

06;09

Инициирование детонации световым импульсом в тонком заряде пиротехнического состава ВС-2

© С.И. Герасимов¹⁻⁴, М.А. Илюшин⁵, П.Г. Кузнецов², С.М. Путис⁵, С.А. Душенок⁵, В.С. Роженцов¹

¹ Российский федеральный ядерный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики, Саров, Россия

² Саровский физико-технический институт — филиал Научно-исследовательского ядерного университета „МИФИ“, Саров, Россия

³ Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Нижний Новгород, Россия

⁴ Институт проблем машиностроения РАН — филиал Института прикладной физики РАН, Нижний Новгород, Россия

⁵ СКТБ „Технолог“, Санкт-Петербург, Россия

E-mail: s.i.gerasimov@mail.ru

Поступило в Редакцию 30 июля 2020 г.

В окончательной редакции 16 октября 2020 г.

Принято к публикации 16 октября 2020 г.

Представлены результаты инициирования пленочных зарядов пиротехнического состава ВС-2 лампами-вспышками. Впервые показано, что импульсное излучение ламп-вспышек вызывает в пленке состава ВС-2 детонацию, скорость которой составляет ~ 4300 м/с, а в алюминиевой пластине-свидетеле — деформацию, глубина которой зависит от толщины пленочного заряда состава ВС-2.

Ключевые слова: состав ВС-2, лампа-вспышка, детонация.

DOI: 10.21883/PJTF.2021.03.50567.18490

Взрывы зарядов светочувствительного пиротехнического состава ВС-2, состоящего из 90% комплексного перхлората ртути (II) [1] и 10% ПВМТ (оптически прозрачного сополимера 2-метил-5-винилтетразола и метакриловой кислоты по ТУ 38-403-208-88), были успешно иницированы как импульсным излучением твердотельных лазеров [2], так и лучом лазерного диода [3]. Подробно свойства светочувствительного состава ВС-2 описаны в работе [4].

Лампы-вспышки являются альтернативными лазерными источниками импульсного светового излучения видимого диапазона, вызывающими взрыв зарядов состава ВС-2 [5]. Лампами-вспышками в отличие, например, от лазерных диодов можно осуществить одновременное иницирование протяженных зон светочувствительных составов [6]. Целью работы является изучение возбуждения и развития взрыва при облучении пленочных зарядов состава ВС-2 импульсами некогерентного светового излучения.

На начальном этапе работы было необходимо оценить минимальную толщину пленки состава ВС-2 (кислородный баланс состава ВС-2 + 8.7%), которая гарантировала бы распространение в ней детонации. Мы допустили, что толщина пленочного заряда, обеспечивающая переход его горения в детонацию при облучении лампой-вспышкой, может быть пропорциональна минимальному заряду, определенному, например, по гексогену в гильзе от капсюля-детонатора № 8 при возбуждении пленки тепловым импульсом [7]. Проведенные испытания показали, что минимальный заряд пленки состава ВС-2, вызвавший детонацию запresseованного заряда гексогена, составил 14 ± 1 мг (среднее по четырем экспериментам). Сле-

довательно, пленка состава ВС-2 толщиной несколько десятков микрометров обеспечит протекание в ней детонации при возбуждении тепловыми источниками. Приведенные оценочные данные были использованы при изготовлении экспериментальных пленочных образцов зарядов состава ВС-2 размером 10×80 мм с плотностью ~ 1.2 г/см³ и толщиной ~ 0.55 мм (заряды № 1 и 2) или ~ 0.82 мм (заряды № 3 и 4), нанесенных на полированные алюминиевые листы (ГОСТ 1018) размером $23 \times 100 \times 0.15$ мм. Рентгеновская дефектоскопия полученных образцов (заряды № 1–4) состава ВС-2 (рентгеновский аппарат РЕИС-100И, Россия) показала, что пленочные заряды состава ВС-2 нанесены на алюминиевую фольгу неравномерно (имеются трещины покрытия, пустоты, плотности пленки состава ВС-2 на отдельных участках заряда отличаются от средней величины).

На следующем этапе работы заряды № 1–4 состава ВС-2 (предварительно закрепленные на алюминиевой пластине-свидетеле) облучались лампой-вспышкой ЭВИС-3, представляющей собой две пластины из оргстекла с шириной зазора 0.1 мм, соединенные миллиметровой стримерной дорожкой (металлизированной лавсановой пленкой) длиной 90 мм и толщиной ~ 1 мкм; время светового импульса ~ 1.5 мкс. Соединение и размещение оборудования в экспериментах осуществлялись в соответствии со схемой, представленной на рис. 1.

Цифровой осциллограф LeCroy WS 24Xs-A (США) регистрировал длительность вспышки ЭВИС-3 (яркостная температура $\sim 1.2 \cdot 10^4$ К, плотность мощности облучения вблизи источника $\sim 10^4$ Вт/см², энергия разрядного контура 150 Дж), экспозицию с электроно-

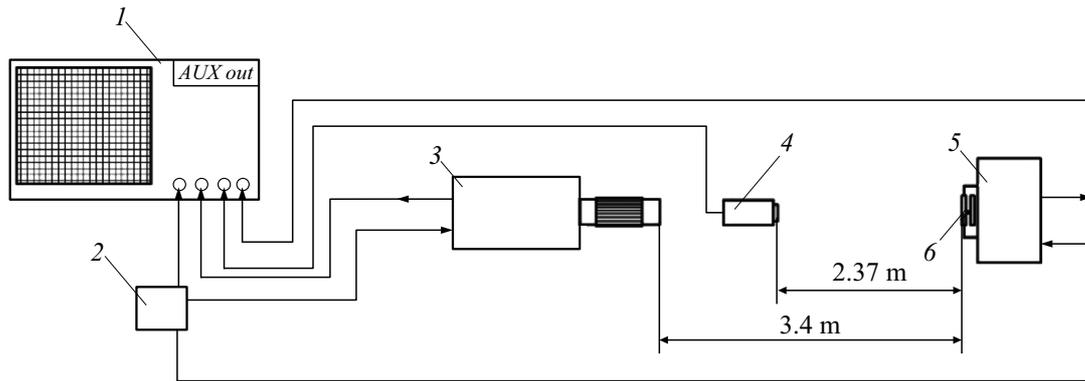


Рис. 1. Схема размещения и соединения оборудования. 1 — цифровой осциллограф, 2 — блок согласования, 3 — электронно-оптическая камера Наногейт 22/2, 4 — широкодиапазонный электронно-оптический фотометр, 5 — импульсный источник света, 6 — объект испытания.

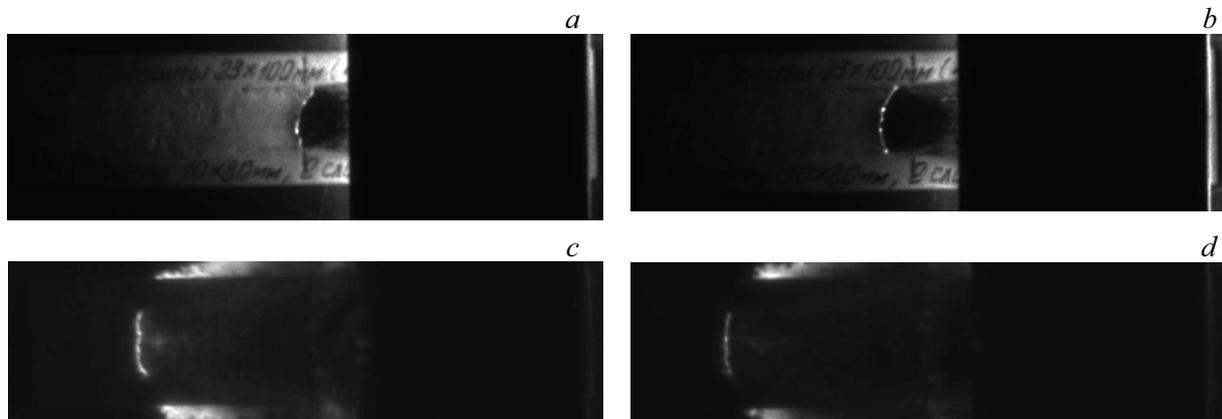


Рис. 2. Кадры регистрации детонации пленки состава ВС-2 камерой Наногейт 22/2 в опыте № 1. *a* — 10 μ s, *b* — 11 μ s, *c* — 17 μ s, *d* — 18 μ s.



Рис. 3. Вид пластины-свидетеля после взрыва пленочного заряда № 4 состава ВС-2.

оптической камеры Наногейт 22/2 (Россия) и сигнал широкодиапазонного электронно-оптического фотометра ШЭОФ-3К (Россия) в момент воспламенения состава ВС-2. Блок согласования запускал цифровой осциллограф и камеру.

В опытах с зарядами № 1–4 было зарегистрировано время задержки инициирования меньше 3 μ s и распространение детонационной волны в пленках состава ВС-2.

В качестве примера на рис. 2 представлены результаты регистрации детонации камерой Наногейт 22/2 в опыте № 1. Время отсчитывалось от момента подачи сигнала на запуск лампы-вспышки. Из рис. 2 видно, что детонационный фронт был искривлен и изменялся во времени.

Среднее экспериментальное значение скорости перемещения фронта детонационной волны в зарядах № 1–4 составило ~ 4375 и ~ 4505 м/с для пленок толщиной ~ 0.55 мм (заряды № 1 и 2), а для пленок толщиной ~ 0.82 мм (заряды № 3 и 4) скорость фронта ~ 4221 и ~ 4281 м/с. На основании полученных результатов можно предположить, что на скорость детонации более тонких пленок (заряды № 1 и 2) оказывает дополнительное влияние скорость звука в подложке (~ 5000 м/с).

На заключительном этапе исследований была проведена оценка максимальной деформации пластин-свидетелей под действием нормальной ударной волны пленочных зарядов (рис. 3).

Было показано, что после испытаний в зарядах № 1 и 2 глубина отпечатка составила 2.4 мм для обоих зарядов, а в зарядах № 3 и 4 глубина отпечатка составила 5.3 и 6.8 мм соответственно, что доказывает необ-

ходимость продолжения работ для выяснения причин различного бризантного действия образцов одинаковой толщины в приведенных экспериментах.

Таким образом, впервые показано, что свет лампы-вспышки инициирует в пленке пиротехнического состава ВС-2 детонацию, вызывающую деформацию алюминиевой пластины-свидетеля, величина которой напрямую зависит от толщины пленочного заряда состава ВС-2.

Финансирование работы

Работа поддержана Российским фондом фундаментальных исследований (грант 17-03-00566).

Конфликт интересов

Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Список литературы

- [1] М.А. Илюшин, И.В. Целинский, Патент RU № 2 225 840 С2 (2004).
- [2] S.R. Ahmad, M. Cartwright, *Laser ignition of energetic materials* (John Wiley & Sons, Chichester, 2015).
- [3] С.И. Герасимов, М.А. Илюшин, В.А. Кузьмин, Письма в ЖТФ, **41** (7), 66 (2015).
- [4] М. Илюшин, И. Шугалей, А. Судариков, *Высокоэнергетические металлокомплексы: синтез, свойства, применение* (Lambert Academic Publishing, Saarbrücken, 2017).
- [5] S.I. Gerasimov, M.A. Ilyushin, V.A. Kuz'min, I.V. Shugalei, *Cent. Eur. J. Energ. Mater.*, **12** (4), 671 (2015).
- [6] С.И. Герасимов, В.А. Кикеев, А.П. Фомкин, ЖТФ, **86** (11), 125 (2016).
- [7] R. Matyáš, J. Pachman, *Primary explosives* (Springer, Heidelberg, 2013). <https://doi.org/10.1007/978-8-642-28436-6>