

КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АЛЬ-ФАРАБИ
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ И ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ
НАЦИОНАЛЬНАЯ НАНОТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛАБОРАТОРИЯ ОТКРЫТОГО ТИПА

Сборник трудов
III международной научной конференции
**СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ФИЗИКИ
КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ,
НАНОТЕХНОЛОГИЙ И НАНОМАТЕРИАЛОВ**

15-16 мая 2014 г.



Алматы 2014

ПРИМЕНЕНИЕ НАНОДИСПЕРСНЫХ ПОРОШКОВ МЕТАЛЛОВ В КОНДЕНСИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ

А.Е. Баккара, Г.Т. Смагулова, Б.Т. Лесбаев

КазНУ имени аль-Фараби, Казахстан, Алматы

К гетерогенным конденсированным смесям (ГКС) относятся конденсированные вещества, способные к самоподдерживающемуся горению и состоящие из порошкообразных компонентов, спрессованных, либо распределенных в полимерном связующем. Характерной особенностью гетерогенных конденсированных смесей является большое объемное содержание в них дисперсных компонентов, которое может достигать 90% и более [1]. Преимуществом гетерогенных конденсированных смесей является возможность варьирования соотношения компонентов, что позволяет изменять в широком диапазоне технические характеристики высокоэнергетических твердых топлив.

Наиболее известными классами ГКС являются смесевые твердые ракетные топлива, смесевые взрывчатые вещества, пиротехнические составы и термитные составы (СВС-системы). Все эти ГКС, несмотря на большое отличие в свойствах, как отдельных компонентов, так и систем в целом, обладают рядом общих особенностей. В первую очередь, это проявляется в том, что их самоподдерживающееся горение невозможно без взаимодействия (химического, теплового, механического и т.д.) компонентов, которое происходит как в гетерогенном режиме, так и в гомогенном на этапе взаимодействия газообразных или жидких продуктов разложения [2]. В настоящей работе основное внимание уделяется первому и наиболее распространенному с точки зрения практических приложений классу ГКС – смесевым твердым ракетным топливам. Смесевые твердые ракетные топлива представляют собой сложные композиционные материалы, содержащие дисперсные компоненты, распределенные в полимерном связующем. Основными дисперсными компонентами смесевых твердых ракетных топлив являются окислитель (перхлорат аммония, нитрат аммония и др.), энергетические добавки, к которым относятся измельченные взрывчатые вещества, такие как, нитрамини (октоген (HMX) и гексоген (RDX)), а также порошкообразные металлы (алюминий, магний и др.) или их гидриды [3, 4]. В данной статье рассмотрены гетерогенные конденсированные системы, используемые в качестве топлива для ракетных двигателей малой мощности, используемые для запуска сигнальных и фейерверочных ракет, а также для управления направлением движения летательных аппаратов во время полета.

К твердым ракетным топливам для двигателей малой мощности предъявляются следующие требования:

- равномерность распределения компонентов и, следовательно, постоянство физико-химических и энергетических свойств;
- устойчивость и закономерность горения в камере ракетного двигателя;
- комплекс физико-механических свойств, обеспечивающих работоспособность двигателя в условиях перегрузок, переменной температуры, вибраций, что очень важно при конструировании ракетных двигателей малой мощности.

Также топливо должно отвечать основным экологическим нормам и, по возможности, иметь низкотоксичные продукты, безопасные для окружающей среды, что не всегда возможно при использовании топлив на основе перхлората.

В предлагаемой работе были изготовлены два вида гетерогенных конденсированных систем на основе нитрата калия и углеводородных горючих – сорбита и сахарозы, при горении которых не выделяются токсичные продукты.

Основные компоненты изготовленных ГКС: калиевая селитра KNO_3 – 65% и сорбит (сорбитол) $C_6H_{14}O_6$ или сахар (сахароза) $C_{12}H_{22}O_{11}$ – 35%.

Процесс изготовления образцов ГКС состоит из трех основных стадий: подготовка компонентов (сушка и измельчение), плавление компонентов и формовка образцов.

Перед добавлением селитры в состав ГКС проводилась ее предварительная сушка при температуре 100-150°C в течение 2-х часов. Затем просушенную селитру измельчали в мельнице. Необходимые количества сорбита и KNO_3 в соотношении 35/65 перемешивали в течение нескольких минут.

Следующим этапом изготовления является плавление компонентов. Процесс плавления проводился при температуре 120-145°C в толстостенной посуде из нержавеющей стали, которая демпфирует колебание температуры. Экспериментально выявлено, что температура 120-145°C является оптимальной температурой плавления, при которой все компоненты смеси принимают вязко-текучее состояние, необходимое для заливки в формы. При дальнейшем нагревании топливо начинает разлагаться, а перегрев выше 180°C недопустим, ввиду начала процесса зауглерачивания.

Рассмотрены системы на основе нитрата калия и углеводородных горючих – сорбита и

сахарозы с добавлением различного количества микронного порошка алюминия и других стабилизирующих добавок. Порошок алюминия вводился, чтобы повысить энергетические характеристики топлива. С добавлением алюминия (АПВ) температура процесса горения ГКС повысилась. При этом добавление равного количества алюминия по разному сказывалось на процесс горения ГКС в зависимости от исходного углеводородного горючего.

При формировании образцов ГКС внутри топливного заряда образуются пустоты, вследствие недостаточного уплотнения массы, что сильно сказывается на равномерности горения всего заряда. Для предотвращения указанных недостатков и повышения энергетических характеристик топлива, в исходную смесь ГКС добавляли в качестве металлического горючего алюминий (АПВ) микронного размера в количестве 2-6 % и оксида железа (III) в количестве 1% сверх общей массы. Добавление частиц алюминия (АПВ) приводит к повышению температуры горения ГКС на 100-150°C, добавление нанодисперсных оксидов железа существенно стабилизирует процесс горения ГКС, что в совокупности приводит к увеличению удельной тяги топлива на 15 – 20%.

1. Рашковский С.А., Гремячкин В.М. Агломерация алюминия при горении смесевых твердых ракетных топлив // В кн. Законы горения, гл.10, М.: Энергомаш, 2006.
2. В.Н. Попок, Н.И. Попок, Л.А. Савельева, Е.С. Синогина. Влияние ультрадисперсных порошков на горение конденсированных систем на основе нитрат аммония // ПОЛУЗУНОВСКИЙ ВЕСТНИК – 2007. -№ 3. –С. 91-97.
3. Попок В.Н., Савельева Л.А. Горение высокоэнергетических материалов на основе нитрата аммония и инертной связки // Электронный научный журнал «ИССЛЕДОВАНО В РОССИИ» 333 <http://zhurnal.apc.relam.ru/articles/2007/035.pdf>

НОВЫЙ ТИП CdTe-ПРИЕМНИКА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

А.С. Ачилов, Б.Н. Заверюхин, А.Ш. Мирсагатов

ФТИ НПО «Физика-Солнце» Академия наук, Ташкент, Узбекистана

Известно, что приемники электромагнитного X - и γ -излучения из A^2B^6 -монокристаллов (с барьерами Шоттки или p - n -переходами) создаются и используются уже длительное время, например, [1]. Особо отметим, что технология таких A^2B^6 приемников сложна и в них имеет место эффект поляризации (ЭП), ухудшающий их функциональные характеристики [2]. Были созданы также пленочные n - p -CdTe-приемники (ПП) мягких X -квантов без ЭП [3], но эти ПП имеют малую толщину чувствительной области (базы) $d \approx 30 \mu\text{m}$, что не позволяет эффективно регистрировать X -кванты и ядерные частицы более высоких энергий (E), например, α - частицы с $E_\alpha \geq 6 \text{ MeV}$. Целью данной работы являлось создание нового типа пленочного Al- p -CdTe-Мо-приемника с барьером Шоттки и $d \geq 100 \mu\text{m}$, исследование его структуры, характеристик и способности работать в спектрометрическом режиме. При этом в базе такого приемника должна (при обратных напряжениях смещения V) возникать протяженная высокоомная область за счет нового механизма «инжекционного обеднения». Такой механизм впервые был теоретически исследован в [4] для полупроводниковых структур при прямых V .

Пленочные приемники с барьером Шоттки были созданы нами путем напыления алюминия в вакууме ($\sim 10^{-6} \text{ Torr}$) на поверхность крупноблочных CdTe-пленок p -типа проводимости, выращенных на молибденовой подложке (Мо). Электрический фронтальный контакт из алюминия (Al) имел толщину 50 \AA и площадь $S \approx 1 \text{ cm}^2$. Тыловым электрическим контактом являлась Мо-подложка. Пленки p -CdTe имели удельное сопротивление $\rho \approx (2-3) \cdot 10^7 \Omega \cdot \text{cm}$ и время жизни неосновных носителей $\sim 10^{-6} \text{ s}$. Пленки обладали столбчатой структурой кристаллитов в направлении роста и представляли собой практически монокристалл. Размеры кристаллитов в поперечном сечении составляли от 150 до 200 μm . Толщина пленок p -CdTe была 120–150 μm и их кристаллиты пронизывали всю толщину пленки. Для выяснения реального строения Мо- p -CdTe-Al структуры был проводился рентгеноструктурный фазовый анализ с помощью дифрактометра ДРОН-3М (излучение $\text{CuK}\alpha$, $\lambda = 0.15418 \text{ nm}$) при $T = 300 \text{ K}$.

Было обнаружено, что вблизи Мо-контакта имеется кристаллическая фаза MoO_3 с ромбической структурой n -типа, шириной запрещенной зоны $E_g = 2,7 \text{ eV}$, а ее три параметра решетки имели следующие экспериментальные значения; $a_{\text{exp}} = 0.3962 \text{ nm}$, $b_{\text{exp}} = 1.3983 \text{ nm}$ и $c_{\text{exp}} = 0.3638 \text{ nm}$ близкие к табличным значениям. Анализ рентгенограммы самой пленки p -CdTe (рис. 1а) показывает, что присутствующие на рентгенограмме интенсивные структурные линии вызваны кристаллической решеткой полупроводниковой фазы пленки p -CdTe, а именно; (111), (220), (400), (331), (422), (511). Таким образом, в дифракционном спектре пленки присутствуют все интенсивные линии характерные для сфалеритной решетки p -CdTe. Это означает, что полученная пленка имеет поликристаллическую структуру и ее кристаллиты преимущественно ориентированы по направлению (111). Следовательно, в пленке