

УДК 535.536

В.И. Букатый, О.В. Гаськова

**Исследование акустических сигналов при оптическом пробое, инициируемом электрическим разрядом**

Несмотря на то, что оптический пробой газа, впервые полученный в 1963 г., исследован достаточно хорошо, эффект генерации акустических возмущений плазмой оптического пробоя остается сравнительно мало изученным. Для низковольтного коллективного оптического разряда предложена газодинамическая модель, основанная на эволюции сферически-симметричного микрофакала, возникающего на аэрозольной частице, в паровоздушном ореоле которого и происходит формирование скачка давления [1]. Однако в последнее время для изучения сложных систем, таких как, например, оптический разряд, стали применять методы нелинейной физики. Авторами работы [2] показано, что формирование акустических волн в разряде светового горения может быть связано с процессами самоорганизации, т.е. обретения системой функциональной структуры. В данной статье исследуются звуковые волны, излучаемые плазмой оптического пробоя, инициированного путем электрического разряда в области фокуса. Немного металла, испаренного с поверхности электродов, достаточно для возникновения затравочной плазмы, которая подхватывается излучением лазера и распространяется от фокуса навстречу лазерному лучу до того сечения светового канала, где интенсивности лазерного излучения достаточно для ее поддержания. Схема экспериментальной установки показана на рисунке 1.

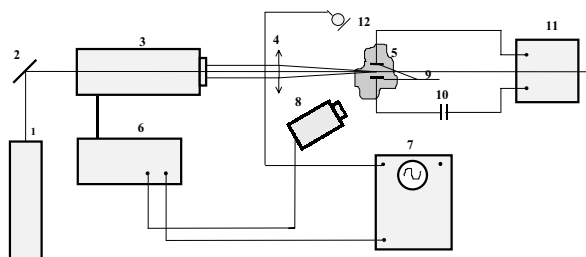


Рис. 1. Схема экспериментальной установки для исследования акустических возмущений:

- 1 - He-Ne-лазер; 2 - делительная пластина;
- 3 - Nd-лазер; 4 - линза; 5 - плазма оптического разряда; 6 - блок питания Nd - лазера;
- 7 - двухканальный осциллограф С9-8;
- 8 - высокоскоростная кинокамера ВСК-5;
- 9 - электрический разрядник; 10 - конденсатор;
- 11 - блок питания; 12 - датчик акустических колебаний

Разряд обеспечивался фокусировкой излучения неодимового лазера ГОС-1001 с длиной волны 1,06 мкм и максимальной энергией в импульсе 500 Дж линзой с фокусным расстоянием 50 см в фокальном пятне с поперечным размером  $2R = 5$  мм. Лазер работал в режиме свободной генерации с длительностью импульса 0,75–1 мс по уровню 0,5. Контроль за фокусировкой обеспечивался излучением вспомогательного гелий-неонового лазера, излучение которого с помощью зеркал направлялось по оси воздействующего лазера. Звуковые сигналы принимались с датчика акустических колебаний КД-45 с полосой пропускания до 20 КГц. Датчик устанавливался на расстояниях  $r = 7-20$  см от центра фокальной области. Осциллограммы сигналов регистрировались запоминающим осциллографом марки С9-8 с частотой дискретизации 20 МГц, оцифровывались и затем подвергались фурье-обработке. Развертка осциллографа были синхронизирована с запускающим импульсом воздействующего лазера. Для описанного выше способа инициирования была определена пороговая интенсивность излучения, которая имеет значение  $I_{\text{пор}} = 5 \cdot 10^5$  Вт/см<sup>2</sup>. При этом длина разрядного промежутка  $l = 6,5$  мм, к иглам был подсоединен конденсатор  $C = 10$  мкФ, заряженный до напряжения 10 кВ. При незаряженном конденсаторе эффекта лазерной искры не было. Для регистрации процесса возникновения и развития плазменной области проводилась кадровая съемка процесса высокоскоростной кинокамерой ВСК-5, обеспечивающей скорость съемки до  $25 \cdot 10^4$  кадров в секунду. Размеры плазменной области в продольном и поперечном направлениях составляют  $\approx 2$  и 1 см соответственно

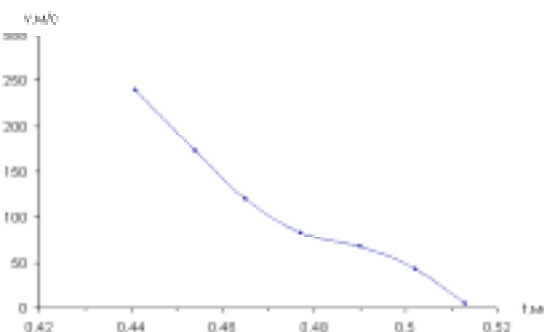


Рис. 2. Скорость распространения фронта лазерной искры в направлении воздействия лазерного излучения

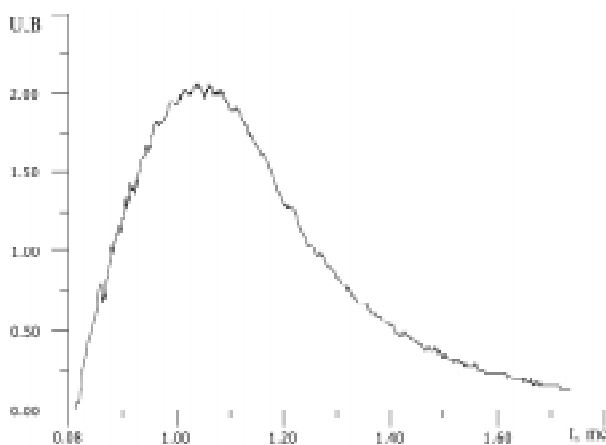


Рис. 3. Характерный вид сигнала с акустического датчика

На рисунке 2 показана зависимость скорости распространения переднего фронта разряда от времени в направлении лазерного излучения. Скорости движения заднего фронта несколько ниже, что обусловлено не абсолютной прозрачностью плазмы для воздействующего излучения. На рисунке 3 показан вид сигнала с акустического датчика.

Максимальная амплитуда давления в звуковой волне  $P = 3 \cdot 10^5$  Па. Искровой разряд между элект-

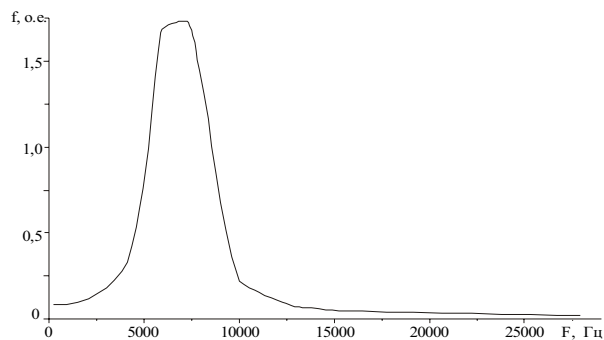


Рис. 4. Частотный спектр акустического сигнала при оптическом пробое

родами также является источником звука, вызываемого ударной волной, источником которой служит резкое повышение давления от интенсивного выделения тепла в искровом канале при прохождении разрядного тока. Был оценен спектр сигнала электрического разряда в отсутствии оптического излучения. Оказалось, что его интенсивность намного меньше, чем интенсивность сигнала оптического пробоя. Частотный спектр сигнала показан на рисунке 4. Спектральная оценка проводилась по  $N = 88$  отсчетам.

Авторы признательны А.С. Компанец за помощь при проведении экспериментов.

## Литература

1. Королев И.Я., Кособурд Т.П., Крикунова Э.М. и др. Комплексная диагностика области низкочастотного оптического пробоя в аэрозольной среде // ЖТФ. 1983. Т. 53. Вып. 8.

2. Букатый В.И., Тельнихин А.А. Динамика хаоса порядка в плазменно-радиационных системах. Барнаул, 1998.