

## ДЕТОНАЦИОННЫЙ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИЙ ЛАЗЕР

*М. С. Джиджоев, В. В. Королев, В. Н. Марков,  
В. Г. Платоенко, Р. В. Хохлов*

Настоящая статья посвящена описанию нового типа газодинамического лазера, в котором для получения исходной высокотемпературной газовой смеси используется детонация твердого вещества.

Газодинамические лазеры были предложены в [1, 2]. Общие идеи, положенные в их основу рассматривались авторами [3]. Более подробное теоретическое рассмотрение процессов, определяющих работу газодинамических лазеров, проведено в серии работ [4, 5]. Экспериментально, идея их создания реализована в ряде работ, выполненных советскими и зарубежными учеными, например, [6 – 10].

До последнего времени в газодинамических лазерах высокотемпературная смесь получалась при прохождении ударных волн в газовых средах (импульсные лазеры [6, 8]) и за счет разогрева электрической дугой, либо при сжигании исходных газов (лазеры непрерывного действия [8, 10]).

В описываемом лазере использована детонация твердого вещества, что позволило в широких пределах менять исходное давление и температуру газовой смеси, а также существенно упростить и сократить размеры экспериментальной установки. Схема ее показана на рис. 1.

В экспериментах в качестве исходного вещества использовалась смесь азотистоводородной кислоты  $\text{HN}_3$  с двуокисью азота и ксеноном. Газообразная смесь напускалась в объем 5 (рис. 1) и затем вымораживалась на металлическом стержне 3 при заполнении полости 4 жидким азотом. Детонация инициировалась электрической искрой.

Разлет продуктов детонации в камере высокого давления 1 проис-  
 ходил за время порядка десятков микросекунд, истечение газа через  
 щель — за время порядка миллисекунды (отношение объема камеры к  
 произведению площади щели на скорость звука в критическом сечении).  
 Давление и температура в камере высокого давления после разлета  
 продуктов детонации составляли по нашим оценкам порядка  $10 - 20 \text{ атм}$   
 и  $2000 - 3000^\circ$  в зависимости от количества и состава смеси. Как по-  
 казал термодинамический расчет и ИК анализ продуктов взрыва, прак-  
 тически весь водород (порядка 90%) окислялся до воды, восстанавливая  
 часть углекислоты до окиси углерода. При этом содержание воды в сме-  
 си достигало 15 — 20%.

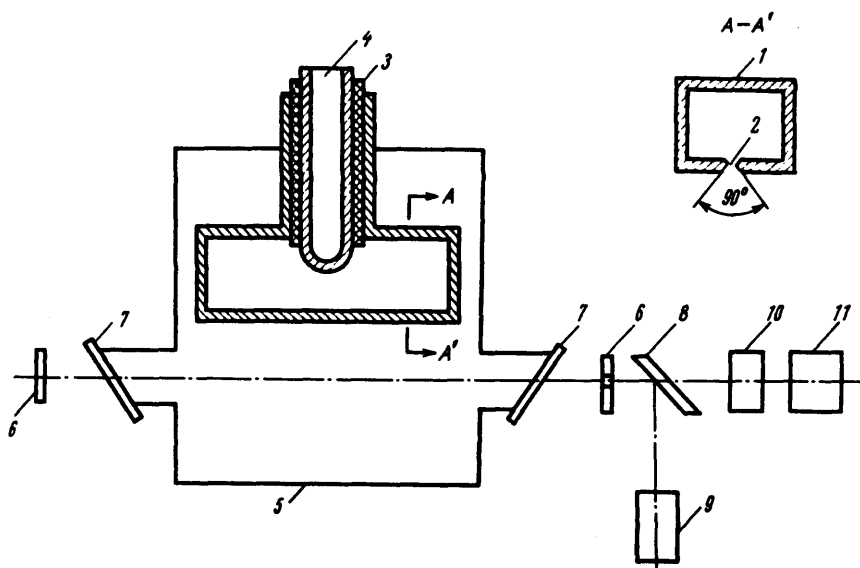


Рис. 1. Схема экспериментальной установки: 1.— камера высокого дав-  
 ления объемом  $0,3 \text{ л}$ ; 2 — щель с размерами  $200 \times 0,4 \text{ мм}^2$ ; 3 — метал-  
 лический стержень с полостью 4 теплоизолированный от остальной  
 части установки; 5 — балластный объем емкостью  $12 \text{ л}$ ; 6 — зеркала  
 с золотым покрытием диаметром  $25 \text{ мм}$ , одно из зеркал имело вых-  
 одное отверстие диаметром  $2,5 \text{ мм}$ ; 7.— брестеровские окна из  $\text{NaCl}$ ;  
 8 — плоскопараллельная германиевая пластинка; 9 — калориметр;  
 10, 11.— фотоприемник и осциллограф

Расстояние от щели до оси резонатора в эксперименте регулирова-  
 лось, при этом оптимальным оказалось расстояние около  $3 \text{ см}$ .

На рис. 2 дана типичная осциллограмма генерируемого импульса.  
 Длительность импульса при оптимальном составе смеси близка к вре-  
 мени истечения газа через щель .

На рис. 3 приведена зависимость выходной энергии: а) от содержания  $\text{CO}_2$  в смеси  $\text{HN}_3 + \text{CO}_2$  при заданном количестве  $\text{HN}_3$  (0,5 г);

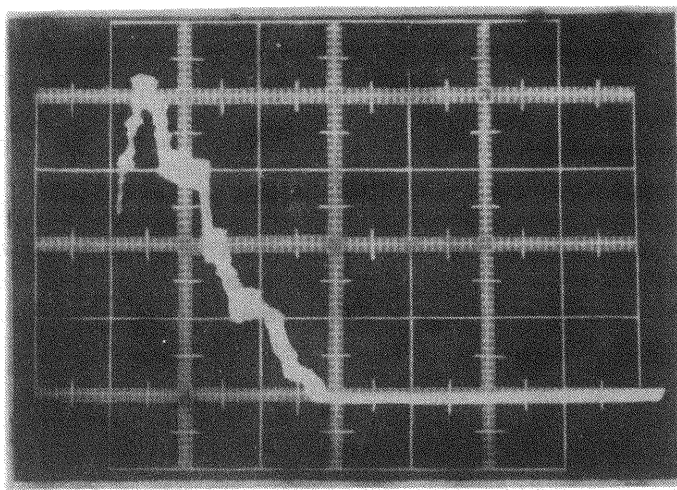


Рис. 2. Оциллограмма импульса генерации, 500 мксек/дел

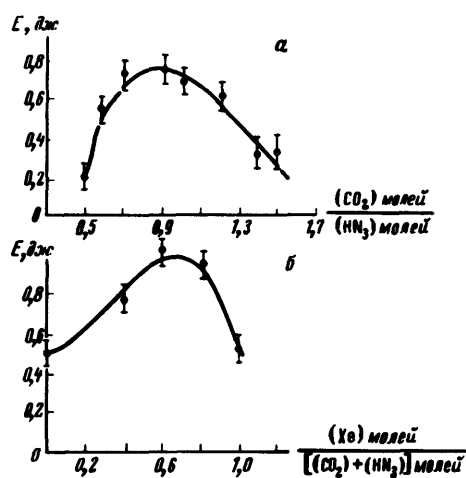


Рис. 3. Зависимость выходной энергии от а) содержания  $\text{CO}_2$  в смеси  $\text{HN}_3 + \text{CO}_2$  при заданном количестве ( $\text{HN}_3$  (0,5 г); б) от содержания ксенона в смеси  $\text{HN}_3 + \text{CO}_2 + \text{Xe}$  при заданном количестве  $\text{HN}_3$  (0,5 г) и  $\text{CO}_2$  (0,33 г)

б) от содержания ксенона в смеси  $\text{HN}_3 + \text{CO}_2 + \text{Xe}$  при заданном количестве  $\text{HN}_3$  (0,5 г) и  $\text{CO}_2$  (0,33 г). Интересно, что максимальная энергия (порядка 1 дж) получена при относительном содержании компонент, соответствующем начальным температурам продуктов детонации около  $2500^\circ \text{K}$ . Эта температура значительно превосходит температуры, которые являются оптимальными согласно [8] для смесей  $\text{N}_2 + \text{CO}_2 + \text{He}$ .

Такое различие может объясняться, во-первых, различием в газодинамических параметрах установок и, во-вторых, тем фактом, что в описываемых экспериментах температура смеси менялась одновременно с ее составом. Предварительные эксперименты показали, что добавление к исследованным смесям хлора в количестве близком к стехиометрическому по водороду приводит к резкому (приблизительно втрое) увеличению генерируемой энергии. При этом содержание воды в продуктах снижается до 2 – 4%.

В заключение следует отметить, что использование в описанной установке жидкого азота является экспериментальным приемом помещения исходного вещества в реакционный объем. В принципе эксперименты могут проводиться при комнатных температурах с использованием других веществ.

Физический факультет  
Московского  
государственного университета  
им. М.В.Ломоносова

Поступила в редакцию  
12 мая 1971 г

### Литература

- [ 1 ] В.К. Конюхов, А.М. Прохоров. Авторское свидетельство №223954 приоритет 19/2 1966 г. Б.И. №25, 1968 г.
- [ 2 ] В.К. Конюхов, А.М. Прохоров. Письма в ЖЭТФ, 3, 436, 1966.
- [ 3 ] Н.Г. Басов, А.Н. Ораевский. ЖЭТФ, 44, 1742, 1963.
- [ 4 ] Н.Г. Басов, А.Н. Ораевский, В.А. Щеглов. ЖТФ, 37, 339, 1967; ЖТФ, 38, 203, 1968.
- [ 5 ] А.С. Бирюков, Б.Ф. Гордиец, А.А. Шелегин. ЖЭТФ, 57, 585, 1969.
- [ 6 ] В.Н. Конюхов, Н.Б. Матросов, А.М. Прохоров, Д.Т. Шалунов, Н.И. Широков. Письма в ЖЭТФ, 10, 84, 1969.
- [ 7 ] А.П. Дронов, А.С. Дьяков, Е.М. Кудрявцев, Н.И. Соболев. Письма в ЖЭТФ, 11, 516, 1970.
- [ 8 ] Donald M. Kuehn, Dakil T. Monson. Appl. Phys. Lett., 16, 48, 1970.
- [ 9 ] Bronfin Barry R, Boedeker Layrence R, Cheyer John P. Appl. Phys. Lett., 16, 214, 1970.
- [ 10 ] Gerry Edward T. IEEE, Spectrum, 7, 51, 1970.