

4. Николаевский В.Н. // Удар, взрыв и разрушение. М.: Мир, 1981. С.166.
5. Мак-Куин Р., Марш С., Тейлор Дж. и др. // Высокоскоростные ударные явления. М.: Мир, 1973. С.299.
6. Bourne N.K., Rosenberg Z. // Shock compression of condensed matter — 1995. New York: AIP Press, 1996. Pt.1. P.567.
7. Адушкин В.В., Сухотин А.Н. // ПМТФ. 1961. №4. С.94.

РЕГИСТРАЦИЯ МАЛОУГЛОВОГО РЕНТГЕНОВСКОГО РАССЕЯНИЯ ПОЛИХРОМАТИЧЕСКОГО СИНХРОТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ДИНАМИКИ РОСТА НАНОЧАСТИЦ УГЛЕРОДА ПРИ ДЕТОНАЦИИ ВВ

Тен К.А.^{1*}, Аульченко В.М.², Евдокоев О.В.³, Жогин И.Л.³, Жуланов В.В.², Зубков П.И.¹, Каменецкий Ю.М.³, Кулипанов Г.Н.², Лукьянчиков Л.А.¹, Ляхов Н.З.³, Мерзиевский Л.А.¹, Титов В.М.¹, Толочко Б.П.³, Шарафутдинов М.Р.³, Шеромов М.А.², Шехтман Л.И.²

¹ИГиЛ СО РАН, Новосибирск, ²ИЯФ СО РАН, Новосибирск, ³ИХТТМ СО РАН, Новосибирск
*ten@hydro.nsc.ru

Наиболее простым способом увеличения интенсивности является использование полного спектра синхротронного излучения (СИ) для динамических экспериментов. Использование полихроматического СИ позволяет увеличить число фотонов в первичном пучке на 3–4 порядка, а, следовательно, кардинально сократить время регистрации прошедшего через образец пучка. Именно этот факт делает возможным исследование детонационных процессов в динамике, то есть с наносекундным временным разрешением.

Постановка экспериментов. Эксперименты проводились на станции, расположенной на «0» канале ускорителя ВЭПП-3. Схема постановки экспериментов показана на рис. 1. Заряд ВВ (ТГ 50/50) диаметром 12.5 мм и длиной 85 мм располагался вертикально. Пучок СИ размерами 1.2 мм высотой и 1.6 мм шириной формировался в центре заряда. Регистрация малоуглового рентгеновского рассеяния (МУРР) велась детектором DIMEX [3], который располагался перпендикулярно оси заряда на расстоянии 1 м. Перед детектором располагался нож, отсекавший прямой пучок. Запуск детектора осуществлялся замыканием контактного датчика, установленного на расстоянии 35 мм перед плоскостью пучка СИ. Размеры одного канала составляли 1 мм в высоту и 0.1 мм вдоль оси Y, общее число каналов — 256. За одну вспышку СИ детектор записывает все каналы (делает один кадр), фиксируя МУРР вдоль радиуса (по оси Y). Поскольку фронт детонации движется по оси Z с постоянной скоростью 7.9 км/с, то через время оборота одного сгустка детектор записывает еще один кадр, формируя кадры МУРР вдоль оси Z.

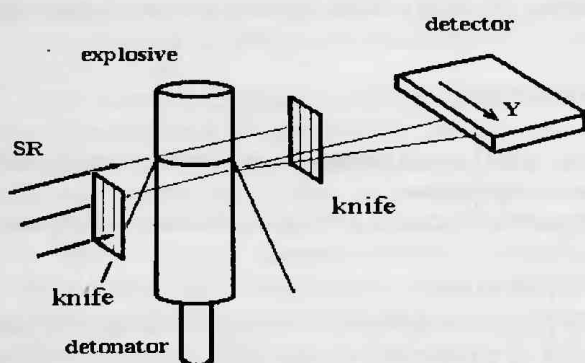


Рис. 1. Постановка экспериментов

В первых экспериментах измерения проводились через 0.5 мкс. Общее время регистрации составляло 16 мкс (32 кадра), сериями по 10 съемок, первая из которых рабочая. Время экспозиции определялось периодом прохождения электронного сгустка в рабочей области высвечивания пучка и составляло менее 1 нс.

На рис. 2 приведена зависимость профиля интенсивности малоуглового рассеяния на ВВ при прохождении детонационной волны от времени, нормированная на кривую изменения плотности. Диапазон угловой развертки кривой малоуглового рассеяния в данном случае соответствует ~ 15 каналам детектора, т.е. 1.5 мм. Эта величина задает угловой диапазон при заданной геометрии съемки (расстояние от образца до детектора 1030 мм) ~ $2.5 \cdot 10^{-3}$ рад.

Результирующие кривые получены по результатам десяти экспериментов, с учетом сдвига во времени посредством привязки начала роста кривой МУРР к моменту прохождения детонационного фронта через исследуемую область. Из рис. 2 видно, что максимум интенсивности МУРР достигается через ~ 2 мкс после прихода детонационного фронта. После этого на кривой наблюдается медленный спад, что хорошо согласуется с результатами экспериментов предыдущей серии [1, 2].

Определение параметров наноструктур при детонации ВВ с помощью малоуглового рассеяния полихроматического СИ. Связь между угловой зависимостью интенсивности рассеяния полихроматического излучения $J(\theta)$ и угловой зависимостью интенсивности рассеяния монохроматического излучения объектом $I(\theta, \lambda)$ описывается уравнением

$$J(\theta) = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \varphi(\lambda) I(\theta, \lambda) d\lambda, \quad (1)$$

где $\varphi(\lambda)$ — спектр СИ с учетом поглощения, квантовой эффективности детектора и зависимости интенсивности рассеяния объектом от длины волны.

Для получения структурной информации об объекте необходимо разрешить уравнение (1) относительно $I(\theta, \lambda)$, что в общем случае сопряжено с большими трудностями. Задача существенно упрощается, если вид функции $I(\theta, \lambda)$ известен или ее можно достаточно адекватно смоделировать.

В случае рассеяния на изотропных системах

$$I(s) = 4\pi \int_0^D P(r) \frac{\sin sr}{sr} r^2 dr \quad (2)$$

где $s = 4\pi r \sin \theta / \lambda$, 2θ — угол рассеяния, а $P(r)$ — функция Паттерсона — усредненная по всем ориентациям самосвертка рассеивающей плотности. Таким образом, для малоугловых исследований ($\sin \theta \sim \theta$)

$$I(\theta, \lambda) = 4\pi \int_0^D P(r) \frac{\sin 4\pi r \theta / \lambda}{4\pi r \theta / \lambda} r^2 dr = \frac{2\lambda^3}{(4\pi\theta)^3} \left(\sin \frac{4\pi\theta D}{\lambda} - \frac{4\pi\theta D}{\lambda} \cos \frac{4\pi\theta D}{\lambda} \right)^2 \quad (3)$$

Этим выражением можно воспользоваться для вычисления функции распределения по размерам $D_N(R)$ (полидисперсности — числа частиц в единице объема), которая связана с интенсивностью МУРР выражением

$$I(s) = \int_0^\infty i_0(sR) D_N(R) m^2(R) dR, \text{ где } i_0(\theta R) = \int_{-\infty}^\infty \frac{2\lambda^3}{(4\pi\theta)^3} \left(\sin \frac{4\pi\theta R}{\lambda} - \frac{4\pi\theta R}{\lambda} \cos \frac{4\pi\theta R}{\lambda} \right)^2 \varphi(\lambda) d\lambda.$$

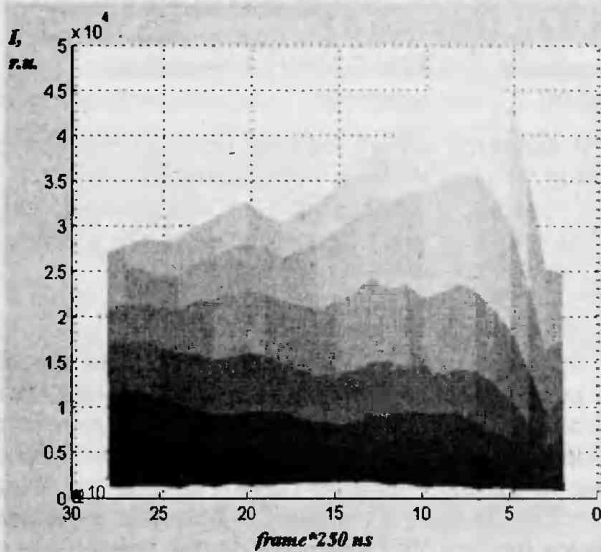


Рис. 2. Проекция интенсивности МУРР на плоскость время-интенсивность

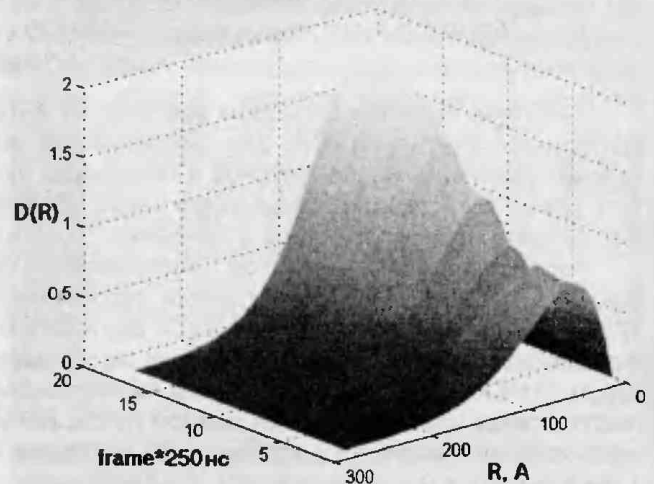


Рис. 3. Функция распределения по размерам

Далее, задавая $D_N(R)$ как параметрической зависимостью от нескольких параметров, и минимизируя выражение

$$\sum_i \left| I(\theta_i) - \int_0^\infty i_0(\theta_i R) D_N(R) m^2(R) dR \right| \quad (4)$$

по параметрам $D_N(R)$, где θ — набор экспериментальных точек, а $I(\theta)$ — измеренные значения интенсивности рассеяния в данных точках, находим функцию распределения по размерам.

На рис. 3 представлена ненормированная функция полидисперсности $D_N(R)$, вычисленная в результате аппроксимации распределением Максвелла

$$D_N(R) = (R/R_0)^n \exp[-(R/R_0)^2] K(n)/R_0$$

которая описывается двумя параметрами R_0 и n ($K(n) = 2/[(n-1)2]!$). На каждом этапе расчетов выполнялась проверка адекватности моделирования функции распределения по размерам посредством решения обратной задачи — нахождения профиля интенсивности МУРР из вычисленной $D_N(R)$, и сравнение ее с оригиналом.

Полученные результаты (рис. 3) показывают, что зв зоной химической реакции продолжается рост наноструктур. Этими наноструктурами, наиболее вероятно, являются частицы конденсированной фазы углерода (в том числе и УДА).

1. Evdokov O.V., Fedotov M.G., Kulipanov G.N., Lyakhov N.Z., Luk'yanchikov L.A., Misnev S.I., Sharafutdinov M.R., Sheromov M.A., Ten K.A., Titov V.M., Tolochko B.P., Zubkov P.I. // Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. A. 2001. V.470. P.236–239.
2. Алешаев А.Н., Зубков П.И., Кулипанов Г.Н., Лукьянчиков Л.А., Ляхов Н.З., Мишнев С.И., Тен К.А., Титов В.М., Толочко Б.П., Федотов М.Г., Шеромов М.А. // ФГВ. 2001. Т.37. №5. С.104–113.
3. Aulchenko A., Evdokov O., Papushev P., Ponomarev S., Shekhtman L., Ten K., Tolochko B., Zhogin I., Zhulanov V. // Budker INP 2002-55. P.3–24.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ СТАНЦИЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЕТОНАЦИОННЫХ И УДАРНО-ВОЛНОВЫХ ПРОЦЕССОВ С ПОМОЩЬЮ СИНХРОТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Тен К.А.^{1*}, Антохин Е.И.², Гольденберг Б.Г.², Евдоков О.В.³, Жогин И.Л.³, Жуланов В.В.², Зубков П.И.¹, Каменецкий Ю.М.³, Кулипанов Г.Н.², Лукьянчиков Л.А.¹, Ляхов Н.З.³, Пирогов Б.Я.³, Титов В.М.¹, Толочко Б.П.³, Федотов М.Г.², Шарафутдинов М.Р.³, Шеромов М.А.², Успенский А.В.³

¹ИГиЛ СО РАН, Новосибирск, ²ИЯФ СО РАН, Новосибирск, ³ИХТТМ СО РАН, Новосибирск

*ten@hydro.nsc.ru

Первые эксперименты по использованию синхротронного излучения (СИ) для исследования взрывных процессов показали большую перспективность новой методики [1, 2]. Для продолжения этих работ требовалась специализированная экспериментальная установка. Коллективом авторов была спроектирована, построена и введена в эксплуатацию первая и единственная в мире экспериментальная станция «Экстремаль-

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ТЕПЛОФИЗИКЕ
НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ФИЗИКЕ ПЛАЗМЫ
ИНСТИТУТ ТЕПЛОФИЗИКИ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ
ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ ХИМИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

КАБАРДИНО-БАЛКАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
НИИ ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ И АВТОМАТИЗАЦИИ КБНЦ РАН

ФИЗИКА ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ ВЕЩЕСТВА – 2003

Физика экстремальных состояний вещества – 2003

Под редакцией Фортова В.Е., Ефремова В.П., Хищенко К.В., Султанова В.Г.,
Темрокова А.И., Канеля Г.И., Минцева В.Б., Савинцева А.П.

Сборник включает в себя работы по исследованиям в области физики высоких плотностей энергии и теплофизики экстремальных состояний. Рассматриваются различные методы генерации интенсивных импульсных потоков энергии, эффекты взаимодействия мощных ионных и электронных пучков, интенсивного лазерного, рентгеновского и СВЧ излучения с веществом, явление электрического взрыва проводников мощными импульсами тока, некоторые задачи физики ударных и детонационных волн, экспериментальные методы диагностики сверхбыстрых процессов, модели уравнений состояния вещества в экстремальных условиях, физика низкотемпературной плазмы, проблемы управляемого термоядерного синтеза и традиционной энергетики, а также различные технологические аспекты. Основная часть работ была представлена на XVIII Международной конференции «Воздействие интенсивных потоков энергии на вещество» (Эльбрус, 1–6 марта 2003 г.). Издание адресовано специалистам в области физико-технических проблем энергетики.

ИЗ ИСТОРИИ КОНФЕРЕНЦИЙ «УРАВНЕНИЯ СОСТОЯНИЯ ВЕЩЕСТВА» И «ВОЗДЕЙСТВИЕ ИНТЕНСИВНЫХ ПОТОКОВ ЭНЕРГИИ НА ВЕЩЕСТВО»

К концу семидесятых годов прошлого века назрела необходимость в координации проводимых в Советском Союзе исследований по физике экстремальных состояний вещества. Отечественные ученые испытывали огромную потребность делиться друг с другом самыми новыми результатами своей работы в этой бурно развивающейся области физики, узнавать точку зрения коллег по интересующим вопросам. Первое Всесоюзное совещание по уравнениям состояния вещества в экстремальных условиях состоялось в октябре 1978 г. в гостинице «Чегет», расположенной в Баксанском ущелье вблизи высочайшей вершины Кавказа горы Эльбрус, по предложению известного советского физика Киржница Д.А., крупнейшего специалиста физики экстремальных состояний, ядерной физики, астрофизики и космологии. В числе участников этого совещания были выдающиеся ученые — герои Социалистического Труда Альтшулер Л.В., Бабаев Ю.Н. и Романов Ю.А., молодой доктор наук (будущий академик) Фортон В.Е. В дальнейшем это совещание проводилось на Эльбрусе каждый четный год, организация мероприятия была поручена Фортону В.Е.

После IX конференции «Уравнения состояния» (март 1994 г.) научные совещания по физике экстремальных состояний вещества обрели статус международных и стали проводиться ежегодно: тема заседаний каждого нечетного года, начиная с X Международной конференции (март 1995 г.), — «Воздействие интенсивных потоков энергии на вещество», — тем самым была продолжена традиция Всесоюзных совещаний по данной тематике, проводившихся ранее в «Чегете», на Медео и Чимбулаке под Алма-Атой, во Владивостоке и в Черноголовке.

Следует отметить, что за прошедшие четверть века регулярность проведения этих конференций ни разу не была нарушена (даже в трудные для российской науки первые годы после распада СССР). В этом заслуга сопредседателей — академика Фортон В.Е. и Темрокова А.И., а также организаций-спонсоров — Российского фонда фундаментальных исследований (Москва), Института теплофизики экстремальных состояний Объединенного института высоких температур РАН (Москва), Института проблем химической физики РАН (Черноголовка), Кабардино-Балкарского государственного университета (Нальчик) и Научно-исследовательского института прикладной математики и автоматизации Кабардино-Балкарского научного центра РАН (Нальчик).

Залог успеха конференции среди широкого круга специалистов современной физики экстремальных состояний не только в актуальности тематики, но и в уникальном регламенте работы заседаний, сочетающихся с экстремальными видами активного отдыха (горный туризм, альпинизм, горные лыжи). Важной традицией оргкомитета стало оказание финансовой поддержки участия в конференции молодых ученых, аспирантов и студентов.

Редколлегия

Сдано в набор 12.02.03. Подписано в печать 13.02.03. Формат 60x90 1/8. Бумага офсетная.
Гарнитура «Ариал». Усл. п. л. 22,5. Заказ 54. Тираж 170.

Отпечатано в типографии ИПХФ РАН. Изд. лиц. № 03894 от 30.01.2001 г.

142432, г. Черноголовка, Московская обл., Институтский пр-т, 18