

МЕХАНИЗМ РОСТА МИКРОКРИСТАЛЛОВ БРОМИДА СЕРЕБРА В ХОДЕ КОНТРОЛИРУЕМОЙ ДВУХСТРУЙНОЙ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ

фотографии и кинематографии. – 1983. – Т.28, вып.3. – С.226-239.

9. Ларичев Т.А., Просвиркина Е.В. О формировании галогенсеребряных таблитчатых кристаллов методом рекристаллизации в желатиновом геле // Журнал научной и прикладной фотографии. – 1999. – Т.44, вып. 3. – С.6-11.

10. Jagannathan R., Wey J.S. Diffusion-Controlled Growth in a Crowded Environment// J. Cryst. Growth. – 1981. – V.51. – P.601-606.

11. Larichev T.A., Prosvirkina E.V., Young M.Y., Ahn H.C. Recrystallization of Isometric AgBr Micro-

crystals in Gelatin Gel // Journal of Imaging Science and Technology. – 2001. – V.45, No.3. – P.241-246.

12. Щукин Е.Д., Перцев А.В., Амелина Е.А. Коллоидная химия. – М.: Высшая школа. – 2004. – С.335.

13. Ларичев Т.А., Кагакин Е.И. О роли коалесцентного и ионного механизмов в процессе роста AgHal таблитчатых кристаллов // Журнал научной и прикладной фотографии. – 1999. – Т.44, вып.3. – С.12-18.

14. Leubner I.H. Crystal Growth and Renucleation: Theory and Experiment //J. Imag. Sci. Tech. 1993. – V.37, No.5. – P.510-516.

ЗАВИСИМОСТЬ ПОРОГОВОЙ ЭНЕРГИИ ИНИЦИИРОВАНИЯ МОНОКРИСТАЛЛОВ АЗИДА СЕРЕБРА ОТ ДИАМЕТРА ЗОНЫ ОБЛУЧЕНИЯ

А.В. Каленский, В.Г. Кригер, В.П. Ципилев, М.В. Ананьева

Исследована зависимость пороговой энергии инициирования взрывного разложения монокристаллов азидов серебра (АС) от диаметра зоны облучения. Показано, что эта зависимость может определяться процессом передачи электронных возбуждений продуктов реакции кристаллической решетке с генерацией реагентов, обеспечивающих развитие цепной реакции.

ВВЕДЕНИЕ

Зависимость пороговой энергии инициирования взрывного разложения прессованных порошков азидов свинца от диаметра зоны облучения при лазерном импульсном воздействии достаточно полно исследована в [1]. Было установлено, что при уменьшении диаметра зоны облучения в диапазоне 2000 ± 10 мкм пороговая плотность энергии значительно возрастает, а критическая энергия импульса – уменьшается. При этом происходит изменение энергетического критерия перехода реакции во взрыв: при «широких» импульсах (более 600 мкм) им является плотность энергии в импульсе, при «узких» импульсах (менее 50 мкм) – интегральная энергия импульса. Наличие размерного эффекта авторами работы [1] связывалось с особенностями светорассеяния в объеме прессованных таблеток. Поскольку в кристаллах АТМ светорассеянием в первом приближении можно пренебречь, следует ожидать, что его природа иная, чем та, которая трактуется в [1].

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

В работе получены энергетические пороги инициирования взрывного разложения

AgN₃ при различных диаметрах лазерного пучка на поверхности кристалла. В качестве образцов использовались монокристаллы азидов серебра, выращенные из концентрированных аммиачных растворов, путем медленного испарения аммиака. Условия выращивания подбирались так, то бы выращенные кристаллы имели наиболее развитую грань (001) и характерные размеры $1 \times 1 \times 0,5$ мм. Кристаллы не имели визуально заметных внутренних дефектов и обладали зеркальными внешними гранями. В ходе эксперимента кристаллы устанавливались на подложку, где с помощью системы линз создавалось равномерное освещение грани кристалла лазерным излучением. Инициированию подвергалась грань с наибольшей площадью. В экспериментах использовался одномодовый одночастотный лазер, состоящий из задающего генератора и пяти каскадного усилителя бегущей волны. Все поверхности оптических деталей лазера скошены под некоторым углом или просветлены во избежании интерференционных эффектов. Выходной пучок близок к дифракционному, имеет энергию более 10 дЖ, высокую пространственную однородность и малый статистиче-

ский разброс основных параметров. Длительность импульса излучения на полувысоте составляет 20 нс. Описание экспериментальной установки приведено в [1].

По свечению образцов при их взрыве и возникновению импульса давления исследовалась кинетика процесса инициирования взрыва. Увеличение оптической системы менялось в пределах $0,1 \div 1,0$. Метод сопряженных плоскостей позволил формировать на поверхности кристаллов пучки высокой однородности размером от 2000 до 10 мкм, а также наблюдать люминесценцию только из зоны воздействия лазерного пучка. Макрокристаллы азида серебра устанавливались на металлической пластине входного окна пьезодатчика через буферную стеклянную пластинку. Появление сигнала пьезодатчика идентифицировалось с началом процесса взрывного разложения. Синхронизация измерительных каналов осуществлялась с помощью оптического пробоя на тонкой металлической пленке помещаемой на место монокристалла.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Зависимость плотности энергии (H) на пороге инициирования от диаметра зоны облучения приведена на рис 1.

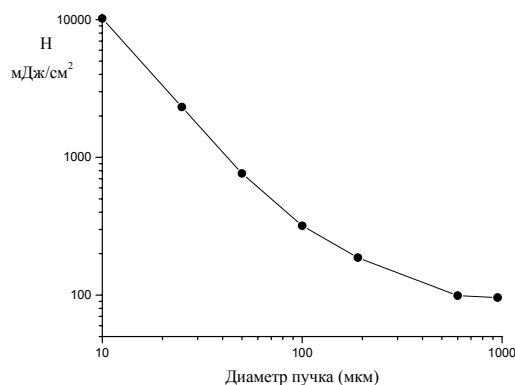


Рисунок 1 – Зависимость плотности энергии на пороге инициирования от диаметра зоны облучения кристаллов азида серебра

Показано, что при уменьшении диаметра зоны облучения в диапазоне $1000 \div 10$ мкм пороговая плотность энергии значительно возрастает, а критическая энергия импульса – уменьшается. Также как и при инициировании прессованных таблеток азида свинца [1], происходит изменение энергетического критерия перехода реакции во взрыв. При «широких» импульсах (более 600 мкм) им является плотность энергии в импульсе, которая от диаметра зоны облучения уже не зависит,

при «узких» импульсах (менее 50 мкм) – интегральная энергия импульса ($W = H \cdot \pi \cdot d/4$). Возрастание плотности энергии инициирования при уменьшении диаметра зоны облучения естественно объясняется, если предположить, что генерация электрон дырочных пар за счет энергии химической реакции протекает не только в облученной зоне, но и в некотором слое толщиной r_0 вне её (рис. 2).

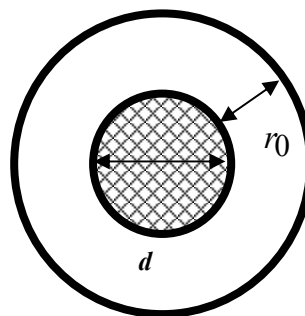


Рисунок 2 – Схематичное изображение реакционной зоны (диаметром d) и области поглощения энергии реакции с образованием е.н. пар

Тогда, согласно модели разветвленной твердофазной цепной реакции разложения азида серебра [2], $W = W_0(1 + d/2r_0)^2$, где W_0

– энергия инициирования при $d \rightarrow 0$, r_0 – характерный размер области поглощения энергии реакции. Генерация вне зоны реакции е.н. пар за счет энергии химической реакции близка по своей природе к хорошо известному процессу высокоэнергетической аккумуляции, когда электронно возбужденные частицы на поверхности кристалла могут безызлучательно передавать свою энергию на достаточно большие расстояния с генерацией электронных возбуждений в объеме твердого тела [3]. Химическая энергия гетерогенных реакций способна при этом эффективно передаваться электронам твердого тела и заметно нарушать равновесие электронной подсистемы кристалла [3].

Экспериментальные данные в координатах $\sqrt{W} \sim d$ хорошо спрямляются (рис. 3), что говорит не только о существовании зависимости $W = W_0(1 + d/2r_0)^2$ между пороговой энергией инициирования W и диаметром пучка d , но и о постоянстве размера области поглощения энергии реакции (r_0) при варьировании диаметра зоны облучения на два по-

ЗАВИСИМОСТЬ ПОРОГОВОЙ ЭНЕРГИИ ИНИЦИИРОВАНИЯ МОНОКРИСТАЛЛОВ АЗИДА СЕРЕБРА ОТ ДИАМЕТРА ЗОНЫ ОБЛУЧЕНИЯ

рядка. Характерными параметрами зависимости являются: а) Энергия инициирования, при стремящемся к нулю диаметре пучка – $W_0 = 7$ мкДж; б) Характерный размер области поглощения энергии реакции – $r_0 = 57$ мкм; в) Плотность энергии инициирования при бесконечном большом диаметре пучка $H_\infty = H_k = 90$ мДж/см².

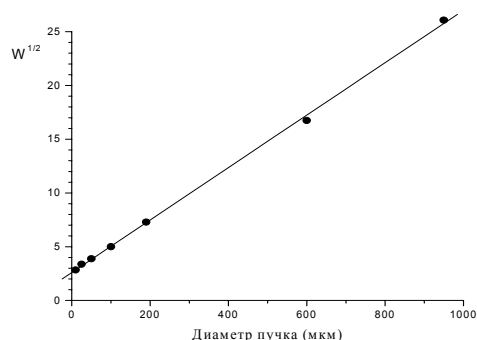


Рисунок 3 – Зависимость квадратного корня из пороговой энергии инициирования $\sqrt{W}$ (мкДж^{1/2}) от диаметра пучка d

Полученные результаты позволяют исключить из рассмотрения возможных причин зависимости критической плотности энергии инициирования от диаметра зоны облучения процессы тепло и массопереноса из зоны реакции (как протекающие со значительно меньшими скоростями). Эти процессы определяют зависимость критической энергии инициирования от размера образца [4].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Показано, что зависимость пороговой энергии инициирования взрывного разложения монокристаллов азидов серебра от диаметра зоны облучения может определяться

процессом безызлучательной передачи возбуждений продуктов реакции кристаллической решетке АС с генерацией e.h. пар, обеспечивающих размножение носителей и развитие разветвленной цепной реакции. Спрямление экспериментальных данных в координатах модели, подтверждает гипотезу о возможности передачи энергии из зоны реакции в необлученную часть кристалла. Оценены пространственно-временные характеристики процесса передачи энергии реакции кристаллической решетке АС. Показано, что экспериментальная скорость передачи энергии из зоны реакции на два порядка выше скоростей диффузии реагентов и тепловой разгрузки образца. Таким образом, впервые экспериментально показано существование, наряду с диффузией и теплопереносом, механизма быстрой передачи энергии химической реакции из зоны реакции в необлученную часть кристалла.

ЛИТЕРАТУРА

1. Александров Е.И., Ципилев В.П. Размерный эффект при иницировании прессованного азидов свинца лазерным моноимпульсным излучением // Физика горения и взрыва. – 1981. – Т. 17, № 5. – С. 77-81.
2. Кригер В.Г., Каленский А.В. Иницирование азидов тяжелых металлов импульсным излучением // Хим. физика. – 1995, № 4. – С. 152-160.
3. Тюрин Ю.И. Хемовозбуждение поверхности твердых тел. – Томск: Изд-во ТГУ. – 2001. – 622 с.
4. Кригер В.Г., Каленский А.В. Размерный эффект при иницировании разложения азидов тяжелых металлов импульсным излучением // Хим. физика. – 1996. – № 3. – С. 40-47.

КИНЕТИКА ВЗРЫВНОГО РАЗЛОЖЕНИЯ АЗИДА СЕРЕБРА

В.Г. Кригер, А.В. Каленский, В.П. Ципилев, А.П. Боровикова

С высоким временным разрешением исследованы процессы взрывного разложения кристаллов азидов серебра (АС) при лазерном импульсном возбуждении. Проведена раздельная регистрация процессов, протекающих в зоне облучения лазерным пучком, и процессов, протекающих за пределами этой зоны, определено фазовое состояние вещества в момент появления интенсивной вспышки свечения.

ВВЕДЕНИЕ

Экспериментальное исследование кинетики процессов, приводящих к взрывному

разложению азидов тяжелых металлов (АТМ) при внешних импульсных воздействиях различной природы интенсивно проводилось