

Г.С. Евтушенко¹, Т.Н. Копылова², А.Н. Солдатов³, В.Ф. Тарасенко⁴, С.И. Яковленко⁵,
А.М. Янчарина³

IV Международная конференция по импульсным лазерам на переходах атомов и молекул (AMPL'99)

¹Институт оптики атмосферы СО РАН, г. Томск

²Сибирский физико-технический институт им. В.Д. Кузнецова, г. Томск

³Томский государственный университет

⁴Институт сильноточной электроники СО РАН, г. Томск

⁵Институт общей физики РАН, г. Москва

Поступила в редакцию 10.02.2000 г.

Дан обзор наиболее интересных работ, представленных на конференции «Atomic and Molecular Pulsed Gas Lasers» (AMPL'99), которая прошла в г. Томске 13–17 сентября 1999 г.

С 13 по 17 сентября 1999 г. в Томске прошла IV Международная конференция по импульсным лазерам на переходах атомов и молекул (Atomic and Molecular Pulsed Lasers). Организаторы конференции: Институт оптики атмосферы СО РАН (ИОА СО РАН), Институт сильноточной электроники СО РАН (ИСЭ СО РАН), Томский государственный университет (ТГУ), Сибирский физико-технический институт (СФТИ) при Томском государственном университете.

Конференция поддерживалась Российской академией наук, Сибирским отделением Российской академии наук, Государственным комитетом по высшей школе, Российским фондом фундаментальных исследований, Российским отделением SPIE, EOARD (Air Force Office of Scientific Research), LEOS/IEEE, Томским Центром содействия инновациям, Международным центром по фундаментальной физике, Российской академией инженерных наук.

В работе конференции участвовали ученые из России, Франции, США, Германии, Австралии, Белоруссии, Японии и Украины, всего зарегистрировалось 129 человек. Кроме того, около 50 студентов томских вузов смогли прослушать часть докладов. Параллельно конференции и после ее окончания были проведены Прилежаевские чтения для студентов. Приглашенные лекции были прочитаны ведущими учеными России, участниками конференции AMPL'99.

Научная программа конференции была традиционной (см., например: Proc. SPIE. Atomic and Molecular Pulsed Lasers / Eds. V.F. Tarasenko, G.V. Mayer, G.G. Petrash. 1995. V. 2619. 326 p.; Proc. SPIE. Atomic and Molecular Pulsed Lasers II / Eds. V.F. Tarasenko, G.V. Mayer, G.G. Petrash. 1997. V. 3403. 350 p., а также тематические выпуски журнала «Оптика атмосферы и океана». 1993. Т. 6. № 3, 6; 1995. Т. 8. № 11; 1996. Т. 9. № 2; 1997. Т. 10. № 11; 1998. Т. 11. № 2–3) и включала следующие секции: газовые и плазменные лазеры, лазеры на парах металлов, лазеры на красителях и фотопроцессы в сложных органических молекулах, физические процессы в газовых лазерах, лазерные системы и их применения, некогерентные источники

УФ- и ВУФ-излучения, преобразование лазерного излучения. На 6 секций было подано 223 доклада, из них 112 были заслушаны как устные и 111 показаны на стендах. 15 наиболее интересных докладов были представлены на пленарных секциях и Круглом столе, посвященном новым применениям лазеров.

Научная часть конференции была открыта докладом профессора Г.Г. Петраша «История и перспективы развития лазеров на парах металлов» (ФИ РАН, Москва), которого участники и гости конференции поздравили с 70-летним юбилеем. В 40-минутном сообщении была изложена история наиболее значимых результатов по развитию лазеров на парах металлов, последние достижения по получению высоких КПД и частот повторения при использовании галогенидов меди, а также перспективы использования лазеров на парах металлов.

Большой интерес участников конференции вызвал доклад В. Хассона «Масштабирование импульсных молекулярных лазеров с наноджоулей до мегаджоулей» (США, Textron Systems Corporation), в котором были представлены разработки как миниатюрных молекулярных лазеров с накачкой самостоятельным разрядом с УФ-предыонизацией, так и мощных лазеров с накачкой разрядом, стабилизированным пучком электронов.

В докладе А. Ульриха с соавторами «Лазеры с накачкой низкоэнергетичным пучком электронов» (Германия, Мюнхен, Технический университет и Rutgers University, Newark, США) впервые сообщалось о создании компактного лазера на смеси Ag–Xe с длиной волны 1,73 мкм, с накачкой низкоэнергетическим (10–15 кэВ) пучком электронов, который инжектировался в лазерную камеру через керамическую фольгу. Генерация была получена в квазистационарном режиме с длительностью импульса излучения 45 нс при частоте повторения 150 Гц. Данная установка позволяла одновременно с лазерным излучением регистрировать излучение возбуждаемого объема в различных областях спектра, в том числе и в ВУФ-диапазоне, через боковое окно.

А. Ионин сделал интересное сообщение от группы авторов «Эффективный СО-лазер на первом оберitone с частотой, перестраиваемой в диапазоне 2,5–4,2 микрон» (Россия, ФИ РАН; США, Исследовательская лаборатория воздушных сил). В докладе сообщалось о достижении высокой эффективности и энергии излучения на первом оберitone молекулы СО при накачке разрядом, контролируемым пучком электронов. Результаты моделирования СО-лазера подтверждают возможность достижения высоких эффективностей излучения и прогнозируют условия их получения.

В докладе В.Ф. Тарасенко «Мощные лазеры на плотных газах и источники спонтанного излучения» (ИСЭ СО РАН, Томск, Россия) был дан обзор основных результатов, полученных за последние 7 лет в лаборатории оптических излучений при создании импульсных лазеров на плотных газах, а также мощных источников УФ-излучения. В частности, разработаны ХеСl ($\lambda \sim 308$ нм) и КгСl ($\lambda \sim 222$ нм) коаксиальные эксилампы со средней мощностью излучения 200 Вт. В кооперации с другими лабораториями ИСЭ СО РАН созданы мощные лазеры с энергией излучения 2 кДж на $\lambda = 308$ нм, 200 Дж на $\lambda \sim 2,8$ мкм, 100 Дж на $\lambda = 249$ нм, 100 Дж на $\lambda = 1,73$ мкм и 50 Дж на $\lambda = 2,03$ мкм и т.д.

Сообщение А.А. Сиянского и В.Н. Кривоносова «Мощные ядерно-оптические конверторы для применения в научных исследованиях и национальной экономике» (ВНИИЭФ, Саров, Россия) было посвящено проектам по использованию энергии атомного ядра в мирных целях.

Результаты исследований фотоники сложных органических соединений были обобщены в докладе Г.В. Майера и Т.Н. Копыловой. Т.Н. Копылова представила теоретические и экспериментальные данные, полученные в СФТИ (Томск).

Доклад Ф. Деллапорте «Кинетика и спектроскопия ионных эксимеров щелочной металл – инертный газ» (Institut de Recherche sur les Phenomenes Hors Equilibre, Марсель, Франция) суммировал исследования характеристик излучения ионных эксимеров, которые ранее рассматривались в качестве рабочих молекул эксиплексных лазеров. Однако измерения показали очень низкую эффективность излучения этих ионных эксимеров.

Сообщение П. Шварца «Улучшенный преобразователь мощности для импульсного режима DBD» (University of Karlsruhe, Германия) вызвало повышенный интерес у специалистов, использующих барьерный разряд для возбуждения источников спонтанного излучения и накачки новых активных сред. В докладе были подробно представлены схема и параметры созданного преобразователя мощности и особенности согласования источника возбуждения и плазмы барьерного разряда.

Б. Лакур в докладе «HF/DF-лазеры с высокой средней мощностью» (Companu Cilas, Франция) привел новые результаты исследований нецепных HF- и DF-лазеров с накачкой самостоятельным разрядом в импульсно-периодическом режиме. Показано, что при использовании смесей, богатых SF₆, можно создавать компактные лазерные камеры и реализовывать объемный разряд с очень высокой однородностью распределения мощности излучения по разрядному объему.

Следующие сообщения были рассмотрены на заседании Круглого стола. В докладе М. Сентиса «Очистка эксимерными лазерами» (Марсель, Франция) рассмотрена проблема очистки различных поверхностей лазерным излучением, а также были приведены экспериментальные результаты, полученные с использованием ХеСl-лазера.

Р.С. Зи из Лос-Аламосской национальной лаборатории (США) изучал детектирование кислорода с помощью АгF-лазеров. Эта задача возникает при производстве стекла в промышленных масштабах и требует разработки бесконтактного метода контроля.

В докладе Г.С. Евтушенко «Современные применения лазеров на парах металлов (ЛПМ) в атмосферной оптике» (ИОА СО РАН, Томск) даны примеры использования ЛПМ в устройствах одно- и многочастотного зондирования атмосферы, в УФ-спектроскопии атмосферных газов, в навигационных приборах, устройствах атмосферной адаптивной оптики. Показаны возможности ЛПМ в локации слоев металлов в верхней атмосфере, дистанционного зондирования радионуклидов йода в выбросах радиохимических производств.

С.И. Яковленко в своем сообщении «О критической плотности электронов в лазере на парах меди» (ИОФ РАН, Москва) дал простую оценку предельной плотности электронов, при которой генерация срывается вследствие разрушения лазерных уровней электронным ударом.

В.П. Лопасов в докладе «О возможности генерации лазерного излучения с повышенной регулярностью потока фотонов» (ИОА) предложил новый подход к формированию инверсного состояния молекул и генерации электромагнитного поля с большим моментом количества движения $M_p \geq 100 h$, где h – постоянная Планка.

И.И. Климовский (ИВТ РАН, Москва) сделал доклад от имени соавторов В.Г. Прокошева, Д.В. Абрамова, С.Ю. Данилова (Госуниверситет, Владимир) «Индукцированные мощным лазерным излучением гидродинамические процессы на поверхности вещества и их визуализация при помощи лазерного усилителя яркости в реальном времени». Показано, что с помощью лазерного монитора на основе лазера на парах меди возможно наблюдение процессов на поверхности веществ, подвергаемых воздействию мощного лазерного излучения непосредственно в период воздействия.

В.М. Клишкин в своем сообщении «Физика "эффекта Петраша"» (ИОА, Томск) рассмотрел вопросы устойчивости импульсно-периодических разрядов в смеси паров металлов с инертными газами. Им показано, что основополагающим процессом физики импульсно-периодических режимов генерации является процесс расконтракции разряда, вызванный поступлением паров металла в активную среду. Этот эффект впервые был использован в работах Г.Г. Петраша с соавторами для получения больших мощностей генерации ЛПМ.

Ниже дана характеристика наиболее интересных докладов, представленных на секционных заседаниях (устных и стендовых).

Секция «Газовые и плазменные лазеры»

Секция была открыта А.А. Иониним, который от группы соавторов представил доклад «Перестраиваемый по частоте СО-лазер с оптической накачкой». Результаты были получены при сотрудничестве трех научных групп из США (Лаборатории BBS, Kirtland и Logicon/RDA, Альбукерке) и России (Москва, Физический институт РАН).

В докладе В.В. Осипова и др. (Екатеринбург, Институт электрофизики УрО РАН) сообщалось о численном моделировании СО-лазера.

Большой интерес вызвал доклад «Новый подход к проблеме создания мощных нецепных HF(DF)-лазеров с иницированием химической реакции объемным самостоятельным разрядом», представленный от группы соавторов К.Н. Фирсовым (Москва, Институт общей физики РАН). Было показано, что условия формирования объемного разряда в смесях с большим содержанием SF₆ существенно отличаются от условий для традиционных рабочих смесей эксиплексных и CO₂-лазеров. Объемный разряд при повышенных давлениях формировался без дополнительной предыонизации за счет специальной обработки электродов. На созданном нецепном HF-лазере с накачкой самостоятельным разрядом была получена наибольшая, для лазеров такого типа, энергия излучения ~ 400 Дж.

В.А. Бурцев (Санкт-Петербург, НИИ ЭФА им. Д.В. Ефремова) подробно проанализировал в своем докладе нестационарные процессы взаимодействия электронных пучков с плотными газами.

В докладе Н.Г. Иванова (соавторы В.Ф. Лосев, Ю.Н. Панченко, А.Г. Ястремский «Усиление дифракционно-ограниченного лазерного пучка в ХеСl-усилителях» (ИСЭ СО РАН, Россия) исследованы условия формирования расходимости излучения в 2-каскадной системе с выходной апертурой 25 × 25 см. После оптимизации получена расходимость излучения на $\lambda = 308 \text{ нм } 10^{-5}$ рад.

Интересный доклад сделал Х. Томизава «Влияние водяных паров и температуры газа на работу Хе-лазера с длиной волны 1,73 мкм» (Япония, Токио, Технологический институт; Германия, Технический университет; Мюнхен, Неварк, Рутгер университет). Авторами было обнаружено, что при нагреве рабочей смеси в послесвечении возникает дополнительный импульс генерации.

В докладе А.Н. Панченко и др. «Лазеры на плотных газах с накачкой от индуктивных накопителей энергии» (ИСЭ СО РАН, Томск, Россия) было продемонстрировано, что при использовании индуктивных накопителей энергии с полупроводниковыми прерывателями тока удается реализовать оптимальные условия накачки импульсных лазеров на плотных газах. Были получены высокие эффективности излучения для нецепного HF-лазера, ТЕА СО₂-лазера, эксимерного ХеСl-лазера и лазера на самоограниченных переходах молекулярного азота.

Сообщение В.М. Орловского с соавторами (ИСЭ СО РАН, Томск, Россия) «Эффективность лазера на смеси Н₂-SF₆ при иницировании химической реакции пучком электронов» было посвящено изучению влияния различных факторов на кпд нецепного HF-лазера. На основании спектральных и амплитудно-временных характеристик излучения было подтверждено, что в формировании возбужденных молекул HF участвует не только атомарный, но и молекулярный фтор.

Из стендовых докладов следует отметить работы, посвященные исследованию различных типов лазеров: О. Утеза, Ф. Делaporte, Б. Фонтейн, М. Сентис, Ж. Бренли, М. Пилат, М. Макаров «Разработка высокоэнергетичной наносекундной эксимерной лазерной системы генератор-усилитель»; М. Гастад, М. Аутри «Ф-фильтрация в HF-лазере при накачке нецепной реакцией» и М. Сабонади, В.И. Черемискин, Ф. Делaporte, Л.Д. Михеев, М. Сентис «Численное моделирование импульсного химического NF₃-Н₂-лазера, возбуждаемого фотолитически» (Марсель, Франция).

В докладе В.В. Аполлонова, С.Ю. Казанцева, В.Ф. Орешкина, К.Н. Фирсова «Фототриггерный нецепной

HF-лазер, возбуждаемый самоиницирующимся объемным разрядом» (Москва, ИОФ РАН) были представлены конструкции и результаты испытаний мощного HF-лазера.

HF-лазеру также был посвящен доклад В.М. Орловского, М.В. Ерофеева, В.С. Скакуна, Э.А. Соснина, В.Ф. Тарасенко «Энергетические и спектральные характеристики нецепного HF-лазера с накачкой планарным пучком электронов и разрядом, инициируемым пучком электронов» (ИСЭ СО РАН, Томск).

Сообщение В.А. Бурцева, Н.И. Казанченко, Н.В. Калинина «Кинетические и электрофизические проблемы создания ВУФ-лазеров на димерах инертных газов» (Санкт-Петербург, НИИ ЭФА им. Д.В. Ефремова) снова акцентировало внимание на лазерах ВУФ-диапазона спектра с накачкой пучком электронов.

СО₂-лазеры были представлены в докладе В.М. Орловского, А.Е. Мандела, В.А. Панарина «Генерация наносекундных импульсов излучения малогабаритными СО₂-лазерами» (ИСЭ СО РАН, Томск, Россия) и докладе В.В. Платонова, М.Г. Иванова, П.Б. Смирнова, В.В. Осипова «Возбуждение СО₂-лазера комбинированным разрядом с прокачкой газа сквозь электроды» (Екатеринбург, Институт электрофизики УрО РАН).

А.Н. Панченко, Е.Х. Бакшт, С.Е. Кунц, В.Ф. Тарасенко рассмотрели формирование импульсов излучения большой длительности в электроразрядном ХеСl-лазере (ИСЭ СО РАН, Томск).

Секция «Лазеры на парах металлов»

На секции было заслушано 14 докладов и 20 докладов было размещено на стендах (7 из них с 3-минутным устным представлением). Заседание секции открылось сообщением Г.Г. Петраша, который от группы авторов из ФИ РАН (Москва) представил доклад «Кинетика импульсных лазеров на парах металлов (ЛПМ) и их соединений с добавками электроотрицательных газов», в котором показано, что наличие электроотрицательных молекул (НВr, НСl) в разряде существенным образом меняет кинетику процессов, определяющих выходные характеристики лазеров. В определенных условиях это приводит к повышению эффективности и мощности генерации ЛПМ. Повышение энергетических характеристик ЛПМ во многом связано с повышением частоты следования импульсов генерации. Этому вопросу на конференции было посвящено несколько сообщений.

В работе Н.А. Юдина (ИФП СО РАН, Новосибирск) сделана попытка экспериментального обоснования ограничения частоты следования импульсов генерации ЛПМ. Автор показал, что наличие индуктивности в разрядном контуре приводит к недостаточной скорости разогрева предимпульсных электронов. Определены условия, при которых влияние предимпульсной концентрации электронов минимально и дальнейший рост частоты связан с процессами релаксации нижних рабочих состояний.

Определенное влияние могут оказывать и процессы ступенчатого разрушения верхних рабочих состояний атомов. Это показано в докладе В.М. Климкина (ИОА СО РАН, Томск) и др. «Экспериментальное наблюдение ступенчатой ионизации состояний ²P_{2,3,3/2} атома Си в активной среде Си-лазера».

В докладе Г.С. Евтушенко и др. (ИОА СО РАН, Томск) было отмечено, что максимальные частоты следования в лазерах на соединениях меди (CuBr) за счет мень-

шего энерговклада в разряд достигают больших значений (до 300 кГц), чем в лазерах на чистых парах металлов. Этой же проблеме были посвящены сообщения А.Н. Солдатов с коллегами (Томский госуниверситет), молодых ученых Д.В. Шиянова, А.В. Павлинского и др. (ИОА СО РАН). Возможности получения предельных значений мощности и эффективности ЛППМ был посвящен доклад В.Ф. Федорова (ИОА СО РАН, Томск).

Большой интерес участников вызвал доклад Р. Милдрена, сделанный от группы авторов из университета Макуори (Сидней, Австралия). В нем были представлены результаты исследования ЛППМ с улучшенной кинетикой (kinetically enhanced lasers) и эффективного преобразования их излучения в генерацию гармоник в нелинейных кристаллах с получением мощного УФ-излучения.

В докладе А.Д. Чурсина (ГНПП «Исток», Фрязино) были представлены результаты исследования и разработок промышленных отпаянных лазеров на парах меди и золота, с выходной мощностью от 1 до 100 Вт.

Разработке эффективных компактных рекомбинационных лазеров на парах стронция и кальция был посвящен доклад Е.Л. Латуша (Ростовский госуниверситет). Возможности накачки паров металлов пучками электронов, формируемыми непосредственно в разрядном промежутке («убегающими электронами»), были продемонстрированы в докладе Г.В. Колбычева (ИОА СО РАН). Новый способ расчета давления насыщенных паров металлов предложен В.А. Герасимовым (ИОА СО РАН). Интересные результаты исследования и разработок ЛППМ были представлены также в докладах В.Г. Соковикова, А.В. Карелина, Ю.П. Полунина, В.Н. Кухарева, А.Г. Филонова, Д.Ю. Шестакова и др.

Секция «Лазеры на красителях и фотопроцессы в сложных органических молекулах»

Традиционно в рамках конференции работала секция «Лазеры на красителях и фотопроцессы в сложных органических молекулах». Использование в качестве лазерно-активных сред сложных органических молекул настоятельно требует исследования фотопроцессов, протекающих в сложных молекулах после акта поглощения света. На секции большое внимание было уделено вопросам связи электронной структуры соединения с его спектральными и генерационными свойствами.

Современные исследования в области нелинейной оптики и спектроскопии показывают, что поглощающие и излучающие свойства молекул существенно меняются при увеличении интенсивности возбуждающего света. Наряду с фотофизическими свойствами меняются и фотохимические свойства молекул. Два доклада (Р.Т. Кузнецова, В.А. Светличный, ТГУ, Томск) были посвящены изучению фотостабильности и взаимодействию органических молекул в возбужденных состояниях в зависимости от способа образования и дезактивации этих состояний при мощном лазерном возбуждении. Показано на примере замещенных *para*-терфенила, что качественный состав фотопродуктов, образующихся в результате фотопревращений, не изменяется при изменении интенсивности возбуждения и режима работы, меняется лишь количественный состав фотопродуктов. Одной из причин такого изменения авторы видят в возможном заселении высоковозбужденных состояний и

протекании двухфотонных процессов. Наибольшее внимание в докладе А.К. Сергеева (СФТИ, Томск) было уделено новой методике определения коэффициента усиления при мощном возбуждении.

В докладе В.А. Чернявского (Институт атомной и молекулярной физики, г. Минск, Беларусь) было уделено внимание появлению оптической анизотропии растворов красителей при лазерном возбуждении.

Оживленную дискуссию вызвали результаты фундаментальных и прикладных исследований фотопроцессов в органических молекулах, протекающих при лазерном возбуждении, и создания современных лазерных систем на их основе, представленных Ю.П. Мешалкиным и С.М. Кобцевым (Технический университет, госуниверситет, Сибирский центр лазерной медицины, г. Новосибирск).

Большой интерес вызвал доклад Ал.А. Землянова (СФТИ, г. Томск) о лазерной индуцированной флуоресценции красителей в каплях, так как новые фундаментальные знания об особенностях излучения молекул в каплях позволяют найти практическое применение этому явлению.

Обсуждена возможность расчета населенностей возбужденных электронных состояний органических молекул (красителей) с использованием расчетных и экспериментальных констант скоростей фотопроцессов (В.Я. Артюхов, СФТИ, Томск). Показано, что когда режим поглощения является нелинейным и закон Бугера в интегральной форме не выполняется (при использовании мощных импульсных источников возбуждения), для корректной интерпретации экспериментальных значений оптического пропускания растворов и исследования динамики населенностей электронных состояний необходимы теоретический расчет предполагаемой схемы электронных состояний и использование дифференциального закона Бугера для тонких оптических слоев.

Интересным результатом исследований *транс*-стильбена явилось получение генерации в этанольном и гексановом растворах при накачке эксимерным ХеСІ-лазером (Л.Г. Самсонова, СФТИ, г. Томск). Показано, что использование неполярного растворителя и нефтяных заместителей приводит к увеличению квантового выхода флуоресценции и эффективности генерации.

Исследованию пространственно-угловых характеристик излучения лазеров на красителях с ламповой накачкой при различных температурных режимах активного элемента был посвящен доклад В.В. Маслова (Институт радиофизики и электроники, г. Харьков, Украина). Наибольшее внимание в своем сообщении сотрудник этого же института В.В. Шевченко уделил выбору параметров и режимов работы импульсных ксеноновых ламп, исследованию спектрально-временных характеристик при мощных разрядах микросекундной длительности.

В последние годы в мире возрос интерес к твердотельным лазерно-активным средам (ЛАС) на основе органических соединений. Перспективность разработки и создания твердотельных ЛАС, генерирующих в сине-зеленом диапазоне спектра при накачке излучением ХеСІ-лазера, а также в красном диапазоне при накачке излучением лазера на парах меди, была продемонстрирована Т.Н. Копыловой (СФТИ, г. Томск). Кроме того, такие среды компактны и нетоксичны, что делает их более удобными для использования в практических задачах, они являются интересным объектом для решения одной из фундаментальных проблем фотофизики – разработки методов управления процессами преобразования энергии. Целена-

правленному синтезу полимеров – бифлуорофоров, на которых возможен селективный процесс размена энергии электронного возбуждения в твердых и жидких средах, был посвящен доклад В.И. Южакова (МГУ, г. Москва).

Предметом дискуссий стали доклады, посвященные изучению фотофизики и фотохимии фенолов. Сложность фотопревращений, происходящих под действием УФ-облучения в водных средах с загрязняющими примесями, приводит к настоятельной необходимости анализа и контроля таких явлений. В обзорном докладе И.В. Соколова (СФТИ, Томск) подробно остановилась на фотохимических методах решения экологических проблем гидросферы. Наибольшее внимание было уделено фенолам, относящимся к наиболее распространенным загрязнителям окружающей среды во всем мире. О.К. Базыль (СФТИ, г. Томск) в своем сообщении, используя методы квантовой химии, рассмотрела влияние комплексообразования на фотолиз фенола и его хлорзамещенных и сделала вывод, что наблюдаемая экспериментально зависимость квантового выхода флуоресценции водных растворов фенола есть результат увеличения вероятности фоторазрыва ОН-связи с ростом энергии возбуждения. Ю.П. Морозова (ТГУ, Томск) рассмотрела влияние акцепторной способности смешанных растворителей на флуоресцентные свойства фенола.

В ряде докладов были представлены результаты квантово-химических расчетов спектрально-люминесцентных свойств органических соединений. В докладе В.Я. Артюхова (СФТИ, Томск) сделан вывод, что экспериментальные флуоресцентные характеристики органических соединений, содержащих стирильную группу (C=C=C), соответствуют протеканию реакции фотоизомеризации через линейное строение этой группы («бутадиеновая» модель). Н.Ю. Васильевой (СФТИ, г. Томск) теоретически рассмотрены аспекты влияния изменения геометрии возбужденного состояния на спектральные характеристики замещенных *para*-терфенила.

В работе секции принимали активное участие молодые ученые, аспиранты и студенты физического, радиофизического и химического факультетов Томского государственного университета.

Секция «Физические процессы в газовых лазерах»

Секция охватывает широкий круг вопросов, связанных с физикой активных сред. Важнейшие из них:

- механизм формирования инверсии;
- оптимизация активных сред;
- повышение эффективности газовых и плазменных лазеров.

По данному разделу конференции было заявлено 34 научных доклада, из них 12 устных и 22 стендовых.

В ряду первых были представлены два приглашенных доклада с участием сотрудников школы С.И. Яковленко (ИОФ РАН, г. Москва). В докладе С.И. Яковленко и А.М. Бойченко был дан обзор исследования кинетики активных сред плазменных лазеров на основе эксимерных молекул. Потенциальные возможности эксимерных лазеров в настоящее время далеко не исчерпаны. Подробный анализ их активных сред позволяет также разобраться в ряде ключевых вопросов, возникающих при рассмотрении физики эксимерных лазеров. Доклад А.В. Карелина и В.В. Порхаева был посвящен проблеме создания лазеров с

ядерной накачкой. Предложены новые лазеры на переходах атомов углерода, кислорода, азота и хлора.

Авторы Ю.И. Бычков, С.Л. Горчаков и А.Я. Ястремский представили на конференцию один устный и два стендовых доклада по теме «Объемный электрический разряд в газовых смесях, содержащих SF₆». Исследования выполнены в лаборатории газовых лазеров ИСЭ СО РАН. В докладах изложены результаты экспериментальных и теоретических исследований электрического разряда в элегазе, а также в смесях SF₆ с водородом H₂ и гексаном C₆H₁₄.

Установлено, что пространственная неоднородность объемного плазменного столба создается в начальной стадии формирования разряда. Относительная однородность зависит от плотности катодных пятен. Так, при плотности пятен $\approx 20 \text{ см}^{-2}$ перекрытие диффузных факелов обеспечивает хорошую однородность плазмы в объеме. Максимальная плотность тока при хорошей однородности составляла 700 А/см². В этих же докладах предложена модель развития плазменного канала, выполнены численные расчеты, а также обсуждаются физические процессы, влияющие на развитие плазменных каналов.

К.Н. Фирсов от коллектива авторов с участием В.В. Апполонова, С.Ю. Казанцева и А.В. Сайфулина (ИОФ РАН, г. Москва) представил новые исследования самоиницирующегося объемного разряда в смесях SF₆ с углеводородами для возбуждения нецепных HF/DF-лазеров.

В докладе А.М. Янчариной (СФТИ) «Электронно-пучковая плазма. Лазеры и технологии» обсуждаются уникальные свойства рекомбинационно-неравновесной плазмы, возбуждаемой сформированным в разряде низкоэнергетичным ($2 \div 10 \text{ кэВ}$) электронным пучком. Представлены характеристики активных сред на основе газовых смесей инертных и молекулярных газов, а также параметры пеннинговских плазменных лазеров на переходах атомов гелия и неона. Показана возможность получения генерации на ряде новых переходов атома гелия. Рассмотрены также перспективы использования плазмы для технологий.

В докладе И.И. Климовского и В.А. Щеглова (ИВТ РАН, г. Москва) сделан аргументированный прогноз возможности создания нового класса лазеров на отталкивательных термах двухатомных разлетных молекул.

А.Р. Сорокин (ИФП СО РАН, г. Новосибирск) обсуждает перспективы использования открытого разряда для накачки газовых лазеров. Важной особенностью этого разряда является возможность получения в коротких ($\sim 10 \text{ нс}$) импульсах высоких ($\sim 50 \text{ А/см}^2$) плотностей тока электронов пучка с энергиями порядка нескольких кэВ.

В докладе Т.М. Горбуновой (ТГУ) обсуждаются ионизирующие волны градиента потенциала при пробое наносекундными импульсами длинных разрядных промежутков, используемых в ЛПМ. Установлено, что в активной среде Cu-лазера, работающего в режиме саморазогрева, сверхизлучение на линиях с $\lambda = 510$ и 570 нм имеет ярко выраженную временную структуру, сопоставимую с немонотонной структурой импульса тока, характерной для волнового пробоя.

Оригинальные исследования представлены в двух докладах Ю.А. Толмачева (Санкт-Петербургский университет). В первом из них в соавторстве с Ю.А. Пиотровским обсуждается возможность возникновения суперлюминесценции в солнечной атмосфере. Приводятся данные о наблюдении аномального усиления яркости свечения Солнца в спектрально-селективных областях. Рассмотрена возмож-

ность интерпретации указанных аномалий как результата усиления спонтанной эмиссии линий HeII в инверсной среде. В качестве причины возникновения инверсии предполагается контакт горячей плазмы (T порядка 1 000 000 К) с относительно холодными слоями атмосферы. Основной процесс селективного возбуждения – перезарядка двукратных ионов гелия на атомах водорода.

В докладе М.К. Лебедева и Ю.А. Толмачева, посвященном дифракции ультракороткого светового импульса, формулируется задача анализа процесса дифракции дельтаобразного возмущения на двух типовых диафрагмах узкой щели и круглом отверстии. Приводятся доказательства того, что отклик систем состоит из двух компонентов: полей прошедшей волны и рассеянной краями отверстия. Фурье-образы полученных решений асимптотически переходят в известные соотношения для монохроматических волн.

Доклад Е.П. Скороход с соавторами (Московский авиационный институт) посвящен изучению распределения возбужденных атомов в неравновесной плазме благородных газов. Численным методом проведено решение системы нелинейных уравнений, и получены фазовые диаграммы метаравновесных состояний Ag, Kr, Xe. Представлены характерные распределения возбужденных состояний стационарной аргоновой плазмы, а также экспериментальные распределения возбужденных состояний иттрия, полученных в условиях эрозийной плазменной струи сильноотоочного разряда в капилляре (Y_2O_3).

В работах В.П. Демкина, О.Г. Ревинской (ТГУ) и Л.В. Горчакова (ТГПУ, г. Томск) исследовано влияние столкновительного электронного возбуждения на контур излучения спектральных линий и представлены новые данные об абсолютных силах линий, полученных в кулоновском приближении.

Представляют интерес экспериментальные данные, указанные в докладе А.А. Черненко (ИФПП СО РАН, г. Новосибирск) о наблюдении инверсной населенности на переходах ряда уровней HeI и HeII в буферной зоне мощного капиллярного разряда. Обсуждается также возможность использования этой плазмы для создания активных сред ВУФ-лазеров.

В докладе В.А. Чурикова (ТГПУ, г. Томск) обсуждаются возможные изомеры для создания гамма-лазеров и предложены некоторые новые изомеры для их экспериментальной реализации.

Секция «Лазерные системы и их применения»

На секции было представлено 15 устных и 20 стендовых докладов. Тематика докладов была достаточно широкой. Рассматривались вопросы создания новых лазерных систем для медицины, лазерного разделения изотопов, дистанционного зондирования параметров атмосферы и лазерных навигационных систем, лазерного телевидения и т.д. Несколько докладов было посвящено исследованию новых эффектов, сопровождающих использование мощного лазерного излучения.

Устное заседание секции открылось докладом А.Н. Солдатова «Лазерные системы на парах металлов с управлением через электронную компоненту плазмы», в котором дан обзор методов и устройств, позволяющих, с одной стороны, оптимизировать генерационные характеристики, а с другой – производить высокоскоростное управление основными выходными лазерными параметрами:

энергией, мощностью, частотой следования импульсов генерации, цветностью излучения и т.п. Новые технические подходы в управлении лазерными параметрами позволили экспериментально продемонстрировать рекордные характеристики в удельных съемах мощности (2 Вт/см^3 для диаметра 4–6 мм, $0,2 \pm 0,3 \text{ Вт/см}^3$ для диаметра 25–35 мм), частотах следования импульсов в лазерах на парах металлов 150–270 кГц, а также физический КПД лазера на парах меди – 9%. В докладе были также приведены новые разработки лазеров на парах металлов и красителя для медицины, лазерной светотерапии и др.

Одной из отличительных особенностей томской конференции является обилие докладов, связанных с исследованием и применением лазеров на парах металлов (ЛПМ). Данная конференция не стала исключением. На секции более 10 докладов были посвящены медицинским применениям ЛПМ. Среди них отметим доклады В.А. Евтушенко (НИИ онкологии РАМН), посвященные применениям низкоинтенсивной лазерной терапии для лечения детей со злокачественными новообразованиями, в комплексных реабилитационных мероприятиях больных, оперированных по поводу рака желудка, с хроническими заболеваниями легких и т.д. Следует отметить, что в указанных работах идет, с одной стороны, постоянное появление новых методов лечения, с другой стороны, уже внедренные методы лечения год от года набирают статистику по эффективности лечения в клинике. Общее количество больных, получивших лазерную терапию в НИИ онкологии г. Томска, составляет более 2 тыс. человек.

Среди работ по применению лазеров в медицине стоит отметить доклады ученых ИОА СО РАН и Института курортологии РАМН Е.П. Гордова и Е.Д. Мельченко, прозвучавшие от коллектива авторов. В первом случае в докладе, посвященном ревазуляризации миокарда, предложено использовать лазер на алюмоиттриевом гранате, который оказался более перспективным для указанных целей, чем CO_2 -лазер большой мощности. В работе экспериментально показан более заметный рост капиллярной сети в окрестностях новых каналов.

Интересные результаты были представлены в трех докладах С.М. Кобцева (Новосибирский госуниверситет), посвященных исследованию лазерных спектрометров на Ti-сапфире с накачкой лазером Ag^+ и одночастотной лазерной системы с накачкой Cu-лазером, предназначенной для лазерного разделения изотопов. Если работы по Ti-сапфиру были продолжением более ранних работ, связанных с разработкой спектрометра фемтосекундного диапазона, то во втором случае докладывались совершенно новые эксперименты по созданию мощной одночастотной лазерной системы краситель + ЛПМ с суммарной мощностью в нескольких линиях 15–29 Вт при мощности накачки лазера на парах меди 60–80 Вт.

Одним из вопросов, который часто обсуждается в дискуссиях о создании лазерного телевизора с большим экраном, является проблема генерации с высокой эффективностью в синей области спектра. В докладе М.А. Казаряна (ФИ РАН, Москва) были приведены новые результаты в получении генерации на $\lambda = 450 \text{ нм}$ путем нелинейного преобразования во II гармонику генерации на Ti-сапфире с накачкой лазером на парах меди с промышленным активным элементом ГНПП «Исток».

Несколько докладов было посвящено применению лазеров к исследованию окружающей среды. В докладе В.Д. Бурлакова (ИОА СО РАН) приведены новые результа-

ты по зондированию облачности с использованием Су-лазера. От имени коллектива авторов Института лазерной физики СО РАН А.Н. Малов представил мощный перестраиваемый ТЕА CO₂-лазер для ИК-лидара дифференциального поглощения.

На секции были представлены результаты по лазерным методам наведения транспортных средств (Г.А. Калошин, ИОА СО РАН), по спектроскопическому обеспечению лазерной диагностики нагретых газов CO, CO₂, H₂O (О.К. Войцеховская, ТГУ), по механизму деградации поверхности GaAs при воздействии УФ-лазерного излучения, а также по конструированию конкретных лазерных систем. Новые научные результаты, доложенные на секции, позволяют надеяться на перспективное развитие прикладных исследований в смежных областях с направлением лазерной физики.

Секция «Некогерентные источники УФ- и ВУФ-излучения, преобразование лазерного излучения»

Особенностью данной секции было всестороннее обсуждение результатов, полученных представителями пяти научных групп из Германии, Франции и России при выполнении проекта ИНТАС-96-351. Основной научной задачей проекта было изучение природы излучения третьего континуума в инертных газах.

В докладе Э. Роберта К. Кокончинла, Ж.-М. Пувесли (Франция), А.В. Феденева, В.Ф. Тарасенко (Россия), Ж. Визера, А. Ульриха (Германия) «Сравнительный анализ молекулярных ионных континуумов инертных газов, возбуждаемых рентгеновским импульсным излучением, электронным и ионным пучками» было показано, что третьи континуумы состоят из большого числа отдельных полос, условия появления которых зависят от давления газа и не зависят от способа накачки жестким ионизатором.

А.М. Бойченко с соавторами в докладе «Природа третьих континуумов в инертных газах» (ИОФ РАН, Москва; ИСЭ СО РАН, Томск) представил подробный анализ основных процессов, влияющих на образование и излучение однозарядных и двухзарядных молекулярных ионов, и показал, что при повышенных давлениях (~1 атм и выше) в УФ-области спектра основной вклад в излучение третьих континуумов дают однократно заряженные молекулярные ионы.

В докладе Ж. Визера, М. Салвермозера, А. Ульриха, А.В. Феденева «Новые подходы к объяснению третьих континуумов эксимеров инертных газов» (Германия, Мюнхен, Технический университет; Россия, Томск, ИСЭ СО РАН) была приведена динамика излучения отдельных полос третьих континуумов в различные промежутки времени при накачке импульсным ионным пучком наносекундной длительности, определено положение отдельных перекрывающихся полос. Высказано предположение, что молекулярные ионы, дающие излучение в третий континуум, образуются в основном при участии двухкратно ионизованного иона инертного газа.

Измерение энергии, излучаемой в третьих континуумах ксенона и криптона, было сделано в работе А.В. Феденева и В.Ф. Тарасенко (ИСЭ, Томск). В докладе «Эффективность излучения третьих континуумов инертных газов», представленном А.В. Феденевым, было показано, что при накачке пучком электронов доля энергии, излучаемая в третьих континуумах во время действия пуч-

ка электронов и в ближнем послесвечении, меньше 0,5% энергии пучка электронов, вложенной в газ.

В докладе М.И. Ломаева с соавторами «Широкополосное УФ-излучение в неоне при накачке пучком и разрядом» (ИСЭ СО РАН, Томск) были приведены результаты экспериментальных исследований амплитудно-временных и спектральных характеристик излучения с широкой полосой от 200 до 500 нм в неоне и было показано, что при увеличении давления в длинноволновой области спектра появляется новая полоса. Интенсивность излучения этой полосы при увеличении давления от 1 до 5 атм возросла примерно в 5 раз.

Группа авторов (Б. Лакур и др.) из Университета Орлеан (Франция) исследовала УФ-свечения аргоновых струй в окружающем воздухе, возбуждаемом импульсным рентгеновским излучением.

Доклад А.В. Феденева, В.С. Скакуна и В.Ф. Тарасенко «Третий континуум в Ag и Kг при накачке электронным пучком и разрядом, инициируемым электронным пучком» (ИСЭ СО РАН, Томск) был посвящен исследованиям влияния электрического поля на интенсивность и спектр излучения третьих континуумов.

Второй широко представленной темой докладов на данной секции были исследование и создание источников спонтанного излучения различных спектральных диапазонов, для накачки которых использовались различные виды разрядов. Так, большой интерес вызвал доклад Р. Зи (R. Sze) из Лос-Аламосской национальной лаборатории (США) «Некогерентный источник света для фотодинамической терапии, излучающий в красной области спектра», в котором были приведены интересные результаты по получению мощного спонтанного излучения в неоне при повышенных давлениях и в смесях инертных газов с щелочными металлами.

Г. Зверева (Государственный оптический институт им. С.И. Вавилова, Санкт-Петербург) привела результаты по моделированию барьерного разряда в ксеноне.

В докладе Р.П. Милдрена и др. «Сравнение методов возбуждения для Хе эксимерных ламп с барьерным разрядом» (Австралия) экспериментально было показано, что при переходе к коротким импульсам накачки эффективность излучения димеров ксенона существенно возрастает.

Большой объем результатов, посвященных исследованию источников спонтанного излучения, был представлен в докладах сотрудников ИСЭ СО РАН, Томск: М.И. Ломаев и др. «Эксилампы, накачиваемые емкостным разрядом»; В.С. Скакун и др. «Источники мощного УФ-излучения с малой длительностью импульса»; М.В. Ерофеев и др. «Время жизни рабочей смеси ХеС1- и КгС1-эксиламп», а также в совместных докладах с другими лабораториями России (ИОФ РАН, Москва) А.М. Бойченко, В.С. Скакун, Э.А. Соснин, В.Ф. Тарасенко, С.И. Яковленко «Излучение КгС1-, ХеС1-ламп в барьерном разряде» и США (Лоуренсовская Ливерморская национальная лаборатория) М.И. Ломаев и др. «УФ-источники света и их применение для оксидации радикалов и прямого фотолитиза в воде».

Значительный интерес был к работам, посвященным преобразованию лазерного излучения в различных средах. Отметим доклады сотрудников Института оптического мониторинга СО РАН (Томск) по исследованию, созданию и использованию кристаллов для преобразования лазерного излучения: А.И. Грибенюков, Г.А. Верозубова, В.В. Короткова «Состав расплава и оптическая прозрач-

ность кристаллов $ZnGeP_2$; А.И. Грибенюков, Г.А. Верозубова, В.В. Короткова, Ю.Ф. Иванов, Ю.П. Миронов «Дефекты структуры твердого раствора $Cd_{0,75}Mn_{0,25}Te$ »; Ю.М. Андреев, В.В. Бадиков, А.В. Верник, П.П. Гейко, А.И. Гусамов, В.М. Петров «Получение второй гармоники импульсного CO_2 -лазера с помощью нового $AgGa_xIn_{1-x}Se_2$ нелинейного кристалла» и Ю.М. Андреев, В.Г. Воеводин, П.П. Гейко, А.И. Гусамов, В.М. Петров «АП-конверсия сигналов CO_2 -лазера».

Внимание участников конференции привлекло сообщение Ф.Т. Коха, Н.Г. Кононовой, А.М. Юркина, Е.Г. Самойловой, Т.А. Лисовой «Получение нелинейно-оптических кристаллов ВВО и CLVO для преобразования лазерного излучения в условиях распределенного нагрева боковых стенок ростового тигля» (Институт минералогии и петрографии РАН, Новосибирск).

В докладе Н.Г. Иванова, В.Ф. Лосева и В.Ф. Прокопьева «Преобразование высококогерентного излучения ХеСl-лазера при ВКР в газообразном водороде» (ИСЭ СО РАН, Томск) были проведены исследования преобразования высококогерентного пучка ХеСl-лазера

в водороде. Получены стоксовы пучки с предельными расходимостью (близкой к дифракционному пределу) и шириной линии $0,01 \text{ см}^{-1}$. Фотонная эффективность преобразования излучения накачки в первую стоксову компоненту составила 95%.

В работах В.Н. Иванова и А.М. Ласицы (Омский государственный технический университет) были описаны генерация гармоник лазерного излучения в ударной волне ансамблем трехуровневых атомов, влияние звуковых и низкочастотных электромагнитных волн, распространяющихся в веществе, на спектральный состав рассеянного лазерного излучения

Доклады, представленные на конференцию, публикуются в тематических выпусках сборника SPIE (2000) и журнала «Оптика атмосферы и океана» (№11, 1999 и №3, 2000), а также в журнале «Квантовая электроника».

На заседании Оргкомитета, которое состоялось 7 октября 1999 г., было решено провести следующую, V Международную конференцию по импульсным лазерам на переходах атомов и молекул (AMPL'01) в сентябре 2001 года в г. Томске.

G.S. Evtushenko, T.N. Kopylova, A.N. Soldatov, V.F. Tarasenko, S.I. Yakovlenko, A.M. Yancharina. IV International Conference «Atomic and Molecular Pulsed Gas Lasers» (AMPL'99).

The most interesting reports are reviewed presented at the Conference «Atomic and Molecular Pulsed Gas Lasers» (AMPL'99) held in Tomsk (Russia) from September 13th to the 17th, 1999.