНМЕХ" **А.П.Погода, К.И.Троць, И.С.Хахалина и А.С.Борейшо** "Спектральные свойства излучения твердотельного лазера с многопетлевым резонатором" исследован спектральный состав излучения такого лазера. Показано, что в режиме генерации



одиноким гигантским импульсом, как в режиме свободной генерации, так и получаемого путем пассивной модуляции добротности резонатора насыщающимся поглотителем YAG: Cr⁴⁺, наблюдается одночастотное излучение со спектральной шириной 240 МГц и с энергией в импульсе до 174 мДж. Качество излучения близко к дифракционному пределу.

Режим активной модуляции добротности в лазере с закрытой схемой самоадаптирующегося многопетлевого ОВФ-резонатора (ОВФ – обращение волнового фронта) твердотельного лазера с диодной накачкой рассмотрен в докладе **С.С.Горлова, И.С.Хахалина, А.П.Погода и А.С.Борейшо** ("ВОЕНМЕХ") "Активная модуляция добротности твердотельного лазера с многопетлевым резонатором" с целью дальнейшего увеличения пространственно-энергетических параметров генерации компактного многопетлевого лазера на базе одного активного элемента с открытой схемой резонатора и узкополосной диодной накачкой. Проведено исследование режима активной модуляции добротности в таком лазере при различных положениях затвора. В результате значение пиковой мощности, полученное в эксперименте, составило 3,6 МВт, а энергия импульса – 44 мДж.

Сотрудники ЗАО "Мостком" из Рязани **В.С.Зоркин, Е.Г.Чуляева, М.Ю.Керносов, А.А.Кондрахин и Г.В.Мельничук** в докладе "Оценка погрешности методов измерения длины временной когерентности лазерного излучения" провели оценку погрешностей двух методов измерения длины временной когерентности.

Доклады группы авторов из Башкирского государственного университета из Уфы, Физического института имени П.Г. Лебедева РАН и Института механики УрО РАН из Ижевска были посвящены лазерной технике. В докладе **А.М.Вальшина, С.М.Першина, Р.Ф.Тавлыкаева и Г.М.Михеева** "Влияние ВЧ-накачки на параметры газоразрядной плазмы низкого давления" отражен поиск механизма повышения КПД цилиндрических люминесцентных ламп на основе вариации режима питания и параметров газового разряда. Доклад **Р.В.Борисовой, А.М.Вальшина, С.М.Першина, Р.Ф.Тавлыкаева и Г.М.Михеева** "Повышение мощности излучения газового лазера при комбинированной накачке" отразил получение авторами повышенной мощности излучения стандартного He-Ne лазера. Доклад **Д.Г.Сычёва, Н.М.Скорняковой и А.Ю.Поройкова** "Отпико-электронный комплекс



визуализации газожидкостных потоков" посвящен оптической визуализации модели тороидального вихря при помощи теневого фонового метода. Методика визуализации генерируемого вихря заключалась в регистрации двух изображений фонового экрана. Первое – без тороидального вихря, второе – в момент его прохождения. Для регистрации применялась высокоскоростная камера со скоростью 100–200 кадров в секунду. Для получения численного значения смещения в данной области опроса производилась кросскорреляционная обработка. В результате для каждого кадра было получено векторное поле скоростей. Данные поля объединяются в видеоролик, показывающий в замедленном режиме времени процесс зарождения и прохождения тороидального вихря.

Доклад **В.В.Близнюк, Н.В.Березовской, М.А.Брит, Е.Е.Виноградовой, И.С.Гадаева, А.А.Моисеева, В.А.Паршина и А.Е.Тарасова** "Оптико-электронный комплекс для диагностики излучения лазерных диодов, используемых в фотодинамической терапии" был посвящен относительно новому неинвазивному методу лечения, основанному на воздействии лазерного излучения на сенсibilизированную к свету определенной длины волны воспаленную ткань или опухоль. Поэтому важнейшей задачей исследователи считают подбор оптимальных доз облучения. Авторами было установлено, что при проведении входного контроля лазерных диодов необходимо измерять не только энергетические и пространственно-энергетические, но и поляризационные параметры их излучения. Для проведения таких измерений и создан оптико-электронный комплекс, основными элементами которого служат планарный термоэлектрический преобразователь и планарный фотодиод без входного окна и просветляющего покрытия, расположенный определенным образом относительно оси лазерного пучка.

Сотрудники Волгоградского государственного технического университета **П.Е.Гребенюк и А.М.Чмутин** выполнили проверку устойчивости оттеночного идентификационного признака для возможности оптического выявления подделок бумаг. Этому было посвящено их выступление "Исследование цвета загрязненных бумажных объектов и их анализ методом оттеночного контрастирования". Сообщение иллюстрировалось демонстрацией выявленных подделок.

В секции "Геоэкологический мониторинг" отметим три доклада сотрудников Научно-исследовательского Томского государственного университета. Доклад "Программное обеспечение для обработки и сопоставления экспериментальных и теоретиче-

ских данных по микроструктуре облаков верхнего яруса" авторов **И.В.Самохвалова, И.Д.Брюханова, С.Н.Волкова и А.В.Коношонкина**. Это программное обеспечение используется для обработки экспериментальных данных, получаемых с помощью поляризационного лидара НИ ТГУ. Массив данных содержит результаты экспериментов по поляризации лазерному зондированию атмосферы за 2011–2015 годы. В следующем докладе – "Поляризационные характеристики лидарного сигнала двукратного рассеяния от полидисперсных капельных облаков" его авторы **Е.В.Ни и В.В.Брюханова** акцентировали внимание на доле многократного рассеяния в сигнале лидарного рассеяния. При зондировании облаков вклад многократного рассеянного излучения в лидарный сигнал сравним либо преобладает над сигналом однократного рассеяния. Увеличение водности облака приводит к увеличению отношения степеней поляризации сигнала двукратного рассеяния при зондировании циркулярно и линейно поляризованным излучением.

Участники конференции отметили также доклад **С.С.Смирнова, П.П.Гейко и И.В.Самохвалова** "Измерения малых газовых примесей в приземном слое атмосферы трассовым методом". Сообщение содержало обобщение результатов синхронных непрерывных измерений концентраций загрязняющих газов в приземном слое атмосферы методом дифференциальной оптической абсорбционной спектроскопией, проведенных в Томске в первой половине 2015 года. Отмечено превышение среднесуточных предельных допустимых концентраций C_8H_{10} , C_2H_7N и O_3 в 95%, 90% и 80% случаях измерений.

Два доклада сотрудников ЗАО "Мостком" из Рязани были посвящены беспроводным атмосферным оптическим линиям связи (АОЛС). АОЛС работают на дистанциях от сотен метров до многих сотен километров. При распространении света в атмосфере на канал связи влияют все неоднородности: турбулентность среды, рассеивающие агенты, гидрометеоры и другие факторы. **А.А.Боев, С.Н.Кузнецов, Б.И.Огнев и С.Ю.Поляков** в докладе "Датчик оси диаграммы направленности для беспроводных оптических систем связи" обсудили решение задачи определения центра пятна лазерного излучения на поверхности позиционно-чувствительного приемника. Проведенные расчеты и анализ их результатов показали, что обычно используемые алгоритмы определения центра пятна с субпиксельной точностью не пригодны к работе в составе открытых оптических линий связи в силу высокого уровня ошибок в условиях помех. Авторами было предложено два новых алгоритма обеспечивающих суще-



ственно более надежную работу линии связи даже при нахождении солнца в пределах угла зрения датчика. А в докладе **М.Ю.Керносова, Б.И.Огнева и Е.Г.Чуляевой** "Устройство автоматического контроля оси диаграммы направленности лазерного излучения в атмосферной оптической линии связи" отмечена необходимость автоматического пространственного наведения приемо-передающих модулей АОЛС. Направление оси флуктуирует из-за влияния температуры; механических вибраций и колебаний; ветровых нагрузок и возмущения; изменения геометрии опор из-за старения и многого другого. Авторы представили устройство автоматического контроля оси диаграммы направленности (ОДН) лазерного излучения в АОЛС. А автоматическая коррекция оптической оси прибора в случае ее смещения под воздействием внешних факторов позволит использовать оптическую систему с меньшим углом расхождения и тем самым заметно повысить бюджет АОЛС, а также снять ограничения по установке систем на нестабильные металлические конструкции, например на мачты или вышки операторов мобильной связи.

В секции "Техносферная безопасность" наибольший интерес вызвали доклады сотрудников Государственного морского университета имени адмирала Ф.Ф.Ушакова в Новороссийске. Они были посвящены решению задач защиты атмосферы от вредных выбросов морских судов. Загрязнения от современных судовых дизелей дают наибольший вклад в основном за счет диоксидов серы, азота и углерода, несгоревших компонентов топлива, твердых частиц. Этим вопросам были посвящены сообщения **А.В.Туркина, Р.Ю.Атласова, Д.А.Корниенко, М.В.Пустовойта, Ш.Ю.Кондратовой, И.Ю.Матасовой и Л.Р.Варениной, Н.Н.Чура и Е.В.Кузнецова**.

12-17 сентября 2016 года в Новороссийске пройдет XXIV Международная конференция "Лазерно-информационные технологии в медицине, биологии, геоэкологии и транспорте". Регистрация будущих участников конференции, а также прием тезисов будут открыты с 4 апреля 2016 года по 31 июля 2016 года на сайте конференции: <http://www.abrauconf.avtec.ru/zayavka.php>.

НОВИНКИ ЛАЗЕРНОЙ СВАРКИ

Выставка "Сварка/Welding" в 2016 году – ведущий форум передовых сварочных технологий в России. Уникальной особенностью выставки, организуемой в 2016 году, станет поддержка мероприятия публичного акционерного общества (ПАО) "Газпром" – одним из основных потребителей сварочного оборудования и услуг не только в России, но также в Европе и Азии. Поэтому в рамках выставки пройдет научно-практическая конференция, посвященная технологиям сварки, оборудованию и материалам для строительства и ремонта магистральных трубопроводов. Основные участники конференции – главные специалисты по сварке компаний Группы "Газпром".

Но палитра заявленных тем выставочной экспозиции и деловой программы в 2016 году гораздо шире: эффективное внедрение инноваций в сварочное производство для стратегических отраслей промышленности (ракетно-космической, авиационной, судостроительной, нефтегазовой, машиностроительной, энергетической и др.), инвестиционные программы и локализация производства высокотехнологичного сварочного оборудования в России с участием иностранных компаний.

Тематические разделы выставки ждут участников, которые специализируются на контроле качества сварных соединений. Ожидается большая экспозиция по измерительной технике, оборудованию технической диагностики и неразрушающего контроля. Отдельное внимание будет уделено промышленной безопасности.

Неожиданный акцент решили сделать организаторы выставки "Сварка/Welding". В фокусе – новые сварочные технологии, оборудование и материалы, применяемые при строительстве спортивных объектов и инфраструктуры.

welding.expoforum.ru

СПРАВОЧНИКИ ПО ЛАЗЕРАМ И ЛАЗЕРНЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ

Для предприятий и организаций, специализирующихся на создании лазерной аппаратуры и технологий для индустрии и медицины, Лазерная ассоциация предлагает справочники по конструированию и эксплуатации современных лазерных источников излучения и их производителям.

Справочник "Лазерные источники излучения" состоит из трех частей. В первой части "Газовые лазеры и лазеры на красителях" приведено описание 200 моделей и реквизиты 16 фирм-производителей лазеров этих типов. Вторая часть "Твердотельные лазеры, включая волоконные" содержит описание 363 моделей и реквизиты 23 фирм-производителей лазеров этих типов. Часть третья "Полупроводниковые лазеры" посвящена описанию 600 моделей и реквизитов 9 фирм-производителей лазеров этих типов. Справочник содержит перечень книг по конструированию и эксплуатации лазерных источников излучения, изданных в последние годы.

Справочник "Кто есть кто в ЛАС" содержит реквизиты и сведения о специализации организаций – действующих коллективных членов ЛАС, список индивидуальных членов Ассоциации, состав Коллегии национальных экспертов стран СНГ по лазерам и лазерным технологиям на 2014–2017 годы, описание структуры и состава органов управления ЛАС, а также перечень ее республиканских и региональных центров.

Кроме этих материалов ЛАС подготовила каталог-справочник "Лазерная медицинская техника", "Лазерная оптика", "Лазерные технологические установки", "Аппаратура фотоники для контроля процессов в промышленности и на транспорте, оптическая сенсорика" и многие другие справочные материалы. Запросы ждут по адресу: las@tsr.ru; тел. (495) 333-00-22, факс: 334-47-80

Лазерная ассоциация: las@tsr.ru