

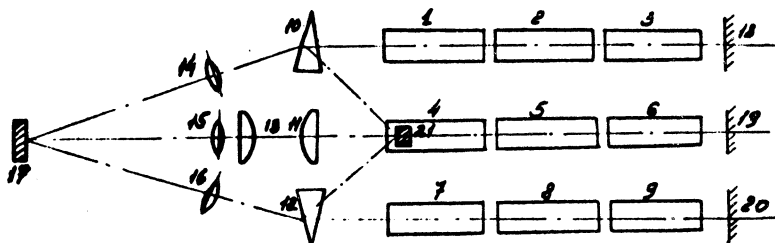
**Лазерная установка с энергией излучения
до 10 кдж для исследования взаимодействия
мощных световых потоков с веществом**

*В. А. Батанов, Б. В. Ершов, Л. П. Максимов,
В. В. Савранский, В. Б. Федоров*

Изучение взаимодействия мощных световых потоков с веществом при больших площадях облучения представляет интерес как в научном отношении, так и для решения различных технологических задач. С этой целью в лаборатории колебаний ФИАН в конце 1967 г. была создана лазерная установка на неодимовом стекле (длина волны генерации 1,06 мк), на которой впервые получена энергия излучения 10 кдж в импульсе длительностью ≈ 1 мсек. Установка даёт возможность получать световые потоки интенсивностью до 10^7 вт/см² на площади воздействия до 1 см², что позволило наблюдать ряд новых эффектов^{1,2,3}.

Оптическая схема лазерной установки показана на рис. 1. Она состоит из трёх независимых параллельно работающих ОКГ 1-3, 4-6 и 7-9, запуск которых осуществляется одновременно схемой поджига ламп. Излучение генераторов собирается в одно пятно на мишени с помощью системы оптических клиньев и линз. Оптические клинья 10-12 служат для отклонения луча (угол отклонения составляет 2°) и одновременно используются для измерения энергии. Они наклонены таким образом, что отражённые от одной из граней каждого клина световые лучи собираются на поверхность графитового диска калориметра ПТЭК-Л. Калориметр 21 расположен несколько выше оптической оси среднего ОКГ. Клинь 13 служит для коррекции по

высоте луча этого генератора. Размер облучаемого пятна на поверхности мишени меняется в зависимости от фокусного расстояния используемых линз, а также путём перемещения их вдоль осей световых лучей. Для получения потоков мощности $10^6 - 10^7$ вт/см² используются линзы с фокусным расстоянием 1+2 метра. Воз-



Р и с. 1. Оптическая схема лазерной установки. Цифрами обозначены следующие элементы:

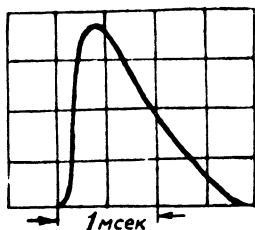
- 1-9 - осветители ГОС-1000
- 18-20 - диэлектрические зеркала
- 10-13 - оптические клинья
- 14-16 - линзы
- 17 - мишень
- 21 - калориметр ПТЭК-Л

можно сведение трёх лучей в одно пятно как перед фокальной плоскостью линз, так и за ней. Совмещение на мишени пятен от трёх генераторов производится перемещением линз перпендикулярно осям лучей. Совпадение пятен контролируется по отверстиям, прожигаемым лучами от каждого из трёх ОКГ в тонкой стальной фольге, помещённой в плоскости мишени.

Отдельный генератор состоит из трёх серийных осветителей ГОС-1000, содержащих плоско-параллельные стержни из неодимового стекла КГСС-3 диаметром 45 мм и длиной 600 мм. Стержни накачиваются импульсными лампами ИФП-20000. Резонатор образован плоским диэлектрическим зеркалом с коэффициентом отра-

жения, близким к 100%, и торцом последнего стержня. Энергия излучения такого ОКГ при максимальной накачке достигает 3,3 кдж при КПД $\approx 1\%^*$).

Соосная установка осветителей каждого генератора производится совмещением осей трёх лазерных стержней с лучом газового лазера ЛГ-36А, работающего на длине волны 0,63 мк. Для этого торцы стержней закры-



Р и с. 2. Осциллограмма огибающей импульса генерации установки при максимальной энергии накачки.

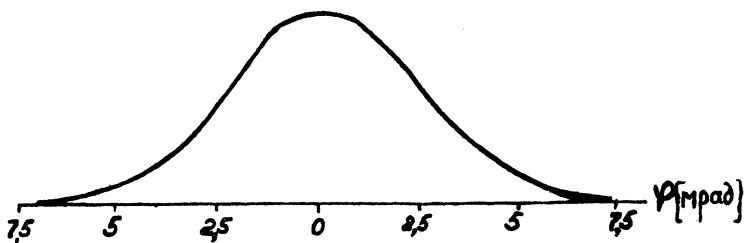
ваются центральными диафрагмами с отверстиями $\varnothing 1$ мм и осветители юстируются таким образом, чтобы луч газового лазера проходил одновременно через все диафрагмы.

Длительность импульса генерации на уровне половины максимальной интенсивности составляет около 1 мсек (см. рис. 2). На рис. 3 приведено угловое распределение энергии излучения отдельного генератора в дальней зоне, измеренное при максимальной энергии накачки. Половина излучаемой энергии сосредоточена в угле 3 мрад. Распределение получено с помощью многосекционного калориметра ТЭК-С.

Накопителем энергии для ОКГ служит конденсаторная батарея с максимальной запасаемой энергией 1,5 Мдж. Батарея состоит из 800 ёмкостей типа ИМ-5-150 и разделена на 25 секций с энергией по 60 кдж в каждой. Отдельная секция нагружена последовательно соединёнными тремя лампами накачки и дросселем с

*) В литературе имеется сообщение об ОКГ на неодимовом стекле с энергией излучения 5 кдж⁴.

индуктивностью 120 мкГн. Дроссель увеличивает длительность переднего фронта импульса разряда и таким образом предохраняет лампы от разрушения. В схеме накопителя предусмотрена возможность изменения длительности импульса разряда (а следовательно, и импульса генерации ОКГ). Для этого внутри секции кон-



Р и с. 3. Угловое распределение энергии излучения от дельного генератора в дальней зоне.

денсаторы расположены четырьмя группами по 8 штук в каждой, причём две группы изолированы от земли. Такая схема позволяет осуществить четыре различных варианта включения конденсаторов без изменения максимальной запасаемой энергии, что соответствует диапазону длительностей импульса разряда от 0,5 мсек до 2 мсек. При первом способе включения общая ёмкость секции составляет 1200 мкф, при этом напряжение на выводах секции равно +5 кв и -5 кв относительно земли. При втором варианте ёмкость равна 300 мкф, а напряжение на выводах +10 кв и -10 кв. Третий способ включения даёт ёмкость 4800 мкф и напряжение +5 кв и 0, четвёртый - ёмкость 1200 мкф при напряжении +10 и 0 кв.

Конденсаторный накопитель соединяется с лазером через распределительный щит. Энергия от каждой секции накопителя подаётся на клеммы щита по двум высоковольтным кабелям, общее сопротивление которых не превышает 0,03 ома. К этим же клеммам подсоединены цепи ламп накачки. На распределительном щит-

те имеется восемь медных шин, на каждую из которых подаётся постоянное напряжение от соответствующего высоковольтного выпрямителя. К каждой шине через сопротивление 300 ом подсоединяются выводы 6 секций накопителя. Сопротивления служат для развязки между собой секций накопителя (и соответствующих ламповых цепей), когда несколько секций одновременно подключены к высоковольтной шине. Сопротивление предохраняет каждую ламповую цепь от разряда через неё других секций накопителя, а также защищает секцию от выделения в ней энергии других секций в случае пробоя конденсатора. Подключение секций к шинам осуществляется через выключатели, что позволяет использовать необходимое количество секций накопителя.

Зарядное устройство накопителя состоит из восьми идентичных выпрямителей с напряжением 5,5 кв. Выходные клеммы выпрямителей изолированы от земли. Это даёт возможность при различной схеме их соединения подавать на шины распределительного щита напряжения, соответствующие четырём вариантам включения конденсаторов в секции. Средняя мощность выпрямителя составляет 7 квт, что обеспечивает время заряда всей конденсаторной батареи 3+5 мин. Зарядный ток ограничивается сопротивлением 2,5 ком.

В схеме выпрямителя предусмотрена возможность разряда батареи за 1 мин через заземляющие контакторы и разрядное сопротивление 800 ом.

Контроль за зарядом и разрядом конденсаторов осуществляется по восьми стрелочным микроамперметрам М 265, расположенным на пульте управления. На пульте также находятся кнопки включения и выключения каждого выпрямителя и рубильник аварийного сброса заряда всей батарее.

Описываемая лазерная установка содержит большое количество различных элементов, поэтому особое внимание было обращено на обеспечение надёжности её работы, достаточной для выполнения серии экспериментов

по изучению взаимодействия мощных световых потоков с веществом. Надёжность работы установки была обеспечена отбором и испытанием ламп в осветителе, мягким закреплением их в осветителе, подбором уровня напряжения и мощности поджига ламп, предохранением посеребрённых зеркальных покрытий осветителей от окисления под действием света ламп путём заполнения внутреннего объёма осветителей азотом, а также целым рядом других мер. В результате основной причиной снижения уровня энергии генерации и отказа установки было лишь разрушение (сгорание) поверхности торцов лазерных стержней из-за несовершенства конструкции их крепления в осветителе. Опыт эксплуатации установки в течение двух лет показал, что ОКГ даёт возможность получать энергию около 10 кдж в среднем 5+10 раз, энергию 5 кдж - 50 раз без замены ламп, активных элементов и отражателей осветителей.

В заключение авторы приносят благодарность А. М. Прохорову за помощь и поддержку в выполнении этой работы. Большой вклад в создание лазерной установки внесли сотрудники лаборатории Ю. В. Рогов, Е. Н. Большаков, В. А. Самохвалов, В. А. Толмачёв, В. С. Бородачёва, В. Б. Рыкунов, коллектив механиков под руководством Д. К. Бардина, а также сотрудники отдела главного энергетика института. Авторы выражают признательность М. П. Семёнову за предоставление высоковольтного кабеля для монтажа конденсаторной батареи.

Поступила в редакцию
12 февраля 1970 г.

Л и т е р а т у р а

1. Батанов В. А., Бункин Ф. В., Прохоров А. М., Фёдоров В. Б. Письма ЖЭТФ, 11, 113 (1970).
2. Бункин Ф. В., Конов В. И., Прохоров А. М., Фёдоров В. Б. Письма ЖЭТФ, 9, 609 (1969).

3. Батанов В. А., Бункин Ф. В., Прохоров А. М., Фёдоров В. Б. Доклад на 1 Всесоюзном совещании по физике воздействия оптического излучения на конденсированные среды. 28-31 октября 1969 г., г. Ленинград.
4. Laser focus, vol. 3 no.3, 36 (1967).