

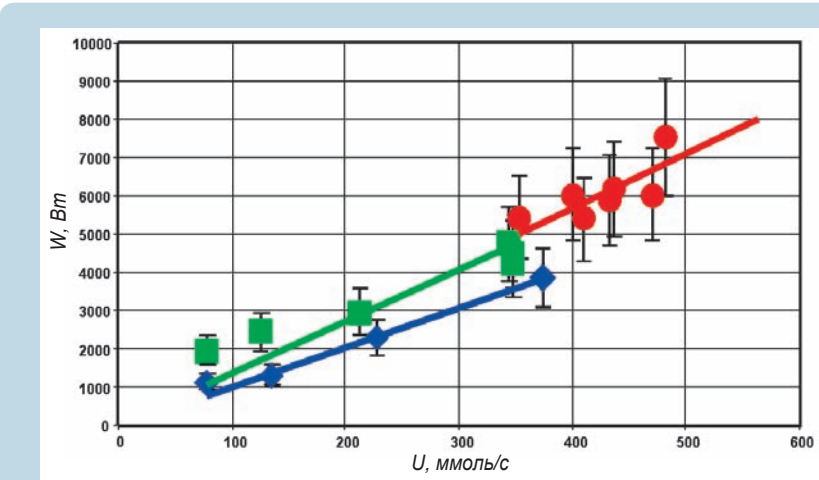
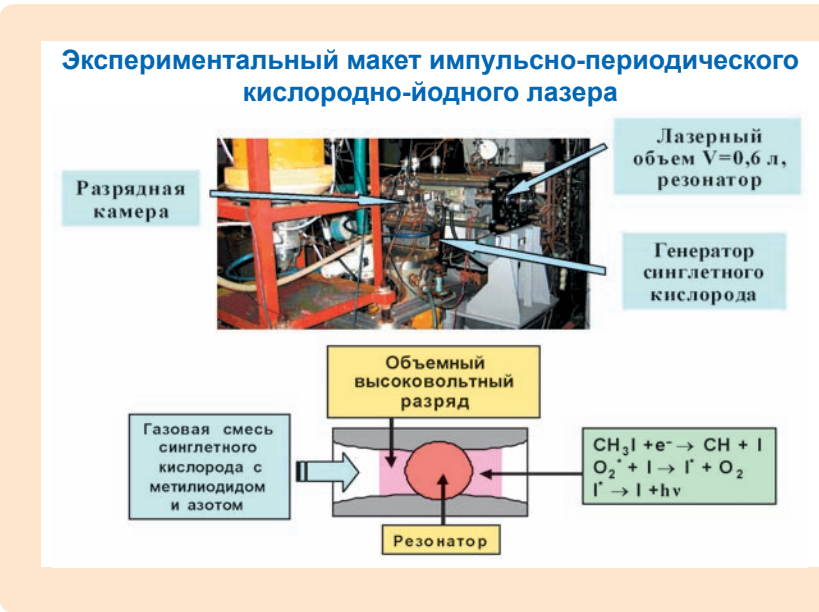
ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНО-ФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ (ИЛФИ)

Разработан малогабаритный импульсно-периодический кислородно-йодный лазер (ИП-КИЛ) с объемом активной зоны 50 × 50 × 250 мм.

Исследованы зависимости энергии излучения лазера в единичном импульсе от расхода хлора и соотношения активных и буферных веществ в лазерном объеме (кислород, остаточный хлор, азот, гелий, метилиодид), а также электрической энергии, вкладываемой в среду.

Параметры излучения лазера при расходе хлора 65–80 ммоль/с

Средняя энергия излучения в импульсе	1,0 Дж
Среднеквадратичное отклонение энергии в единичных импульсах от среднего значения энергии в серии импульсов	± (3–5)%
Максимальный удельный энергоотдачу в рабочей среде	1,7 Дж/л
Частота повторения импульсов	до 20 Гц
Длительность импульса генерации (по полувысоте)	10–30 мкс
КПД (отношение энергии излучения к вложенной в среду электрической энергии)	60–70 %



Зависимость полной мощности генерации от расхода хлора при различных значениях критического сечения сопла:
◆ — h = 8 мм; ■ — h = 10 мм; ● — h = 12 мм

Отработан модуль генератора синглетного кислорода с закрученным потоком газа (ЗГСК); продемонстрирована устойчивая работа реактора при расходе хлора до 560 ммоль/с, рабочего раствора 1,2 л/с, давлении газа до 120 торр, скорости газа ~120 м/с, выходе синглетного кислорода более 90 % и степени выработки хлора ~ 87 %.

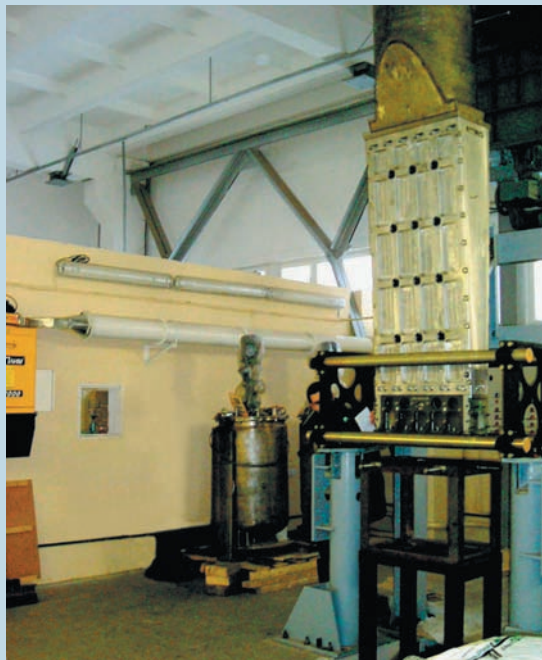
Проведены экспериментальные исследования энергетических характеристик сверхзвукового КИЛ совместно с модулем ЗГСК стенда КИЛ-10. Использовались плоские сопла с высотой критического сечения 8, 10 и 12 мм при давлении газа на входе в сопло до 90 торр. В экспериментах при расходе хлора ~ 480 ммоль/с, скорости газа в реакторе ~ 120 м/с и давлении газа на входе в сопло ~ 90 торр максимальная мощность генерации КИЛ составила ~ 8 кВт, что отвечает приведенной мощности излучения ~ 240 Вт/см².

Проведены исследования абсолютной концентрации, выхода и энергетической эффективности наработки синглетного кислорода в движущемся СВЧ-разряде в чистом кислороде и его смесях с гелием при парциальном давлении кислорода от 3 до 15 торр с использованием окиси ртути для удаления атомарного кислорода из газового потока. Для

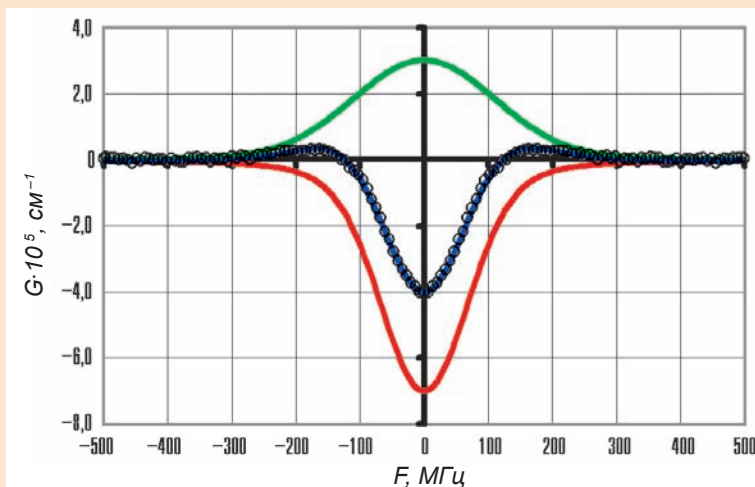
смеси $O_2:He = 1:1$ при полном давлении 6 торр получена максимальная абсолютная концентрация синглетного кислорода $\sim 1,15 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$ и выход $\sim 22\%$ при удельном энергокладе $\sim 150 \text{ Дж/ммоль}$. Энергетическая эффективность наработки синглетного кислорода составляла $\sim 12\%$.

Впервые в России в электро-разрядном КИЛ получен положительный коэффициент усиления активной среды $((4-6) \cdot 10^{-6} \text{ см}^{-1})$. Показано, что экспериментальные данные хорошо описываются суммой двух фойхтовских контуров: контура усиления для температуры 310 K и контура поглощения для температуры 95 K. Исходя из полученных результатов, оценены усиление и поглощение активной среды в центре контура, которые соответственно составили $3 \cdot 10^{-5} \text{ см}^{-1}$ и $-7 \cdot 10^{-5} \text{ см}^{-1}$.

Проведено экспериментальное и расчетно-теоретическое исследование возможности фазового сложения двухканального взрывного фотодиссоционного лазера (ВФДЛ) с ВРМБ-зеркалом в условиях турбулентной атмосферной трассы. Расстояние между осями каналов составляло 31 см. Источник излучения в виде диафрагмы диаметром 0,6 см, из которой выходит излучение взрывного задающего генератора, расположен на расстоянии 2,5 км от входа в блок усилителей. Полученное экспериментальное распределение плотности энергии в плоскости диафрагмы представляет собой интерференционную картину, характерную для фазового сложения излучения двух каналов (ширина полосы в картине согласуется с расстоянием между каналами). Расчетное распределение плотности энергии в плоскости диафрагмы, полученное в условиях умеренной атмосферной турбулентности, хорошо согласуется с экспериментальной картиной по общей ширине распределения и ширине полосы. В соответствии с рас-



Экспериментальная установка кислородно-йодного лазера КИЛ-10 в рабочем помещении

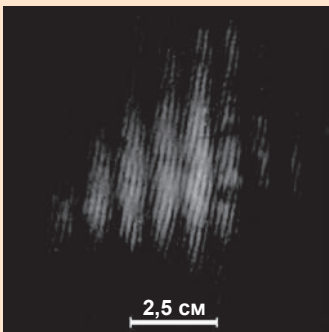


Экспериментальные и расчетные фойхтовские контуры поглощения и усиления активной среды: \circ — эксперимент; — — — расчет, $T=310 \text{ K}$; — — — расчет, $T=95 \text{ K}$

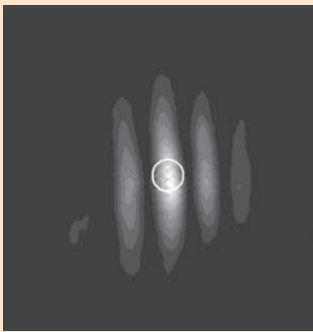
четами максимальная плотность энергии в плоскости диафрагмы увеличивается более чем в 4 раза по сравнению со случаем одноканального ВФДЛ — и в однородной, и в умеренно турбулентной атмосфере.

Экспериментально подтверждено предсказанное ранее новое явление — отсутствие обра-

щения волнового фронта (ОВФ) при ВРМБ сфокусированных лазерных пучков с винтовой дислокацией волнового фронта (вихревых мод Гаусса — Лагерра). ОВФ вихревых пучков не наблюдается из-за отсутствия селективной моды, сопряженной лазерной моде. Это происходит вследствие того, что коэффици-



а



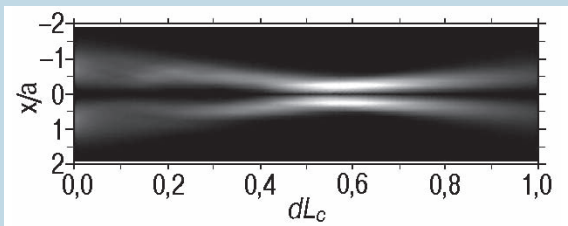
б

Распределение плотности энергии излучения ВФДЛ в плоскости диафрагмы задающего генератора в эксперименте (а) и расчете (б)

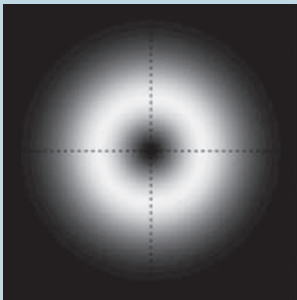
вое явление, названное преобразованием волнового фронта при ВРМБ. Его суть заключается в том, что в стоксовом пучке селектируется мода с регулярным фазовым фронтом, которая ортогональна лазерной моде. В режиме ВРМБ, близком к пороговому, селектируемая мода близка к основной гауссовой моде.

Реализован лабораторный рентгеновский лазер (РЛ) на переходе 3p-3s Ne-подобного Ge ($\lambda = 19,6$ нм) в квазистационарной схеме со столкновительной накачкой. Активная среда РЛ реализуется в плазме, образующейся при фокусировке

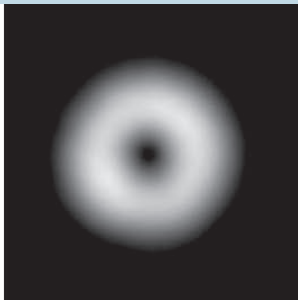
енты усиления стоксовой сопряженной моды и аналогичной моды с обратной спиральностью одинаковы. Поэтому стоксов пучок представляет собой случайную комбинацию нескольких мод, включая сопряженную. Для достаточно широкого класса вихревых пучков наблюдается но-



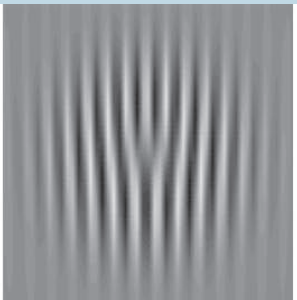
Сфокусированный в кювету ВРМБ вихревой лазерный пучок (LG_0^1 мода)



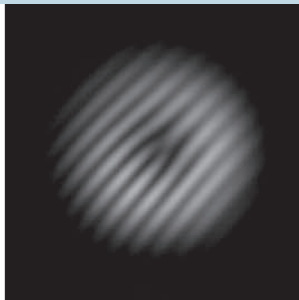
а



б

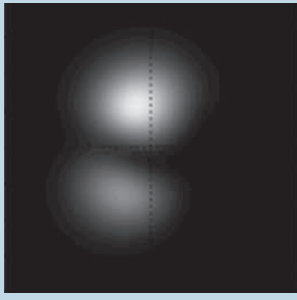


в

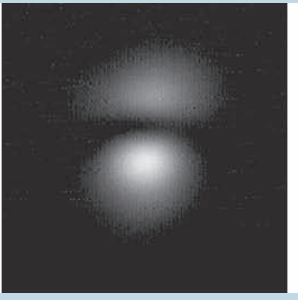


г

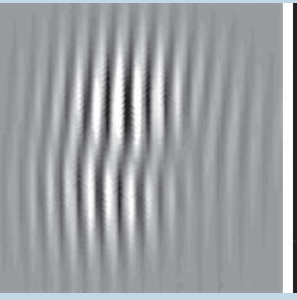
Распределение интенсивности вихревого лазерного пучка (а, б) и картина его интерференции с наклонно падающей плоской волной (в, г) в расчете (а, в) и эксперименте (б, г)



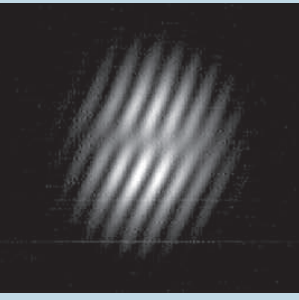
а



б



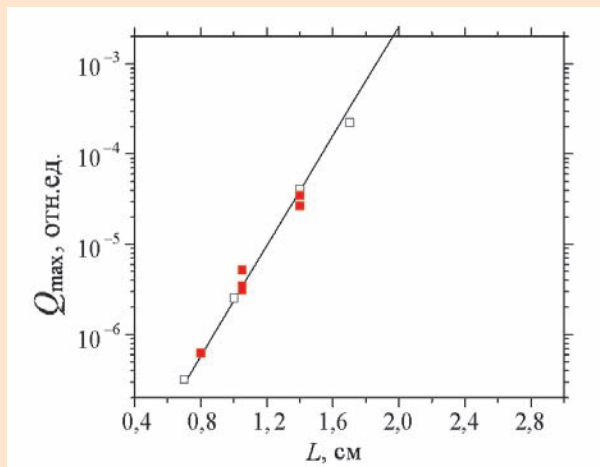
в



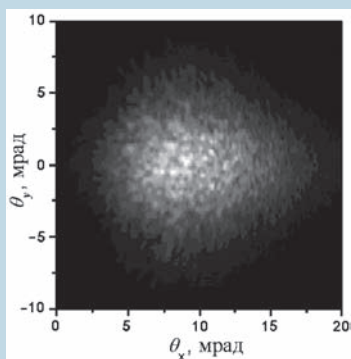
г

Распределение плотности энергии стоксова пучка (а, б) и картина его интерференции с наклонно падающей плоской волной (в, г) в расчете (а, в) и эксперименте (б, г)

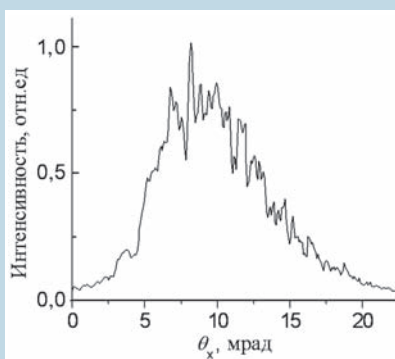
излучения одного из каналов лазерной установки «Искра-5» в строчку шириной около 200 мкм на плоской мишени. Длительность импульса накачки 0,5 нс, энергия 300 Дж. Мишень представляет собой плоскую стеклянную пластину длиной до 1,4 см с германиевым покрытием толщиной 0,15 мкм. Получено, что наблюдаемый коэффициент усиления РЛ составляет 7 см^{-1} , расходимость рентгеновского лазерного излучения 10 мрад, смещение пучка относительно оптической оси из-за рефракции 10 мрад. Трехмерное расчетное моделирование показало хорошее согласие с экспериментальными данными. Расчеты показа-



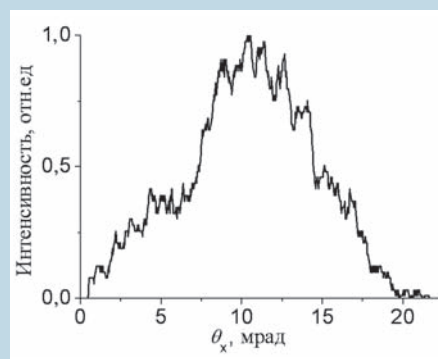
Зависимость спектральной яркости усиленного спонтанного излучения от длины мишени в расчетах (\square) и эксперименте (\blacksquare)



а



б



в

Пучок рентгеновского лазерного излучения в дальней зоне в расчете (а, б) и эксперименте (в)

ли, что использование в схеме РЛ рентгеновского зеркала с отражательной способностью 10% и организация двухпроходного режима усиления позволят в 10-20 раз повысить яркость излучения РЛ и существенно увеличить длину поперечной когерентности усиленного спонтанного излучения (УСИ), что важно для приложений.

На базе полупроводниковой камеры ионизационного типа и многокадровой электронно-оптической камеры разработан многокадровый регистратор излучения в ИК-диапазоне. Области применения регистратора:

- диагностика излучения импульсных, импульсно-периоди-

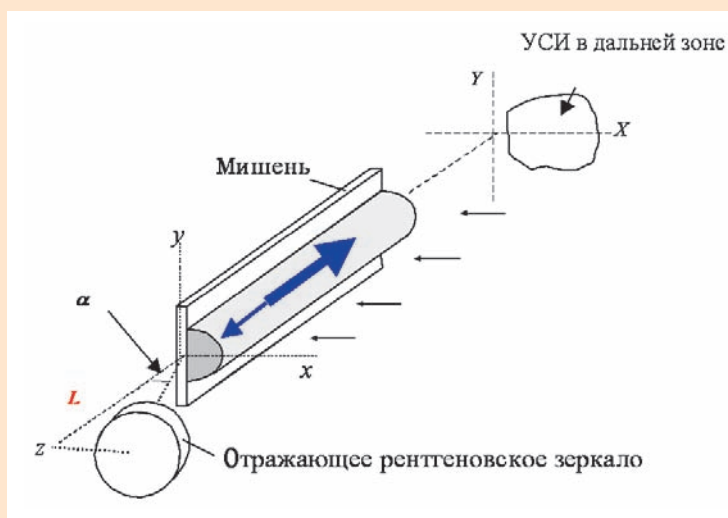
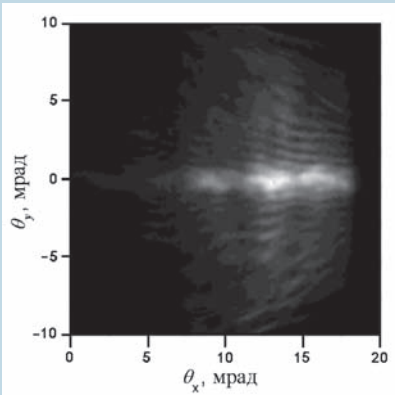
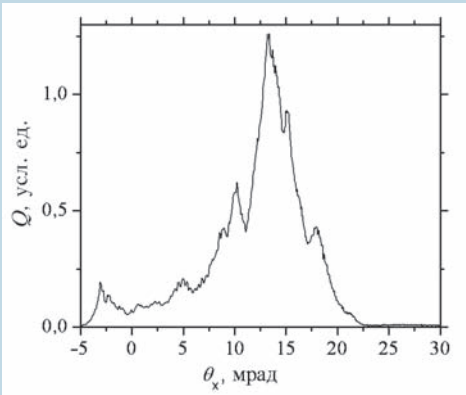


Схема РЛ с отражающим зеркалом



а

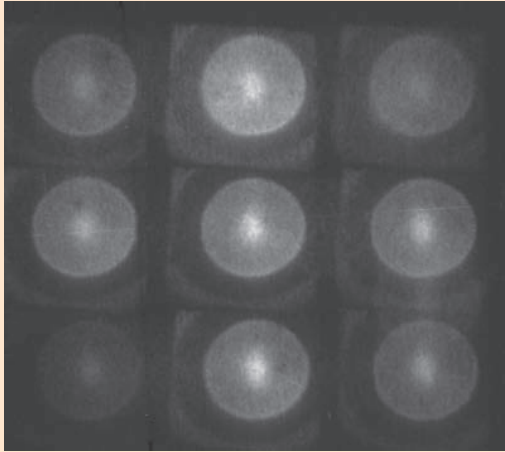


б

Расчетное распределение плотности энергии УСИ в дальней зоне (а) и ее срез по оси θ_x (б) при наличии зеркала в схеме РЛ



Многокадровый регистратор КИТ-3М



Пример регистрации (нагрев вольфрамовой фольги электроразрядом с тыльной стороны; частота кадров — 100 кГц)

- ческих и непрерывных лазеров ИК-диапазона;
- газодинамические исследования;
 - разработка новых промышленных технологий с использованием лазерной сварки, резки и закалки металлов;
 - дистанционная регистрация структуры тепловых полей тел при их ударном и аэродинамическом нагружении;
 - импульсная электродинамика.

Основные технические характеристики

Входная апертура приемника	20 мм
Спектральный диапазон чувствительности	1–10 мкм
Минимальная регистрируемая температура	300 °С
Порог регистрации ($\lambda = 3$ мкм)	$1 \cdot 10^{-7}$ Дж/см ²
Динамический диапазон регистрации	≥ 200
Число кадров	9
Время экспозиции кадра	0,5–20 мкс
Частота кадров	50–500 кГц
Пространственное разрешение	100 пар лин./кадр
Габариты	185 × 405 × 450 мм
Масса	13,5 кг
Энергопотребление	220 В, 30 Вт