

ВОСПЛАМЕНЕНИЕ АЗИДА И СТИФНАТА СВИНЦА НЕПРЕРЫВНЫМ ЛАЗЕРНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ БЛИЖНЕГО ИНФРАКРАСНОГО ДИАПАЗОНА*

В. И. Колесов¹, А. Н. Коновалов², Е. О. Корепанова³, В. А. Ульянов⁴, Н. В. Юдин⁵

Аннотация: Изучен процесс воспламенения инициирующих взрывчатых веществ (ВВ): азид свинца (АС) и стифната свинца и их смесей с 0,5% наноалюминия — лазером с непрерывной накачкой и волоконной доставкой излучения с длиной волны 0,98 мкм. Исследована задержка воспламенения данных материалов при разной мощности лазерного излучения — от 0,1 до 10 Вт. Установлено, что время задержки воспламенения обратно пропорционально мощности лазерного излучения в степени 5–10 для чистых веществ. Смеси с 0,5% наноалюминия прогреваются до воспламенения на порядок быстрее. Для них время задержки воспламенения обратно пропорционально мощности лазерного излучения в степени 1,9–2,3.

Ключевые слова: воспламенение; лазерное инициирование; инициирующие взрывчатые вещества; лазерное излучение; детонация

DOI: 10.30826/CE19120316

Литература

1. Адуев Б. П., Ананьева М. В., Звекоев А. А., Каленский А. В., Кригер В. Г., Никитин А. П. Микроочаговая модель лазерного инициирования взрывного разложения энергетических материалов с учетом плавления // Физика горения и взрыва, 2014. Т. 50. № 6. С. 92–99.
2. Разин А. В. Временные характеристики взрывного разложения азидов тяжелых металлов при лазерном импульсном инициировании: Дис. . . . канд. физ.-мат. наук. — Томск, 2015.
3. Akhmetshin R., Razin A., Ovchinnikov V., Skripin A., Tsipilev V., Oleshko V., Zarko V., Yakovlev A. Effect of laser radiation wavelength on explosives initiation thresholds // J. Phys. Conf. Ser., 2014. Vol. 552. No. 1. P. 012015.
4. Бачурин В. Н., Дмитриев А. К., Коновалов А. Н., Кортюнов В. Н., Ульянов В. А., Юдин Н. В. Нагрев и воспламенение пороха непрерывными лазерами ближнего ИК диапазона // Мат-лы VIII Всеросс. конф. «Энергетические конденсированные системы». — Черно-голова, 2016. С. 114–119.
5. Бачурин Л. В., Колесов В. И., Коновалов А. Н., Ульянов В. А., Юдин Н. В. Нагрев и воспламенение ε -ГНИВ непрерывными лазерами ближнего ИК диапазона // Горение и взрыв, 2017. Т. 10. № 3. С. 76–81.
6. Бачурин Л. В., Колесов В. И., Коновалов А. Н., Ульянов В. А., Юдин Н. В. Нагрев энергоемких материалов непрерывным лазерным излучением ближнего ИК диапазона // Физика горения и взрыва, 2018. Т. 54. № 4. С. 84–95.
7. Дмитриев А. К., Колесов В. И., Коновалов А. Н., Тюрина В. С., Ульянов В. А., Юдин Н. В. Нагрев и воспламенение пиротехнических композиций лазерным излучением ближнего инфракрасного диапазона // Горение и взрыв, 2018. Т. 11. № 3. С. 97–103. No. 1. P. 012015.
8. McGrane S. D., D. S. Moore. Continuous wave laser irradiation of explosives // Propell. Explos. Pyrot., 2011. Vol. 36. P. 327–334.
9. Herreros D. N., Fang Xiao. Laser ignition of elastomer-modified cast double-base (EMCDB) propellant using a diode laser // Opt. Laser Technol., 2017. Vol. 89. P. 21–26.
10. Александров Е. И., Вознюк А. Г. Иницирование азид свинца лазерным излучением // Физика горения и взрыва, 1978. Т. 14. № 4. С. 86–91.
11. Hagan J. T., Chaudhri M. M. Low energy laser initiation of β lead azide // J. Mater. Sci., 1981. Vol. 16. P. 2457–2466.
12. Александров Е. И., Ципилев В. П. Размерный эффект при инициировании прессованного азид свинца ла-

* Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования в рамках выполнения работ по Государственному заданию ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН в части «оптических методов диагностики лазерного нагрева» и Российского фонда фундаментальных исследований (№ 16-29-01072-офи) в части «подготовки ЭМ, фотопоглощающих добавок и образцов».

¹ ФГБОУ ВО РХТУ им. Д. И. Менделеева, Kolesov2116@mail.ru

² ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН, ank27.ift@mail.ru

³ ФГБОУ ВО РХТУ им. Д. И. Менделеева, liza_ko@bk.ru

⁴ ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН, vaul595@mail.ru

⁵ ФГБОУ ВО РХТУ им. Д. И. Менделеева, yudin@rctu.ru

- зерным моноимпульсным излучением // Физика горения и взрыва, 1981. № 5 С. 77–80.
13. Александров Е. И., Ципилев В. П. Влияние давления прессования на чувствительность азида свинца к действию лазерного излучения // Физика горения и взрыва, 1982. № 2. С. 100–103.
 14. Медведев В. В. Взрывное разложение слабоспрессованных порошков азида свинца в широком диапазоне длительностей воздействия лазерного импульса // Физика горения и взрыва, 2008. Т. 44. № 5. С. 98–100.
 15. Fang Xiao, McLuckie W. G. Laserignitibility of insensitive secondary explosive 1,1-diamino-2,2-dinitroethene (FOX-7) // J. Hazard. Mater., 2015. Vol. 285. P. 375–382.
 16. Fang Xiao, Ahmad S. R. Laser ignition of an optically sensitised secondary explosive by a diode laser // Cent. Eur. J. Energ. Mat., 2016. Vol. 13. No. 1. P. 103–115.
 17. Mitrofanov A., Zverev A., Ilyakova N., Krechetov A., Khanefi A., Dolgachev V. Sensitization of PETN to laser radiation by opaque film coating // Combust. Flame, 2016. Vol. 172. P. 215–221.
 18. Fang Xiao, Sharma M., Stennett C., Gill P. P. Optical sensitisation of energetic crystals with gold nanoparticles for laser ignition // Combust. Flame, 2018. Vol. 183. P. 15–21.
 19. Кондриков Б. Н., Олемиллер Т., Саммерфилд М. Воспламенение и газификация баллиститного пороха под действием излучения CO₂-лазера // Труды МХТИ им. Д. И. Менделеева, 1974. Вып. 83. С. 67–78.
 20. Андреев К. К., Беляев А. Ф. Теория взрывчатых веществ. — М.: Оборонгиз, 1960. 597 с.
 21. Синдицкий В. П., Егоршев В. Ю., Березин М. В., Серушкин В. В., Мидехин Ю. М., Гусев С. А., Матвеев А. А. Закономерности и механизм горения высокоэнергетического каркасного нитраминагексанитрогексаазаизовюрцитана // Ж. хим. физики, 2003. Т. 22. С. 64–69.
 22. Зельдович Я. Б. Теория предела распространения тихого пламени // ЖЭТФ, 1941. Т. 11. С. 159–168.
 23. Алешин В. Д., Светлов Б. С., Фогельзанг А. Е. Об особенности горения смесей, содержащих быстрогорящее взрывчатое вещество // Физика горения и взрыва, 1970. № 4. С. 432–438.
 24. Кутузов Б. Н. Разрушение горных пород взрывом: учебник для вузов. — 3-е изд. — М.: МГИ, 1992. 516 с.
 25. Граевский М. М. Справочник по электрическому взрыванию зарядов ВВ. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Рандеву-АМ, 2000. 448 с.

Поступила в редакцию 26.02.19