

**В.Ф. Лосев, Б.М. Ковальчук, В.Ф. Тарасенко, Ю.Н. Панченко,
Н.Г. Иванов, И.Н. Коновалов, Э.Н. Абдуллин, А.Н. Панченко, В.Б. Зорин,
В.С. Скакун, В.П. Губанов, А.С. Степченко, В.С. Толкачев**

Мощная эксимерная лазерная система

Институт сильноточной электроники СО РАН, г. Томск

Поступила в редакцию 6.12.2005 г.

Сообщается о создании эксимерной лазерной системы с выходной апертурой 40 см. Система состоит из пяти лазеров, три из которых возбуждаются электрическим разрядом, два — электронным пучком. В первом лазере формируется импульс лазерного излучения на длине волны 308 нм длительностью 200–250 нс, шириной спектральной линии $0,9 \text{ см}^{-1}$ и расходимостью, близкой к дифракционному пределу. Этот импульс усиливается в активной среде остальных лазеров. В результате на выходе третьего усилителя получено излучение с энергией 5 Дж, шириной спектральной линии $0,9 \text{ см}^{-1}$ и расходимостью 37 мкрад. Выходное излучение всей системы имеет энергию до 330 Дж и длительность импульса 200–250 нс.

Введение

Лазерные системы на галогенидах благородных газов являются самыми мощными и эффективными источниками когерентного излучения в ультрафиолетовой области спектра. В настоящее время данные системы являются уникальным инструментом для решения многих фундаментальных и прикладных задач, среди которых такие, как инерционный термоядерный синтез, физика взаимодействия сверхвысоких интенсивностей излучения с веществом, генерация рентгеновского излучения, ускорение частиц в сверхсильных электромагнитных полях и т.д.

Самой мощной эксимерной лазерной системой в настоящее время является система «Nike» (США), на которой получены импульсы излучения с энергией до 5 кДж при длительности импульса по высоте амплитуды 240 нс (молекула KrF, длина волны излучения $\lambda = 248 \text{ нм}$) [1]. Выходной усилитель этой системы имеет апертуру $60 \times 60 \text{ см}$. Система создана и используется для решения проблемы лазерного инерционного термоядерного синтеза. На ней ведутся эксперименты по формированию мощных импульсов наносекундного диапазона и их взаимодействию с мишенью.

Вторая по величине эксимерная лазерная система создана в Японии и носит название «SuperAshura» [2]. Выходной усилитель данной системы имеет апертуру 61 см. Он может производить импульс излучения с энергией до 3,7 кДж ($\lambda = 248 \text{ нм}$) при длительности $\sim 240 \text{ нс}$. На данной лазерной системе ведутся эксперименты по формированию мощных нано- и пикосекундных импульсов излучения и его взаимодействию с веществом. В Англии создана мощная лазерная система на молекуле KrF «Titania» с выходной энергией излучения $\sim 1 \text{ кДж}$ в импульсе длительностью $\sim 150 \text{ нс}$ [3]. Апертура выходного

усилителя равна 42 см. На данной системе ведутся эксперименты по формированию и взаимодействию с веществом мощных лазерных пучков пикосекундного и фемтосекундного диапазонов длительности.

В России также ведутся работы по созданию мощных эксимерных лазеров и лазерных систем [4–12]. Так, в Институте сильноточной электроники СО РАН была разработана лазерная система МЭЛС-4к с апертурой выходного усилителя $25 \times 25 \text{ см}$ и энергией излучения на длине волны 308 нм до 200 Дж в импульсе длительностью 250 нс [6, 7]. Созданы лазеры с апертурой 40 [8] и 60 см [9–11], которые на молекуле XeCl (308 нм) генерируют импульсы излучения с энергией до 660 Дж и 1,9 кДж при длительности ~ 350 и 250 нс соответственно. В Физическом институте РАН (г. Москва) создана лазерная система с выходным модулем «Гарпун», который имеет апертуру $16 \times 18 \text{ см}$ и на молекуле KrF генерирует импульс излучения с энергией 80 Дж при длительности 100 нс [12].

В настоящей статье сообщается о создании и запуске пятикаскадной лазерной системы с выходной апертурой 40 см, которая обеспечивает на молекуле XeCl до 330 Дж энергии качественного излучения в импульсе длительностью $\sim 250 \text{ нс}$, приводятся экспериментальные результаты, полученные на данной системе.

Экспериментальная аппаратура и результаты эксперимента

Лазерная система состоит из пяти эксимерных лазеров («Фотон-1, -2, -3, -4, -5»), системы синхронизации и запуска и согласующих оптических элементов. В лазерах «Фотон-1, -2, -3» возбуждение рабочей смеси осуществляется электрическим разрядом, в лазерах «Фотон-4, -5» — электронным

пучком. Все измерения параметров лазерного излучения в экспериментах выполнялись традиционными методами и стандартными приборами. Для измерения временных и энергетических характеристик импульсов лазерного излучения применялись вакуумный фотодиод ФЭК-22 СПУ, calorиметры ТПИ, ИКТ-2Н, ОРНІR с измерительной головкой L30A-EX. Исследуемые сигналы регистрировались осциллографами модели TDS.

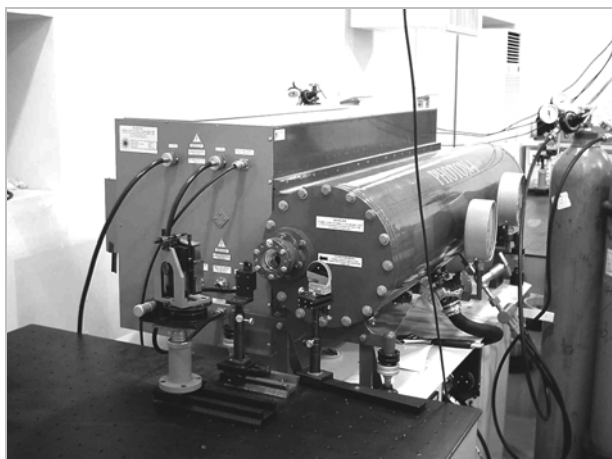
Электроразрядные лазеры

Внешний вид первого лазера «Фотон-1» представлен на рис. 1,а.

Лазер имеет стальную лазерную камеру диаметром 35 см с установленными внутри электродами разрядного промежутка. Длина электродов составляет 107 см (активная длина 102 см), величина межэлектродного зазора равна 4 см. По длине лазерной камеры изготовлено прямоугольное окно, закрытое изолятором, через который осуществлялось питание разряда. На поверхности изолятора располагаются элементы системы возбуждения ла-

зера, высоковольтные части которой закрыты металлическим кожухом.

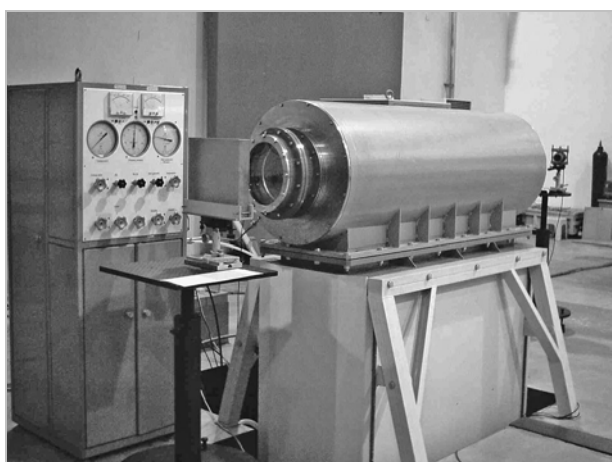
Для возбуждения применяется электрическая схема с использованием индуктивного накопителя энергии и полупроводникового прерывателя тока (12 диодов типа SOS) [13]. В такой схеме высоковольтный импульс с коротким передним фронтом, необходимый для зажигания разряда, формируется за счет обострительной емкости $C = 3,2$ нФ, которая заряжается от индуктивного накопителя энергии. Предыонизация разряда осуществляется автоматически при зарядке обострительных конденсаторов за счет излучения 90 искровых промежутков, расположенных равномерно с двух сторон вблизи анода. Основная энергия в активную среду вкладывается от накопительной емкости 550 нФ, заряжаемой до 18 кВ. Резонатор лазера состоит из зеркал с диэлектрическим покрытием, имеющих



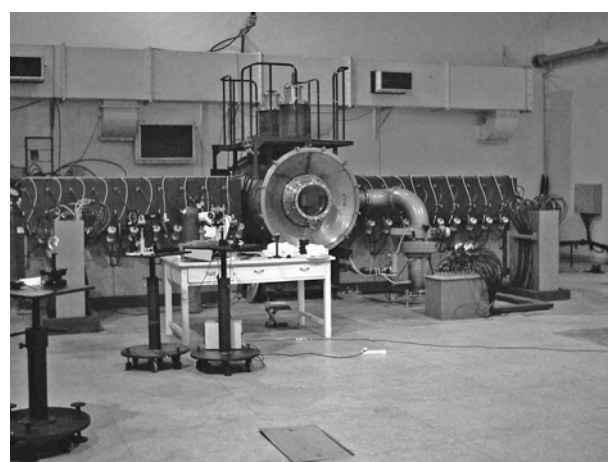
а



б



в



г

Рис. 1. Внешний вид лазерных установок: «Фотон-1» (а); «Фотон-3» (б); «Фотон-4» (в); «Фотон-5» (г)

коэффициенты отражения 100 и 20%. На смеси $Ne : Xe : HCl = 1520 : 10 : 1$ при давлении 2 атм максимальная энергия генерации лазера превышала 1,5 Дж при длительности импульса 300 нс и полном кпд 1,35%.

Два других электроразрядных лазера — «Фотон-2» и «Фотон-3» [14, 15] — имеют практически одинаковую схему накачки и конструктивное исполнение. Внешний вид одного из них («Фотон-3») приведен на рис. 1,б.

Лазеры состоят из трех основных блоков, включающих газоразрядную камеру с генератором накачки, электрический и пневматический пульты управления. В камере размещаются вакуумный диод источника мягкого рентгеновского излучения, электроды, образующие разрядный промежуток лазера, и изолятор ввода высокого напряжения. Разрядные электроды изготовлены из нержавеющей стали. Расстояние между электродами для «Фотона-2» и «Фотона-3» составляет 5,4 и 9 см, длина электродов 80 и 100 см соответственно. Для ввода рентгеновского излучения в разрядный промежуток со стороны катода имеется окно, закрытое титановой фольгой толщиной 80 мкм. Анод разрядного промежутка соединяется с генератором накачки, расположенным снаружи камеры, через изолятор с помощью металлических шпилек. Конструкция элементов соединения генератора с анодом и обратных токопроводов обеспечивает минимальную индуктивность разрядного контура.

Вакуумный диод источника рентгеновского излучения имеет цилиндрический корпус, внутри которого располагаются анод и холодный катод, работающий в режиме взрывной эмиссии электронов. Катод состоит из полосок фольгированного стеклотекстолита. Полоски закреплялись на разделительной решетке, которая закреплялась 40-мкм титановой фольгой для герметизации вакуумного диода и служила для вывода из него рентгеновского излучения. В качестве анода вакуумного диода использовалась танталовая фольга. Откачка вакуумного диода производилась паромасляным насосом до давления остаточного газа $\sim 10^{-4}$ мм рт. ст.

Питание вакуумного диода осуществлялось от трехступенчатого генератора Аркадьева—Маркса с ударной емкостью 15 нФ. Генератор соединялся с вакуумным диодом высоковольтным кабелем марки КВИ-120. Импульс напряжения величиной 50–55 кВ с длительностью 700 нс положительной полярности подавался на анод. Доза рентгеновского излучения в области катода разрядного промежутка составляла ~ 20 –30 мР.

Основными элементами генератора накачки лазеров являются накопительная емкость, коммутатор и обострительная емкость. Накопительная емкость C_L состоит из двух («Фотон-2») или трех («Фотон-3») параллельно соединенных линий марки ФЛ-300. Линия имеет электрическую длину 300 нс, емкость 150 нФ, волновое сопротивление — 1 Ом. Импульсная зарядка линий производится от емкости C_H марки ИК-100, которая через кабель КВИ-120 соединяется с линиями. Емкость C_H может за-

ряжаться до напряжения 40–65 кВ. Обостряющие емкости $C_2 = 4,9$ нФ («Фотон-2»), 6,9 нФ («Фотон-3»), ответственные за формирование объемного разряда в разрядном промежутке, собраны из керамических конденсаторов марки КВИ-3 (20 кВ, 680 пФ).

В качестве малоиндуктивного коммутатора используется многоканальный рельсовый разрядник. Анод выполнен из стальной пластинки толщиной 1 мм, катод — из стержня диаметром 15 мм. Длина электродов равна 80 см (100 см), зазор между электродами — 4 мм (6 мм). Вблизи катода по всей его длине располагается запускающий электрод, выполненный в виде отдельных лепестков из фольги. Запуск разрядников осуществлялся высоковольтным импульсом напряжения, который подавался на катод через искровые промежутки. Корпус разрядников выполнен из диэлектрической трубы с внешним диаметром 65 мм. В рабочем режиме разрядники заполняются сухим воздухом с давлением 4–6,6 атм.

Высоковольтный импульс для запуска всех искровых разрядников производился с помощью генератора импульсов высокого напряжения, выполненного на основе тиратрона ТГИ1-1000/25. Искусственные радиотехнические линии задержки системы синхронизации обеспечивают последовательное включение генератора накачки и источника рентгеновского излучения.

Окнами лазерной камеры служили плоскопараллельные пластины из плавленого кварца. В режиме генератора резонатор лазера образовывался внешним диэлектрическим зеркалом с коэффициентом отражения 97% на длине волны 308 нм и окном лазерной камеры. Лазерная смесь состояла из газов $Ne/Xe/HCl$ при общем давлении 3,5–4 атм.

В режиме свободной генерации лазеры «Фотон-2» и «Фотон-3» генерируют импульсы излучения длительностью 250–300 нс и энергией до 3,5 и 10 Дж соответственно.

Лазеры с накачкой электронным пучком

На рис. 1,в представлен внешний вид лазера «Фотон-4». Лазер состоит из генератора Аркадьева—Маркса (ГИН), вакуумного диода, лазерной камеры, системы откачки и напуска газов, электрического пульта управления. Питание вакуумного диода осуществляется непосредственно от генератора, расположенного в едином корпусе с диодом.

Таким образом, в ГИН используется вакуумная изоляция его высоковольтных частей. Такая конструкция позволяет минимизировать индуктивность контура питания вакуумного диода, а также габариты и массу ускорителя. ГИН имеет три параллельно работающие ветви, что позволяет уменьшить его индуктивность и эрозию электродов разрядников. Пространство с искровыми разрядниками каждой ветви заполнено смесью сухого воздуха с SF_6 . Емкость каждой ступени одной ветви равна 0,18 нФ. Запуск ускорителя осуществляется с помощью управляемого разрядника, в котором заземляется

высоковольтный кабель, подающий высокое напряжение на ГИН. Сам разрядник запускается высоковольтным импульсом с тиратронного генератора. Катоды вакуумного диода, имеющие общую длину 110 см, располагаются на специальном держателе, прикрепленном непосредственно к верхней ступени ГИН.

Лазерная камера с внутренним диаметром 25 см располагается между катодами в центре вакуумного диода и выполняет функцию анода. По всей длине камера крепится к корпусу диода с помощью металлической пластины. Пластина улучшает растекание тока и уменьшает потери электронного пучка за счет влияния его собственного магнитного поля. При отсутствии данной пластины и замыкании тока лишь через торцы газовой камеры потери могут достигать 50%. В качестве эмиттера электронов на катодах вакуумного диода используется бархат. Зазор в промежутке анод-катод равен 7 см. В результате в диоде формируются четыре радиально сходящихся электронных пучка, которые инжектируются в лазерную камеру через восемь окон (по два в ряду с общей длиной 120 см). Каждое окно вакуумно-плотно закрыто титановой 40-мкм фольгой, расположенной на металлической решетке. В общем корпусе ГИН и вакуумного диода обеспечивается остаточное давление газа $5 \cdot 10^{-5}$ мм рт. ст.

При зарядном напряжении 85 кВ генератор формирует на вакуумном диоде импульс напряжения длительностью 1000 нс с амплитудой до 480 кВ и общим током до 74 кА. Сформированный в диоде электронный пучок обеспечивает достаточно однородное возбуждение лазерной смеси.

Окнами лазерной камеры служили плоскопараллельные пластины из плавленого кварца диаметром 300 мм. В режиме генератора резонатор лазера образовывался внешним зеркалом с алюминированным напылением и окном лазерной камеры. Лазерная смесь состояла из аргона, ксенона и HCl. На смеси Ar:Xe:HCl=1000:10:1 при давлении 2 атм и зарядном напряжении 85 кВ энергия излучения в импульсе достигала 120 Дж. Длительность импульса излучения на полувысоте амплитуды составила ~ 250 нс.

Внешний вид лазера «Фотон-5» показан на рис. 1,2.

Возбуждение газовой смеси лазера осуществляется радиально сходящимся электронным пучком с 6 сторон [8]. Пучок формируется в вакуумном диоде, содержащем 18 катодов. Профиль катодов выбирался в соответствии с результатами численных расчетов параметров пучка с помощью разработанного двумерного кода. Эмитирующая поверхность катодов изготавливалась из карботекстима, графитоволокнистого материала с удельным сопротивлением $\sim (5-50) \cdot 10^{-2}$ Ом·м, и покрывалась бархатом. Ширина эмитирующей поверхности — 120 мм, полная площадь эмитирующей поверхности катодов 0,95 м². Межэлектродный зазор между эмитирующей поверхностью и опорной структурой выводного окна 6 см. Опорная структура содержит 18 окон (по три в ряду с общей длиной 150 см).

Геометрическая прозрачность системы вывода пучка $\sim 75\%$. Вывод пучка в лазерную камеру осуществлялся через титановую фольгу толщиной 40 мкм. Диаметр лазерной кюветы 41 см, объем кюветы 200 л.

Импульс напряжения на диоде формируется с помощью двух параллельно включенных линейных трансформаторов с вакуумной изоляцией вторичного витка. Трансформаторы состоят из 10 ступеней, каждая собрана из 8 конденсаторов ИК-100-0,17 (100 кВ, 0,17 мкФ, 50 нГн), выходная мощность ступени ~ 12 ГВт. Напряжение к диоду (на коллектор катода) подается с помощью вакуумных линий, одновременно являющихся вторичными витками трансформаторов. Диаметр вакуумной камеры диода равен 131 см, длина 210 см. Коллектор катода представляет собой цилиндр диаметром 114 и длиной 120 см. Коллектор подвешивается соосно с вакуумной камерой на двух пружинах, размещенных в верхней части вакуумной камеры. Вакуумная система откачивается двумя вакуумными агрегатами АДМ-250 с азотными ловушками до остаточного давления в диоде $(3-4) \cdot 10^{-5}$ мм рт. ст.

При зарядном напряжении 85 кВ импульс напряжения на вакуумном диоде достигает максимума около 550 кВ, полный ток 320 кА (сумма двух токов, приведенных на рис. 2) и энергия, передаваемая от трансформатора в диод, 87 кДж. При зарядном напряжении 80 кВ напряжение на вакуумном диоде составляет около 440 кВ, полный ток достигает 290 кА и энергия, передаваемая в диод, 78 кДж. Вложенная в газ энергия увеличивается с ростом давления до 2,5 атм, а затем при увеличении давления до 3,5 атм практически не изменяется. Максимальная энергия, вкладываемая в газ электронным пучком, составила ~ 19 кДж. Эффективность передачи энергии от первичного накопителя в газ составляет $\sim 19\%$, что близко к величине, получаемой в традиционных ускорителях с водяными линиями [1-3].

Окнами лазерной камеры служили плоскопараллельные пластины из плавленого кварца диаметром 400 мм. Данный лазер был испытан в режиме генератора с резонатором, образованным плоским зеркалом с алюминированным покрытием и окном лазерной камеры. Рабочая смесь, состоящая из аргона, ксенона и HCl, готовилась непосредственно в лазерной камере. На смеси Ar:Xe:HCl=760:20:1 при давлении 2 атм и зарядном напряжении 85 кВ энергия излучения в импульсе достигала 660 Дж [8]. Длительность импульса излучения на полувысоте составляла ~ 350 нс. Неоднородность в распределении плотности энергии излучения по сечению лазерного пучка не превышала 10%.

Лазерная система

Для синхронной работы всех установок использовалась система синхронизации и запуска, принципиальная схема которой представлена на рис. 2.

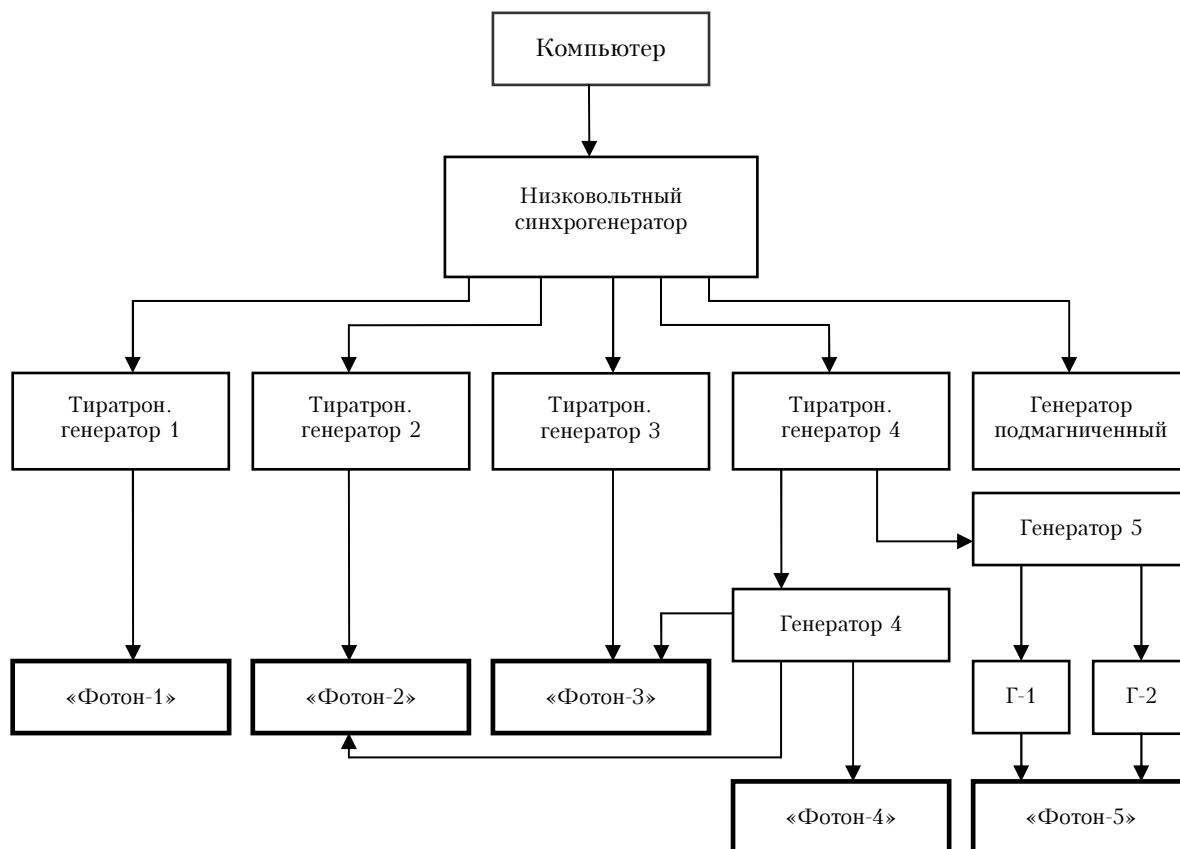


Рис. 2. Принципиальная схема системы синхронизации и запуска

Управление всей лазерной системой осуществлялось с помощью персонального компьютера, который формирует команды для синхргенератора, обеспечивающего импульсы напряжения с амплитудой 600 В и регулируемой задержкой между ними. Эти импульсы подаются на запуск четырех тиратронных генераторов и генератора подмагничивания «Фотон-5». Последний вырабатывает два импульса подмагничивания, которые подаются на линейные трансформаторы и намагничивают их сердечники в нужном направлении до начала его работы. Тиратронные генераторы выдают импульсы отрицательной полярности с амплитудой ~20 кВ. Эти импульсы подаются на запуск искровых разрядников «Фотон-1, -2, -3» и на вход генераторов 4, 5. Оба генератора вырабатывают импульс отрицательной полярности с амплитудой ~85 кВ, которые поступают на запуск рельсовых разрядников «Фотон-2, 3», на запуск «Фотон-4» и на входы пусковых генераторов Г-1 и Г-2. Пусковые генераторы формируют 40 импульсов отрицательной полярности с амплитудой 85 кВ, которые запускают разрядники трансформаторных ступеней «Фотона-5». Кроме того, с помощью компьютера производится управление синхронным включением и выключением зарядки емкостных накопителей всех лазеров, благодаря этому они заряжаются одновременно.

Таким образом, при работе лазерной системы на первом этапе осуществляется зарядка накопи-

тельных конденсаторов, моменты включения которых происходят с учетом времени зарядки емкостей каждого из «Фотонов». Затем подается импульс для включения генератора подмагничивания «Фотона-5», а после этого подаются импульсы для включения тиратронных генераторов «Фотон-1, -2, -3, -4» в определенной временной последовательности и происходит окончательный запуск всей системы.

В лазерной системе во всех лазерах использовался режим усиления. При этом все окна лазерных камер устанавливались под углом, исключая обратную связь между ними. На базе лазера «Фотон-1» был создан задающий генератор (ЗГ) [13]. Оптическая схема ЗГ позволяла формировать качественный пучок в некоторой области активного объема, использующегося для задающего генератора, с последующим усилением его в другой части объема. Для формирования минимальной расходимости излучения в резонаторе использовались две диафрагмы диаметром 2 мм. В этом случае с резонатором длиной 1,5 м число Френеля составляло ~2. Спектральная селекция осуществлялась с помощью дифракционной решетки 1800 штр./мм, установленной в автоколлимационном режиме. Обратная связь в резонаторе осуществлялась через первый порядок дифракции решетки. Для уменьшения шумовой компоненты в выходном излучении вывод лазерного пучка осуществлялся через полупрозрачное зеркало с коэффициентом отражения $R = 30\%$.

Затем маломощное качественное излучения задающего генератора дополнительно усиливалось на двух проходах в той же активной среде, постепенно расширяясь до диаметра 7 мм на выходе. В результате из «Фотона-1» выходил импульс излучения с энергией до 50 мДж, длительностью 250 нс и шириной спектральной линии $0,9 \text{ см}^{-1}$. Расходимость лазерного пучка, содержащего 80% энергии, составляла 0,13 мрад, что в 1,2 раза превышает дифракционный предел.

Данный пучок расширялся линзовым телескопом с увеличением $M = 1,5$ таким образом, чтобы согласовать диаметр пучка с размером активных сред «Фотона-2» и «Фотона-3». Усиление пучка в активной среде «Фотона-2» происходило на трех проходах, а «Фотона-3» – на одном проходе. При этом диаметр пучка на выходе из этих усилителей составлял 3 и 6 см соответственно. Для дальнейшего согласования диаметра пучка с размером активной среды усилителей «Фотона-4» и «Фотона-5» использовался линзовый телескоп с увеличением 5. После расширения телескопом пучок усиливался на одном проходе в активной среде «Фотон-4» и на одном или двух проходах в активной среде «Фотон-5».

Результаты экспериментов на лазерной системе сведены в таблицу.

Параметры излучения лазеров «Фотон»

Лазер	Режим работы	Энергия, Дж	Длительность импульса, нс	Ширина линии, см^{-1}	Расходимость, мкрад
«Фотон-1»	Генератор	1,5	300	–	–
	ЗГ	0,05	200–250	0,9	130
«Фотон-2»	Генератор	3,5	250	–	–
	Усилитель	0,5	200–250	0,9	60
«Фотон-3»	Генератор	10	300	–	–
	Усилитель	5	200–250	0,9	37
«Фотон-4»	Генератор	120	250	–	–
	Усилитель	40	200–250	–	–
«Фотон-5»	Генератор	660	350	–	–
	Усилитель	250, 330	200–250	–	–

Видно, что максимальная энергия излучения составляет 330 Дж. Данная энергия была получена при однопроходном усилении в «Фотоне-5», когда в активной среде были минимальные потоки усиленного спонтанного излучения (УСИ) и минимальные потери энергии за счет поглощения излучения в активной среде. При двухпроходном усилении возрастали как поглощение, так и конкуренция со стороны УСИ, интенсивность которого увеличивалась за счет его отражения от заднего зеркала ($R = 99\%$). Это приводило к снижению энергии усиливаемого излучения до 250 Дж.

Спектральные и пространственные параметры излучения регистрировались только для трех первых установок. При этом расходимость измерялась по размеру пятна в фокальной плоскости линзы

с фокусным расстоянием $F = 13,5 \text{ м}$, а ширина линии – с помощью интерферометра Фабри–Перро. Для регистрации распределения интенсивности излучения в обоих случаях использовалась ПЗС-линейка. Измерения ширины линии показали, что она остается неизменной после усиления и составляет $0,9 \text{ см}^{-1}$. Расходимость усиленного излучения в целом уменьшалась по мере увеличения диаметра пучка. Однако при этом присутствовало небольшое ее увеличение относительно дифракционной величины, вероятно за счет искажений в активной среде и оптическом тракте.

Результаты исследований уровня выходной энергии основного усилителя в зависимости от величины входной приведены на рис. 3. Величина входной энергии изменялась путем отключения одного из усилителей «Фотон-3» или «Фотон-4». Видно, что насыщение усилителя «Фотон-5» достигает только при включении всех усилителей, при этом коэффициент усиления составляет 10. Регистрируемый автограф лазерного пучка на фотобумаге имел достаточно однородное распределение с наличием дифракционных колец на различных неоднородностях оптического тракта. Это говорит о высокой пространственной когерентности выходного излучения.

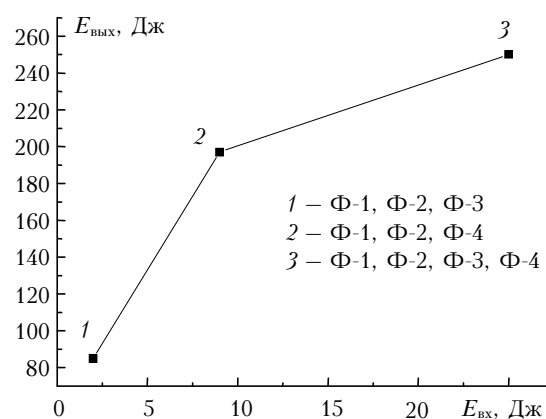


Рис. 3. Зависимость выходной энергии излучения «Фотон-5» при двухпроходном усилении от величины входного сигнала

Заключение

Таким образом, в настоящей статье сообщается о создании эксимерной лазерной системы с выходной апертурой 40 см и энергией излучения до 330 Дж. Система позволяет формировать импульсы лазерного излучения с шириной линии $0,9 \text{ см}^{-1}$ и малой расходимостью. Длительность импульса выходного излучения составляет 200–250 нс. Каждый каскад системы может работать независимо как генератор, обеспечивая импульсы лазерного излучения с энергией от 1,5 до 660 Дж и длительностью 200–350 нс.

С помощью данной системы планируются экспериментальные исследования по формированию импульсов лазерного излучения с различными параметрами и по взаимодействию мощного лазерного излучения с веществом.

Настоящая работа выполнялась в рамках контракта с китайским Северо-Западным институтом ядерной технологии, г. Сиань.

Авторы благодарят сотрудников ИСЭ СО РАН, принимавших участие в выполнении данной работы.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 05-08-50321а.

1. *Obenschain S.P., Bodner S.E., Colombant D., Gerber K., Lehmburg R.H., McLean E.A., Mostovich A.N., Protko M.S., Powley C.J., Schmitt A.J., Sethian J.D., Serlin V., Stemper J.A., Sullivan C.A., Dahlburg J.P., Gardner J.H., Chan Y., Deniz A.V., and Lehecka T.* The Nike laser facility: Performance and anitial target experiments // *Phys. Plasm.* 1996. V. 3. N 5. P. 2098–2107.
2. *Owadano Y., Okuda I., Matsumoto I., Matsushima I., Takahashi E., Miura E., Yashiro H., Tomie T., Kuwahara K., Shinbo M.* Overview of ‘Super-ASHURA’ KrF Laser Program // *Fusion Eng. and Design.* 1999. V. 44. P. 91–96.
3. *Dival E.J., Edwards C.B., Hirst G.J., Hooker C.J., Kidd A.K., Lister J.M.D., Mathumo R., Ross I.N., Show M.J., Toner W.T., Visser A.P., Wyborn B.E.* Titania – a 10^{20} Wcm⁻² ultraviolet laser // *J. Mod. Opt.* 1996. V. 43. N 5. P. 1025–1033.
4. *Бычков Ю.И., Иванов Н.Г., Лосев В.Ф., Месяц Г.А.* XeCl-лазер с энергией генерации 150 Дж // *Пиcьма в ЖТФ.* 1988. Т. 14. Вып. 6. С. 566–569.
5. *Абдуллин 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.* Мощный компактный лазер с $\lambda = 308$ и 249 нм, накачиваемый радиально сходящимся электронным пучком // *Квант. электрон.* 1993. Т. 20. № 7. С. 652–655.
6. *Иванов Н.Г., Лосев В.Ф., Наац Э.И., Рыжов В.В., Турчановский И.Ю., Ястремский А.Г.* XeCl-лазер с энергией генерации 200 Дж // *Квант. электрон.* 1997. Т. 24. № 6. С. 688–690.
7. *Иванов Н. Г., Лосев В. Ф., Панченко Ю.Н., Ястремский А.Г.* XeCl лазерная система с выходной апертурой 25×25 см // *Квант. электрон.* 1999. Т. 29. № 1. С. 14–18.
8. *Abdullin E.N., Grishin D.M., Gubanov V.P., Zorin V.B., Kim A.A., Kovalchuk B.M., Kumpyak E.V., Liu J., Morozov A.V., Skakun V.S., Stepchenko A.S., Tarasenko V.F., Tolkachev V.S., Tsoy N.V., Shchanin P.M.* XeCl laser with 650 J output // *Rus. Quantum Electron.* 2004. V. 34. N 5. P. 199–202.
9. *Mesyats G.A., Osipov V.V., Tarasenko V.F.* Pulsed gas lasers // *Proc. SPIE.* Washington: Opt. Eng. Press, 1995. 374 p.
10. *Kovalchuk B.M., Losev V.F., Mesyats G.A., Tarasenko V.F.* Electron–Beam–Pumped High–Power Wide–Aperture Exciplex Lasers and Laser Systems // *Rus. Phys. J.* 2000. V. 43. N 5. P. 352–357.
11. *Bugaev S.P., Abdullin E.N., Zorin V.B., Kovalchuk B.M., Loginov S.V., Mesyats G.A., Skakun V.S., Tarasenko V.F., Shchanin P.M.* Wide aperture 2 kJ XeCl laser // *Rus. Quantum Electron.* 2004. V. 34. N 5. P. 801–804.
12. *Zvorykin V.D., Arlantsev S.V., Bakaev V.G., Ionin A.A.* Transport of electron beams and stability of optical windows in high-power e-beam-pumped krypton fluoride lasers // *Laser and Particle Beams.* 2001. V. 19. N 5. P. 609–622.
13. *Baksh E., Losev V.F., Panchenko A.N., Panchenko Yu.N., Tarasenko V.E.* XeCl master oscillator with 300 ns pulse duration // *Proc. SPIE.* 2002. V. 4747. P. 88–92.
14. *Konovalov I.N., Losev V.F., Jingru L., Panchenko Yu.N.* Wide-aperture electric-discharge XeCl lasers // *Proc. SPIE.* 2004. V. 5483. P. 55–59.
15. *Коновалов И.Н., Лосев В.Ф., Панченко Ю.Н., Иванов Н.Г., Сухов М.Ю.* Электроразрядный XeCl-лазер с энергией генерации 10 Дж и длительностью импульса излучения 300 нс // *Квант. электрон.* 2005. Т. 35. № 3. С. 237–240.

V.F. Losev, B.M. Kovalchuk, V.F. Tarasenko, Yu.N. Panchenko, N.G. Ivanov, I.N. Konovalov, E.N. Abdullin, A.N. Panchenko, V.B. Zorin, V.S. Skakun, V.P. Gubanov, A.S. Stepchenko, V.S. Tolkachev. **High-power excimer laser system.**

An excimer laser system with an output aperture of 40 cm is created. The system consists of five lasers, three of which are excited by an electric discharge, two – by an electron beam. In the first laser, a laser radiation pulse with the following parameters is formed: $\lambda = 308$ nm, a length of 200–250 ns, line width of 0.9 cm^{-1} , and a divergence close to the diffraction limit. This pulse is augmented in the active medium of other lasers. This results in radiation of 5 J energy, a line width of 0.9 cm^{-1} , and a divergence of $37 \text{ } \mu\text{rad}$ at the output of the third amplifier. The output radiation energy of the system as a whole is up to 330 J with a pulse length of 200–250 ns.