РАЗМЕРНЫЙ ЭФФЕКТ ВЗРЫВНОГО РАЗЛОЖЕНИЯ АЗИДА СЕРЕБРА ИМПУЛЬСНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ

Каленский А.В., Кригер В.Г., Ананьева М.В.
Кемеровский государственный университет, Кемерово, Россия
kriger@kemsu.ru

Экспериментальное исследование кинетики процессов, приводящих к взрывному разложению азидов тяжелых металлов (АТМ) при внешних имульсных воздействиях интенсивно проводились последние тридцать лет.

Цепная природа взрывного разложения АТМ доказана экспериментально и теоретически, в то-же время в литературе нет единого мнения о природе основных стадий процесса.

Основные трудности идентификации элементарных стадий зарождения и развития цепной реакции связаны с тем, что экспериментально исследованы закономерности только самоускоряющихся режимов взрывного разложения. Для разработки экспериментально обоснованного на уровне элементарных стадий механизма разветвленной твердофазной цепной реакции особенно актуальным является исследование кинетики допороговых режимов процесса и закономерностей перехода реакции из затухающего в самоускоряющийся режим при повышении интенсивности внешнего импульсного воздействия, что является целью настоящей работы.

Рассмотрим действие на кристалл азида серебра импульсного лазерного излучения длительностью 20 нс. С учетом влияния поверхности на развитие реакции кинетика процесса будет описываться системой интегро-дифференциальных уравнений [1]:

$$\begin{cases} dp/dt = G(t) - 2k_2 p^2 - k_r p + 3k_1 bA + D\Delta p, \\ dA/dt = k_2 p^2 - k_1 A, \\ dN_2/dt = 3k_1 A, \qquad D\dfrac{dp}{dx}_{x=0,\, x=l} = sp, \\ b = (L - p - 1{,}5[\mathrm{N}_2] - 2\mathrm{A})/L; \end{cases} \tag{1}$$

где s=5*10^5 см/с – скорость поверхностной рекомбинации в кристаллах азида серебра, граничное условие - учитывающее темп рекомбинации носителей заряда на поверхности, b -член, учитывающий выгорание анионной подсистемы кристалла в результате реакции. L-число Лошмидта.

В работе [1] показано, что с уменьшением размера кристалла пороговая плотность энергии (H_k) перехода

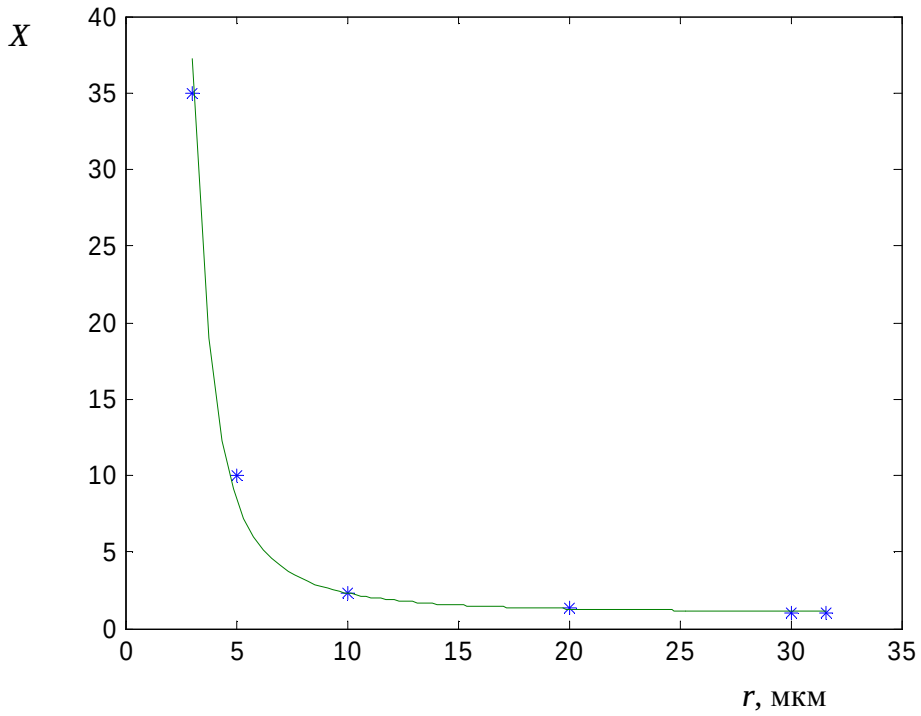

Рис. 1 Зависимость критической плотности энергии инициирования кристаллов азида серебра (в относительных единицах) от размера кристалла, точки – эксперимент, линия – расчет по формуле (2).

медленного разложения во взрывное существенно увеличивается. В рамках модели это связано с повышенной скоростью рекомбинации электрон-дырочных пар на поверхности кристалла. Экспериментальные исследования зависимости H_k от размера кристалла (*r*) выполнены на установке, описанной в [2]. Показано, что H_k увеличивается более чем в 30 раз при уменьшении r в интервале от 100 до 3 мкм. На рис. 1 представлена зависимость критической плотности энергии инициирования кристаллов азида серебра (в относительных единицах $X(H/H_k)$) от размера кристалла, точки – эксперимент, линия – расчет по выражению:

$$X = \frac{[1+\frac{z}{t_x(i)\cdot x(1)}+2(1+\frac{z}{t_x(i)\cdot x(1)})^2 * x(2)]}{[1+2*x(2)]} \qquad (2)$$

где $z = p^2 \cdot D$, $x(1)=k_r=2.68*10^6$ с$^{-1}$, $x(2)=k_r/k_1=0.14$, $t_x(i)=r^2$.

После действия импульсного излучения большие (r>50мкм) кристаллы либо взрываются при превышении порога инициирования, либо с ними никаких видимых изменений (включая вспышку свечения) не происходит. Инициирование мелких кристаллов сопровождается появлением промежуточной области энергий импульса, в которой наблюдается свечение кристалла и видимое потемнение образцов. При меньших энергиях импульса вспышка и разложение не наблюдается, при больших – реакция переходит в самоускоряющийся режим и оканчивается взрывным разложением кристалла.

Проведена обработка кинетических закономерностей свечения кристаллов размерами от 3 до 30 мкм при изменении плотности энергии импульса от появления эффекта до H_k. Построены зависимости величины максимума, константы скорости нарастания и спада свечения от энергии импульса.

Для определения параметров модели в системе Matlab создан пакет прикладных программ решения обратной кинетической задачи. Экспериментальная и теоретическая кинетическая зависимости люминесценции были нормированы на максимальные значения и сравнивались методом наименьших квадратов. Правая часть системы ОДУ задавалась отдельной функцией, константы элементарных стадий в которых являлись подгоночными параметрами. Показано, что все экспериментальные закономерности качественно и количественно описываются в рамках сформулированной в [1] модели разветвленной цепной реакции импульсного инициирования АТМ. Полученные при решении обратной кинетической задачи параметры модели в пределах одного порядка совпадают с оцененными в [1]. Работа выполнена при поддержке РФФИ.

Литература

1. Кригер В.Г., Каленский А.В.// ХФ. 1996. Т15. №3, С 40-48.
2. В.Г. Кригер, А.В. Каленский, В.П. Ципилев, Ю.А. Захаров //Фундаментальные проблемы современного материаловедения. 2004, № 1. - С.169-173.