## АКТИВНЫЕ СРЕДЫ

PACS 42.65.Ky; 42.79.Nv

# Преобразование излучения мощных XeCl*-лазеров растворами органических соединений

К.М.Дегтяренко, А.М.Ефремов, Т.Н.Копылова, Г.В.Майер, Л.Г.Самсонова, В.С.Скакун, В.Б.Суханов, В.Ф.Тарасенко, Е.Н.Тельминов, Е.А.Фомин

*Исследовалось преобразование излучения многоджоульных XeCl*-лазеров растворами органических соединений. Показаны преимущества использования жидкостных кювет с круговой накачкой для преобразования мощного УФ излучения. В кюветах с аксиконовыми отражателями получена энергия генерации на растворе кумарина 102 3.2 Дж с КПД преобразования 31%. Обсуждаются перспективы преобразования излучения с энергией накачки до 100 Дж.*

Проблема преобразования мощного излучения эксиплексных лазеров (с энергией в импульсе свыше 10 Дж) является довольно сложной в силу ряда причин, а именно: использование классических схем накачки (например, поперечной схемы с фокусировкой излучения накачки на кювету с красителем цилиндрическими линзами) приводит к разрушению кювет; необходимо создание лазерноактивных сред, способных преобразовывать мощный импульс накачки с высокой эффективностью, не распадаясь под действием мощного УФ излучения [1–3]; лазерные пучки эксиплексных лазеров должны обеспечивать при фокусировке однородную накачку растворов органических красителей. Вследствие этого для решения указанной проблемы необходимо разработать и создать, во-первых, оригинальные кюветы жидкостных лазеров и оптические схемы их накачки, во-вторых, новые высокоэффективные и фотостабильные лазерноактивные среды и, в-третьих, эксиплексные лазеры с высокой однородностью распределения мощности излучения в выходном пучке. Остановимся подробнее на решении первой задачи (решению двух других посвящены наши работы [2–4]).

Как уже упоминалось, тонкостенная жесткая прямоугольная кювета при фокусировке излучения эксиплексного лазера с энергией в импульсе свыше 1 Дж разрушается. Нами разработана прямоугольная разборная кювета, собирающаяся из кварцевых пластин толщиной 20 мм, которые уплотняются прокладками из силиконовой резины. Кювета закрепляется в металлическом корпусе и снабжена системой прокачки. Так как кювета разборная, то можно легко изменять глубину активной зоны; в наших экспериментах она составляла 3–4 мм. Кювета не разрушается под действием ударной волны мощного импульса накачки, поскольку силиконовая резина служит демпфером.

Функциональные возможности прямоугольной разборной кюветы исследовались при ее накачке излучением эксиплексных лазеров с энергией в импульсе ~100 Дж, длительностью импульса на полувысоте 200 нс, диаметром пучка выходного излучения 220 мм (лазер «ЭЛОН-1М» [4]) и с энергией в импульсе 8 Дж, длительностью импульса на полувысоте 100 нс, апертурой пучка выходного излучения 130 × 100 мм [5].

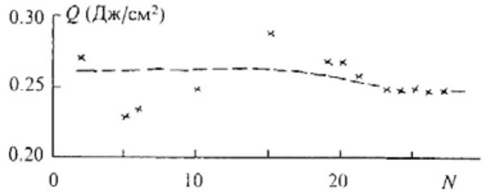


Рис.1. Зависимость плотности энергии излучения на $\lambda$ = 308 нм от числа импульсов для смеси состава Ar:Xe:HCl = 15 атм:20 Тор:2 Тор.

В лазере «ЭЛОН-1М» накачка осуществлялась четырьмя радиально-сходящимися пучками электронов, что обеспечивало равномерное распределение энерговклада по активному объему. Это в свою очередь облегчало формирование выходного лазерного пучка с однородным распределением энергии по его сечению. В отличие от лазера, описанного в [4], в данных экспериментах применялась горизонтальная установка вакуумного генератора импульсных напряжений, что позволило уменьшить высоту оптической оси лазерного пучка до 80 см. Отметим, что хотя в лазере «ЭЛОН-1М» общий объем лазерной камеры с рабочей смесью был всего в 1.8 раза больше, чем возбуждаемый объем, параметры излучения в отдельном импульсе длительное время сохранялись постоянными для одной порции смеси. На рис.1 приведена зависимость плотности энергии излучения от числа произведенных импульсов. Разница во времени между первым и последним импульсами составляла 7 ч. Данный эксперимент проводился параллельно с экспериментом по накачке жидкостных лазеров.

В качестве лазерноактивных сред использовались этанольные растворы кумарина 102 и аминокумарина с закрепленной аминогруппой УК15. На рис.2 приведены зависимости КПД преобразования указанных лазерноактивных сред от энергии $E_p$ и плотности мощности $P_p$ накачки.

Несмотря на то что кювета при вводе в нее энергии излучения до 100 Дж не разрушается, эффективность преобразования при повышении плотности мощности накачки резко падает (например, для кумарина 102 от 27% при $P_p$ = 2 МВт/см² до 2–4% при 35 МВт/см²). Причина этого, по всей вероятности, заключается в возникающих термических неоднородностях раствора,

Сибирский физико-технический институт им. В.Д.Кузнецова при Томском государственном университете, Томск

Поступила в редакцию 14 октября 1994 г.

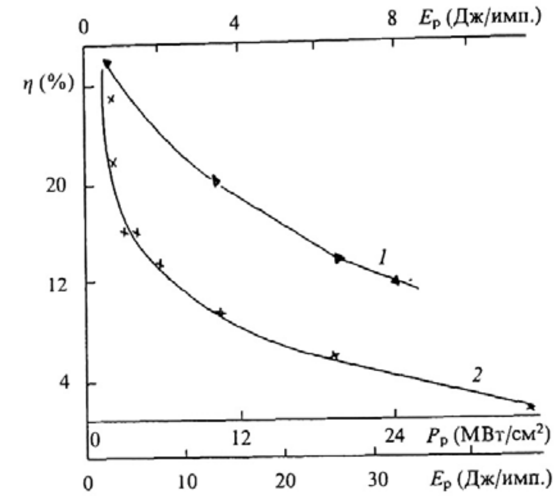


Рис.2. Зависимости КПД генерации $\eta$ от плотности мощности и энергии импульса накачки для этанольных растворов УК15 с концентрацией $C$ = 8 ммоль/л (*1*; верхняя шкала) и кумарина 102 с $C$ = = 3 ммоль/л (*2*; нижняя шкала).

так как форма и длительность импульса генерации красителя (кумарин 102) при $P_p$ = 2 и 10.4 МВт/см$^2$ практически не изменяются, что говорит об отсутствии при таких плотностях мощности накачки внутримолекулярных фотофизических процессов, приводящих к падению КПД. Это делает затруднительным использование прямоугольных кювет для преобразования мощных пучков, даже если не предъявлять особых требований к однородности пучка выходного излучения (неоднородность выходного излучения из прямоугольной кюветы велика; см. рис.3,*а*). Более перспективными оказались кюветы с круговой накачкой без фокусировки ее излучения цилиндрическими линзами [1, 2, 5].

Приведем результаты исследований преобразования излучения $XeCl^*$-лазера «ЭЛОН-1М» с помощью кюветы-конуса. В ее конструкции использовано свойство аксикона фокусировать падающее излучение в протяженный объем [6, 7]. При условии, что $\alpha \leqslant 1/2r_0$, где $\alpha$ – коэффициент поглощения красителя, $r_0$ – радиус объема с красителем, возможно получение дифракционного предела расходимости выходного излучения с высокой однородностью по поперечному сечению пучка. В качестве лазерноактивной среды использован этанольный раствор кумарина 102.

Возможно применение кювет двух типов: металлический (из алюминия) усеченный конус, на оси которого закреплена кварцевая трубка для раствора красителя (резонатор образован призмой полного внутреннего отражения и выходным окном кюветы, последняя снабжена системой прокачки), и кварцевый усеченный конус, по оси которого просверлена полость для раствора красителя.

Использование кюветы-конуса второго типа предпочтительнее, так как добиться высокой отражательной

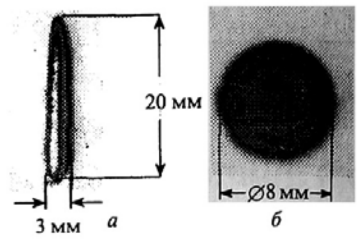


Рис.3. Поперечное сечение пучка излучения генерации красителя:
*а* – прямоугольная кювета, $E_p$ = 3.5 Дж, $\eta$ = 22%;
*б* – кювета-конус, $E_p$ = 10 Дж, $\eta$ = 31%.

способности поверхности алюминиевого конуса и избежать ее окисления трудно. Однако диаметр доступной для испытаний кварцевой кюветы-конуса был существенно меньше диаметра пучка накачки (90 и 220 мм соответственно). Диаметр полости для раствора красителя составлял 8 мм, активная длина – 45 мм. Это не позволяло преобразовывать всю энергию выходного излучения лазера «ЭЛОН-1М», однако все же был достигнут высокий КПД преобразования – 31 – 36% (при плотности мощности накачки на красителе 1 МВт/см$^2$). Получена максимальная энергия генерации красителя 3.2 Дж при высокой однородности выходного излучения (рис.3,*б*).

Таким образом, показано преимущество кюветы-конуса для преобразования мощного излучения эксиплексных лазеров (более 10 Дж в импульсе) с большой апертурой выходного излучения.


1. Копылова Т.Н., Майер Г.В. *Оптика атмосферы и океана*, **6**, 707 (1993).
2. Копылова Т.Н., Майер Г.В., Соколова И.В. В кн.: *Элементная база оптико-электронных приборов*. Под ред. В.Е.Зуева и М.В.Кабанова (Томск, МП «РАСКО», 1992, с. 101 – 130).
3. Копылова Т.Н., Кузнецова Р.Т., Фофонова Р.М., Самсонова Л.Г., Дегтяренко К.М. *ЖПС*, **52**, 845 (1990).
4. Абдулин Э.Н., Горбачев С.И., Ефремов А.М., Ковальчук Б.М., Логинов С.В., Скакун В.С., Тарасенко В.Ф., Толкачев В.С., Феденев А.В., Фомин Е.А., Щанин П.М. *Квантовая электроника*, **20**, 652 (1993).
5. Кабанов М.В., Тринчук Б.Ф., Копылова Т.Н., Дегтяренко К.М., Молчанов Д.Н., Китрис А.Н., Тельминов Е.Н. *Труды 5-й Междунар. конф. «Перестраиваемые лазеры»* (Байкал, 20 – 22 сентября 1989 г.; Новосибирск, Наука, 1990, т.1, с. 272 – 276).
6. Schäfer F.P. *Appl. Phys. B*, **39**, 1 (1986).
7. Kuhule G., Marowsky G., Reider G.A. *Appl. Optics*, **27**, 2666 (1988).


**K.M.Degtyarenko, A.M.Efremov, T.N.Kopylova, G.V.Maier, L.G. Samsonova, V.S.Skakun, V.B.Suhanov, V.F.Tarasenko, E.N.Tel'minov, E.A.Fomin.** **Conversion of the radiation from high-power $XeCl^*$ lasers in solutions of organic compounds.**

An investigation was made of the conversion of radiation from multijoule $XeCl^*$ lasers in solutions of organic compounds. The advantages of using circularly pumped liquid-filled cells in conversion of high-power ultraviolet radiation were demonstrated. In cells with axicon reflectors the output energy obtained from a solution of coumarin 102 was 3.2 J and the conversion efficiency was 31 %. The feasibility of conversion of radiation with the pump energy up to 100 J was analysed.