ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ВОЗНИКНОВЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ВЗРЫВЧАТОГО ПРЕВРАЩЕНИЯ В ВЫСОКОДИСПЕРСНЫХ ВТОРИЧНЫХ ВВ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

С. В. Баталов, И. А. Мальцев, С. С. Устинов

ФГУП «РФЯЦ – ВНИИТФ им. академ. Е. И. Забабахина», Снежинск, Россия

Инициирование вторичных взрывчатых веществ (ВВ) лазерным излучением представляет интерес для многих прикладных областей, где предъявляются повышенные требования к надежности и безопасности. Практическое применение лазерного инициирования долгое время сдерживалось низкой чувствительностью большинства вторичных ВВ к лазерному излучению в ИК области спектра [1, 2]. Одним из перспективных направлений снижения порога чувствительности вторичных ВВ к лазерному излучению является применение технологии модифицирования с использованием фуллероидных углеродных наномодификаторов. Добавление углерода в концентрации от долей до нескольких процентов повышает чувствительность вторичных ВВ к лазерному излучению на порядок [3].

В докладе приведены результаты сравнительных исследований по лазерному инициированию высокодисперсного вторичного ВВ перхлорат(5-нитротетразолато-N²) пентаамминкобальта(III) (в международной классификации NCP, НКТ [4]), модифицированного астраленом (НКТ-м).

Источником инициирующего импульса являлся лазерный модуль мощностью до 200 Вт с оптоволоконным выходом на основе полупроводниковых лазерных диодов (ЛД) мощностью 20 Вт с длиной волны излучения (915 ± 5)нм.

Схема экспериментального узла для лазерного инициирования исследуемых образцов приведена на рис. 1.



Рис. 1. Схема экспериментального узла:

I – исследуемый образец ВВ; 2 – оптический подпор; 3 – оптический разъем; 4 – инициирующее оптическое волокно;
5 – регистрирующее оптическое волокно; 6 – электроконтактный датчик

В экспериментах регистрировались время индукции $t_{\rm инд}$ (интервал времени от момента подачи инициирующего импульса до начала процесса взрывчатого превращения) и время срабатывания $t_{\rm pa6}$ (интервал времени от момента подачи инициирующего импульса до начала формирования выходного ударно-волнового импульса). Для каждой толщины оптического подпора (диаметра светового пятна d) для образцов из ВВ НКТ-м определялась пороговая плотность энергии инициирования $W_{\rm kp}$, определяемая отношением энергии $E_{\rm kp}$ к площади пятна излучения на границе оптического подпора и ВВ (рис. 2).

Параметры инициирующего импульса и значения зарегистрированных характеристик взрывчатого превращения представлены в табл. 1.

На рис. 3 приведены характерные профили давления на фронте взрывной волны в исследуемых образцах из ВВ НКТ и НКТ-м при лазерном инициировании.

Результаты показали, что введение в ВВ НКТ 0,2% астралена позволяет снизить пороговую энергию инициирования с 4 до 0,2 мДж. При этом происходит увеличение амплитуды давления на фронте взрывной волны с 4,5 ГПа для образцов из ВВ НКТ до 10 ГПа для образцов из ВВ НКТ-м и уменьшение времени tинд. При увеличении диаметра области облучения исследуемых образцов из ВВ НКТ-м с 0,13 мм до 2,77 мм пороговая плотность энергии инициирования снижается с 1,53 до 0,31 Дж/см². Полученные результаты могут быть объяснены как увеличением поглощения квантов излучения наночастицами астралена (доля поглощенной ими энергии может достигать 90%), так и созданием условий, когда при воздействии лазерного излучения на частицы астралена через люминесценцию обеспечивается переход молекулярного кислорода в высокостабильное синглетно-возбужденное состояние с временем жизни порядка десятков и сотен миллисекунд, что создает в инициируемом BB благоприятные условия для более активного возникновения и протекания реакции дефлаграционного



Рис. 2. Зависимость пороговой плотности энергии $W_{\rm кp}$ инициирования образцов ВВ НКТ-м от диаметра светового пятна d

Таблица 1

Сравнительные результаты параметров лазерного инициирования прессованных образцов из ВВ НКТ и НКТ-м

BB	$\tau_{_{\rm HM\Pi}}$, MKC	$E_{\rm кp}$, мДж	<i>d</i> , мм	$t_{\rm инд}$, мкс	$t_{\rm paб}$, мкс	<i>Р</i> , ГПа
НКТ	100	4,0	0,13	56,2	62,9	4,5
НКТ-м		0,2		28,5	34,8	9,9



Рис. 3. Профили давления на фронте взрывной волны в прессованных образцах из ВВ НКТ и НКТ-м

горения с последующим переходом в детонацию [5, 6]. Полученные на примере ВВ НКТ-м результаты позволяют определить оптимальное соотношение параметров инициирующего импульса и быстродействия при разработке исполнительных элементов систем инициирования на основе вторичных ВВ с лазерным задействованием и использованием малогабаритных и недорогих полупроводниковых ЛД.

Литература

1. Зегря, Г. Г., Савенков Г. Г., Зегря А. Г. и др. // Журнал технической физики. – 2020. – Т. 90. Вып. – 10. – С. 1708–1714.

2. **Таржанов, В. И.** Быстрое инициирование ВВ. Особые режимы детонации [Текст] : сб. научн. ст. – Снежинск : Изд-во РФЯЦ – ВНИИТФ, 1998. – С. 168.

3. **Абдрашитов, Г. О.**, Аверьянов А. О., Бальмаков М. Д., Илюшин М. А. и др. // Журнал прикладной химии. – 2019. – Т. 92. – Вып. 2. – С. 217–222.

4. Пат. №2729490 Российская федерация. Инициирующий состав и способ его получения [Текст] / Баталов С. В., Агеев М. В., Федотов С. А., Смирнов А. В., Ведерников Ю. Н. ; 2020.

5. **Белоусов, В. П.**, Белоусова И. М., Будтов В. П. и др. // Оптический журнал. – 1997. – Т. 64, № 12. – С.3–37.

6. Дидюков, А. И., Кулагин Ю. А., Шелепин Л. А., Ярыгина В. Н. // Квантовая электроника. – 1989. – Т. 16, № 5. – С. 892–904.