

ДАР КУПЕРА К.Э.

B333
3-12

ЗАБАБАХИНСКИЕ НАУЧНЫЕ ЧТЕНИЯ

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
15–19 марта 2010 год

ТЕЗИСЫ

ZABABAKHIN SCIENTIFIC TALKS

INTERNATIONAL CONFERENCE
March 15–19, 2010

ABSTRACTS

Compositions included:

- commercial graphite with the $\sim 50 \mu\text{m}$ particle size (composition № 1);
- graphite ground down to submicron dispersity: due to agglomeration, the size of graphite particles is $3\text{--}15 \mu\text{m}$ (composition № 2);
- ultrafine carbonic charge stock resulting from detonation of the TNT-RDX compound with the size of particles similar to that of composition № 2 (composition № 3).

Gas dynamic characteristics were determined by the procedure M-60 with the $\varnothing 60 \times 50 \text{ mm} \times \text{mm}$ charges. The TATB-based compound (compound «Т») having the 1.91 g/cm^3 density and the 7.5 km/sec detonation velocity was tested for comparison.

The results are:

5. Detonation velocity of composition № 1 is 3 km/sec , and of compositions № 2 and 3 is much higher (up to $\sim 6.8 \text{ km/sec}$); the last value is close to the detonation velocity of high explosive compound «Т».

6. Steel plate takes $\sim 5\%$ explosion energy from composition № 1 ($\eta_1 = 5\%$) and significantly more – from compositions № 2 and № 3 reaching $\eta_{2,3} = 19\%$ and approaching that of compound «Т» ($\eta_T \sim 21\%$). Thereat, compositions № 2 and $\sim 10\%$ exceed the «propellant» compound «Т» as for the plate energy.

7. As for brisance (degree of metal casing fracturing in procedure M-60), compositions № 2 and 3 exceed compound «Т», while composition № 1 turns out to be practically not brisant.

8. Pressure at the detonation front of compositions № 2 and № 3 is equal to that of compound «Т» ($\sim 27 \text{ GPa}$) and significantly higher than that of TNT.

So, demonstrated is the possibility of developing the brisance-and-propellant compounds consisting of inexplusive constituting elements with a rather high dispersity of components and a rather high degree of mixture homogeneity.

ИЗМЕРЕНИЕ МУРП И РОСТ НАНОЧАСТИЦ КОНДЕНСИРОВАННОГО УГЛЕРОДА ПРИ ДЕТОНАЦИИ ТАТБ

К. А. Тен¹, В. М. Титов¹, Л. А. Лукьянчиков¹,
Э. Р. Пруэл¹, Ю. А. Аминов², Б. Г. Лобойко²,
А. К. Музыря², Е. Б. Смирнов²,
И. Л. Жогин³, Б. П. Толочко³

¹Институт гидродинамики им. М. А. Лаврентьева
СО РАН, Новосибирск, Россия

²Российский Федеральный Ядерный Центр – ВНИИ
технической физики имени академика Е. И. Забабахина,
Снежинск, Россия

³Институт химии твердого тела и механохимии
СО РАН, Новосибирск, Россия

При исследовании мало-углового рентгеновского рассеяния (МУРП) регистрируется дифракционный сигнал от образца в области малых углов. Метод широко применяется при анализе структуры дисперсных систем. Использование высоко-периодического синхротронного излучения от ускорительного комплекса ВЭПП-3 при измерениях SAXS с экспозицией 1 нс позволяет проследить эволюцию сигнала в процессе детонации ВВ, анализ которой дает возможность определить размеры образующихся частиц конденсированного углерода и изменение этих размеров во времени после прохождения детонационной волны.

Исследовались прессованные заряды из ТАТБ и ПСТ (пластифицированный состав на основе ТАТБ) диаметром 20 мм . На фронте детонации фиксируются наночастицы размером $d \sim 1,5\text{--}2 \text{ нм}$. Далее размер частиц слабо растет и на время $t \sim 3 \text{ мкс}$ достигает в ТАТБ значения $d \approx 2,6 \text{ нм}$. Судя по амплитуде сигналов МУРП, следов нанодIAMAZOV в продуктах взрыва ТАТБ и ПСТ размером более 1 нм не обнаружено.

MEASUREMENT OF SMALL-ANGLE X-RAY SCATTERING AND GROWTH OF CONDENSE-CARBON NANOPARTICLES AT TATB DETONATION

K. A. Ten¹, V. M. Ten¹, V. M. Titov¹, L. A. Lukyanchikov¹,
E. R. Prueel¹, Yu. A. Aminov², B. G. Loboiko²,
A. K. Muzyrya², E. B. Smirnov², V. P. Filin²,
I. L. Zhogin³, B. P. Tolochko³

¹Lavrentiev Institute of Hydrodynamics, RAS Siberian
Branch, Novosibirsk, Russia

²Russian Federal Nuclear Center – Zababakhin All-Russia
Research Institute of Technical Physics,
Snezhinsk, Russia

³Institute of Chemistry of Solids, RAS Siberian Branch,
Novosibirsk, Russia

The diffraction signal from the sample in the region of small angles is registered when studying the small-angle X-ray scattering. This method is widely used to analyze the structure of disperse systems. The high-periodic synchrotron emission from the accelerator complex VEPP-3 used to measure small-angle X-ray scattering with the 1 nsec exposure allows the signal evolution to be observed in explosive detonation process, and this signal analysis offers an opportunity to determine the size of arising condense-carbon particles and how this size varies with time after detonation wave is passed.

Pressed charges of TATB and the TATB-based plasticized compound with the 20-mm diameter were investigated. In the detonation front, nanoparticles were registered to have $d \sim 1.5\text{--}2 \text{ nm}$ and then the particle size was observed to slowly increase and to reach the size

$d \sim 2.6$ nsec in TATB at instant $t \sim 3$ μ s. Judging by the amplitude of the small-angle X-ray scattering signals, the traces of nanodiamonds explosion products of TATB and the TATB-based plasticized compound with the more than 1 nm size were not observed.

МОЛЕКУЛЯРНО-ДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СВОЙСТВ УГЛЕРОДНЫХ НАНОКЛАСТЕРОВ В УСЛОВИЯХ БЛИЗКИХ К ПВ КОНДЕНСИРОВАННЫХ ВВ

И. В. Дербенёв, Н. Е. Чижкова,
Ф. А. Сапожников, В. В. Дрёмов

Российский Федеральный Ядерный Центр – ВНИИ
технической физики имени академика Е. И. Забабахина,
Снежинск, Россия

E-MAIL: I.V.DERBENEV@VNIITF.RU

Большинство представляющих практический интерес мощных ВВ имеют в своем составе недостаточное количество кислорода для окисления всего углерода в ПВ, что приводит к его осаждению в твердой фазе, что многократно зарегистрировано экспериментально [1] и широко изучается как в рамках эмпирических моделей макрокинетики [2], так и более детально, исходя из физики процессов осаждения углерода в ПВ, его фазового состояния, кинетики роста/испарения частиц углерода (например, [3]).

В данной работе был использован метод молекулярной динамики для изучения свойств наночастиц углерода. Свойства нанокластеров (изначально с алмазной структурой) изучались в зависимости от их размера, температуры и давления с использованием потенциала REBO [4]. Рассматривались кластеры размерами от 216 и до 8000 атомов. Такие размеры интересны тем, что экспериментально наиболее часто встречающиеся наноалмазы имеют размеры 3–5 нм [5]. Для определения структуры нами использовался метод МАШ [6].

Моделирование в свободных граничных условиях показало, что с ростом температуры структурные изменения идут по следующей цепочке:

Алмаз \rightarrow Алм.ядро + Графитоподобная (ГП) поверхность \rightarrow Слоистый графит \rightarrow ГП-жидкость

При уменьшении размеров кластеров структурные перестроения начинаются при более низкой температуре.

При температуре больше 5000К заметно испарение, скорость которого зависит от размера кластера и температуры. Для кластеров размером больше нескольких тысяч атомов простая зависимость $K_{vap} \sim e^{-T/T_0/N^{1/3}}$ ($T_0 = 10000$ K) неплохо аппрок-

симирует результаты моделирования. Найдено, что плотность насыщенного пара для кластеров размерами от 4000 до 8000 атомов практически одинакова при $T = 5000$ K.

Изучалась структура нанокластеров при наличии ненулевого внешнего давления, задаваемого посредством аргонового окружения. В результате расчетов установлено, что для давлений 20, 25, 30 ГПа наблюдается качественно схожая картина в зависимости от температуры.

При $T = 1000$ –1500K наблюдается сохранение исходного кристалла алмаза и образование незначительного количества неупорядоченной графитоподобной области на поверхности образца. В диапазоне температур 2000–5000 K наблюдается графитизация образца и образование незначительного слоя расплава на поверхности кластера. Для температур 5500 K и 6000 K образец аморфизуется. Повышенная устойчивость графита при рассмотренных давлениях, по видимому, объясняется отсутствием дальнего действия в потенциале REBO-2002.

Литература

1. Даниленко В.В.. Особенности синтеза детонационных наноалмазов. Физика горения и взрыва. – 2005. – Т. 41(5). – С. 104–116.
2. Konstantin F. Grebenkin, Mikhail V. Taranik, Alexey L. Zherebtsov. Computer Modeling of scale effects at heterogeneous HE detonation. 13th International Detonation Symposium, 2006.
3. Shaw M. S., J. D. Johnson. Carbon clustering in detonations, J. Appl.Phys. – 1987, 62(5). – P. 2080.
4. Brenner D. W., Shendorova O. A., Harrison J. A., Stuart S. J., Boris Ni., Susan B. Sinnott / J. Phys. : Condens. Matter 14 (2002). – 783–802.
5. Андреев В. Д. , Созин Ю.И.. Структура ультрадисперсных алмазов. /ФТТ. – 1999. – Т. 41. – Вып.10, 1890–1893.
6. Сапожников Ф. А., Ионов Г. В., Дрёмов В.В. . Метод адаптивного шаблона для анализа кристаллической структуры и дефектов при молекулярно-динамическом моделировании высокоскоростных деформаций. Химическая физика. – 2008. – Т. 27. – No. 3. – P. 63-70.

MOLECULAR DYNAMICS MODELING OF NANOCARBON CLUSTER PROPERTIES AT CLOSE TO DETONATION CONDITIONS IN HE

I. V. Derbenev, N. E. Chizhkova,
F. A. Sapozhnikov, V. V. Dremov

Russian Federal Nuclear Center – Zababakhin All-Russia
Research Institute of Technical Physics,
Snezhinsk, Russia

Overwhelming majority significant practically interesting HE have much carbon and have not enough oxygen for its oxidation what causes its condensation

составляет примерно 350 нс. Для ТНМ расхождение профилей скорости, соответствующих различным экспериментам, наблюдается при значениях больше 300 нс. Время реакции примерно равно 250 нс.

В опытах с НМ наиболее резкое падение скорости наблюдается за первые 25 нс. Точка Чепмена-Жуге лежит в интервале 25–75 нс. Сложность ее определения отмечается и в других работах. Одни исследователи оценивают время реакции около 6 нс, тогда как другие отмечают, что хотя максимальный спад скорости действительно наблюдается в течение первых 10 нс, состояние, соответствующее точке Чепмена-Жуге, достигается примерно через 50 нс.

Следует отметить, что неопределенность положения точки Чепмена-Жуге не приводит к большой погрешности определения давления и массовой скорости, которые равны соответственно: $23,9 \pm 0,5$ ГПа и $1,98 \pm 0,05$ км/с для ФИФО, $17,7 \pm 0,3$ ГПа и $1,70 \pm 0,03$ км/с для ТНМ, $13,0 \pm 0,4$ ГПа и $1,80 \pm 0,05$ км/с для НМ.

THE EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF C–J PARAMETERS FOR LIQUID HE

V. M. Mochalova, S. I. Torunov,
A. V. Utkin, V. A. Garanin
E-MAIL: UTKIN@ICP.AC.RU

Institute of Problems of Chemical Physics RAS,
Chernogolovka, Russia

With the using of laser interferometer VISAR the experimental investigation of detonation parameters and reaction zone structure was conducted for FEFO, tetranitromethane (TNM) and nitromethane (NM). In the experiments FEFO with initial density $\rho_0 = 1.60$ g/cm³ and detonation velocity $D = 7.5$ km/s, TNM with $\rho_0 = 1.64$ g/cm³ and $D = 6.4$ km/s and NM with $\rho_0 = 1.14$ g/cm³ and $D = 6.3$ km/s were used. HE charge was in the polyethylene or steel shell. Laser beam was reflected from 7–400 μ m Al foil which was placed between charge end and water window. The experimental data represent the velocity of HE/water window boundary, and reproduce all details of particle velocity profile in detonation wave.

Pressure and particle velocity of CJ point were determined for each HE. The problem was that transition from reaction zone to unloading wave was so smooth that it was difficult to determine its position. In the experiments with FEFO the charges of different diameters were used. At time less than 0.3 mks the velocity profiles practically coincide and divergence due to unloading wave is observed at the time exceeding 0.4 mks. That is reaction time is about 350 ns. For TNM velocity profiles divergence for different experiments is observed at values exceeding 300 ns. Reaction time is equal to 250 ns.

In experiments with NM the sharp velocity decrease took place during the first 25 ns. CJ point was in 25–75 ns interval. The problem of C–J point location was noted in other works too. Some investigators estimated the reaction time as 6 ns, while others noted that the maximum decrease of particle velocity really was observed during the first 10 ns but total reaction time was about 50 ns.

The ambiguity of C–J point position doesn't influence significantly on the accuracy of pressure and particle velocity definition. They are respectively 23.9 ± 0.5 GPa and 1.98 ± 0.05 km/s for FEFO, 17.7 ± 0.3 GPa and 1.70 ± 0.03 km/s for TNM and 13.0 ± 0.4 GPa and 1.80 ± 0.05 km/s for NM.

ИЗМЕРЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОТНОСТИ НА ФРОНТЕ ДЕТОНАЦИИ В ЗАРЯДАХ ИЗ ВВ НА ОСНОВЕ ТАТЬ ДИАМЕТРОМ 20 ММ

Ю. А. Аминов², К. А. Тен¹, В. М. Титов¹,
Л. А. Лукьянчиков¹, Э. Р. Прууэл¹, Б. Г. Лобойко²,
Е. Б. Смирнов², А. К. Музыря², В. П. Филин²,
И. Л. Жогин³, Б. П. Толочко³

¹Институт гидродинамики им М. А. Лаврентьева
СО РАН, Новосибирск, Россия

²Российский Федеральный Ядерный Центр – ВНИИ
технической физики имени академика Е. И. Забабахина,
Снежинск, Россия

³Институт химии твердого тела и механохимии
СО РАН, Новосибирск, Россия

На базе ускорительного комплекса ВЭПП-3 (ИЯФ СО РАН, Новосибирск) с использованием синхротронного излучения проведены экспериментальные исследования распределения плотности на фронте детонации в цилиндрических зарядах диаметром 20 мм, выполненных из прессованного ТАТЬ и ВВ на основе ТАТЬ. Для регистрации излучения прошедшего через исследуемые образцы, использовался разработанный в ИЯФ СО РАН уникальный газовый быстродействующий линейный детектор DIMEX с пространственным разрешением 0,1 мм и шириной поля регистрации 28 мм. Для исследованных ВВ после обработки сигналов получено распределение плотности на фронте детонации, на основании которого выполнены оценки плотности в пике Неймана, в точке Чепмена-Жуге, а также ширины химпика.

MEASUREMENT OF DENSITY DISTRIBUTION AT THE DETONATION FRONT IN TATB-BASED CHARGES WITH 20 MM DIAMETER

Yu. A. Aminov², K. A. Ten¹, V. M. Titov¹,
L. A. Lukyanchikov¹, E. R. Prueel¹, B. G. Loboiko²,
E. B. Smirnov², A. K. Muzyrya², V. P. Filin²,
I. L. Zhogin³, B. P. Tolochko³

¹Lavrentiev Institute of Hydrodynamics, RAS Siberian
Branch, Novosibirsk, Russia

²Russian Federal Nuclear Center – Zababakhin All-Russia
Research Institute of Technical Physics,
Snezhinsk, Russia

³Institute of Chemistry of Solids, RAS Siberian Branch,
Novosibirsk, Russia

Based on the accelerator complex VEPP-3 (I Institute of Nuclear Physics, RAS Siberian Branch, Novosibirsk, Russia), the synchrotron emission was used to experimentally investigate density distribution at the detonation front in the 20-mm diameter cylindrical charges made of pressed TATB and TATB-based explosives. The unique quick-operating gas linear detector DIMEX (developed at the I Institute of Nuclear Physics, RAS Siberian Branch, Novosibirsk, Russia) with the 0.1-mm spatial resolution and the 28-mm width of the registration field was used to register radiation that passed through the test samples. For investigated explosives, signals treatment gave density distribution at the detonation front, which served as the basis for density evaluations in the Neumann peak, in the Chapman-Jouguet point, as well as for the chemical peak width evaluation.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДЕТОНАЦИИ В СМЕСЯХ ТЕТРАНITРОМЕТАНА С МЕТАНОЛОМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ МЕТОДОМ

С. А. Колдунов, А. В. Ананьин, В. А. Гаранин,
В. А. Сосиков, С. И. Торуннов
E-MAIL: SKOLD@FICP.AC.RU

Институт проблем химической физики РАН,
Черноголовка, Россия

Электромагнитный метод записи профиля массовой $u(t)$ ударных и детонационных волн нашел особенно широкое и эффективное применение при исследовании твердых ВВ. Регистрация профиля с пиком (химпик) в зарядах различной структуры рассматривается как доказательство справедливости и, в известной степени, универсальности теории ЗНД по отношению

к структуре и состоянию вещества. Точка перегиба на осциллограмме $u(t)$ отвечает состоянию Чепмена–Жуге. В сравнении с твердыми ВВ, электромагнитный метод для исследования детонации в жидких (гомогенных) средах привлекался в значительно меньшей степени, так как возникали определенные сомнения в возможности получения достоверных результатов. Выполненные недавно исследования смесей нитрометана (НМ) с метанолом (М) в качестве невзрывчатой органической жидкости показали, что присутствие и увеличение содержания метанола приводит лишь к монотонному спаду и скорости детонации D , и давления продуктов детонации $PC-J$. При этом во всех детонирующих смесях на осциллограммах $u(t)$ регистрируется типичный для детонационной волны пик. Поскольку тетранитрометан (ТНМ), в отличие от НМ, является активным взрывчатым окислителем, то любую добавленную к нему органическую жидкость, необходимо считать активным горючим, повышающим потенциальную энергетику смеси. Как и следовало ожидать, эксперименты показали, что зависимости $D(C)$ и $PC-J(C)$ от концентрации метанола (C) не являются монотонно спадающими. На начальном участке увеличения C эти зависимости проходят через максимум. Определенные особенности обнаружили при регистрации профилей массовой скорости детонационной волны $u(t)$. Найдено, что в области падения параметров детонации при содержании метанола около 45% и выше, регистрируются профили $u(t)$, аналогичные получаемым ранее в смесях НМ/М, то есть с характерным пиком. Однако при $C > 60\%$ структура участка повышенной скорости на фронте волны изменяется: на осциллограммах $u(t)$ можно выделить два излома, при этом общее время резкого спада массовой скорости за фронтом увеличивается. В случае смесей ТНМ/М с пониженным содержанием метанола (35% и 7%), но более энергоемких, характерный пик на осциллограммах вообще отсутствовал. Не исключено, что длительность пика оказалась сопоставимой с завалом фронта осциллограмм – $\leq 0,07$ мкс, и сразу регистрируется значение массовой скорости, близкое к $C-J$.

Причины и механизмы, приводящие к существенному уменьшению времени превращения вещества во фронте детонационной волны по сравнению с чистым ТНМ ($\tau \approx 0,20$ мкс) и возможности вообще отсутствия химпика при добавлении метанола, представляют принципиальный интерес.

Работа поддержана Международным научно-техническим центром (проект № 3394).

DETERMINATION OF DETONATION PARAMETERS IN TETRANITROMETHANE/METHANOL MIXTURES BY ELECTROMAGNETIC METHOD

S. A. Koldunov, A. V. Ananin, V. A. Garanin,
V. A. Sosikov, S. I. Torunov
E-MAIL: SKOLD@FICP.AC.RU

Institute of Problems of Chemical Physics RAS,
Chernogolovka, Russia

The electromagnetic method of registering particle velocity profiles $u(t)$ of shock and detonation waves has been widely and effectively used especially for the solid explosives. The registration of the spike in charges of different structure was considered as a proof of validity and, to a certain degree, of universality of ZND theory with respect to structure and state of explosive. The inflection point on the oscillogram of $u(t)$ is the Chapman-Jouguet (CJ) state. In comparison with solids, electromagnetic method was employed rarely indeed to investigation of detonation in liquid (homogeneous) matters, since there were certain doubts about possibility that the reliable results will be obtained. Investigation of nitromethane mixtures with non-explosive (inert) organic liquid of methanol (M) performed before, have been shown that a presence and increasing methanol content brings to monotonous drop in both detonation velocity D and detonation product pressure P - C - J only. At that, in all detonable mixtures the typical for detonation wave spike in $u(t)$ oscillograms was registered.

So far as TNM (unlike NM) is an active explosive oxidizer, any organic liquids should be considered as an active fuel that will raise a potential energy of mixtures. This is the reason why the behavior of detonation parameters in TNM/M mixtures may differ from the one observed in NM/M. It was found indeed, that dependences $D(C)$ and $P(C)$ on methanol concentration (C) are not monotonous. In initial areas of increasing C this dependences go through a maximum. Certain peculiarities in oscillograms of detonation wave profile $u(t)$ have been observed. Particularly in the range of decreasing of detonation parameters ($C \geq 45\%$) the profiles with the spike are registered, similar to that in NM/M mixtures. However, at $C \geq 60\%$ two bends in the profiles may be marked out, and total time of the particle velocity slump directly behind of the front wave is increasing. In TNM/M mixtures with reduced methanol content but more power-intensive (35%, and 7%) a typical spike in $u(t)$ oscillograms is absent at all. It is not ruled out that the time t C-J is comparable to the front growth of the oscillogram (approximately $0.07 \mu\text{s}$), and at once a value of particle velocity close to u C-J will be registered.

The reason and the mechanisms that bring to considerable decreasing of chemical transformation time in detonation wave front in comparison with a pure TNM (t C-J $\approx 0.20 \mu\text{s}$), as well as a possibility of absence of chemical spike in general when methanol added are of interest in principle.

The work was supported by International Science and Technology Center (Project # 3394).

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ, МАССОВОЙ СКОРОСТИ И ДАВЛЕНИЯ ПРИ ДЕТОНАЦИИ ЗАРЯДОВ НА ОСНОВЕ ТАТЬ

Э. Р. Прууэл¹, К. А. Тен¹, Л. А. Мержиевский¹,
Л. А. Лукьянчиков¹, А. К. Музыря²,
Ю. А. Аминов², Е. Б. Смирнов², Б. Г. Лобойко²,
И. Л. Жогин³, Б. П. Толочко³

E-MAIL: PRU@HYDRO.NSC.RU, MERZH@HYDRO.NSC.RU

¹Институт гидродинамики им. М. А. Лаврентьева
СО РАН, Новосибирск, Россия

²Российский Федеральный Ядерный Центр – ВНИИ
технической физики имени академика Е. И. Забабахина,
Снежинск, Россия

³Институт химии твердого тела и механохимии
СО РАН, Новосибирск, Россия

В докладе приводятся экспериментальные данные о пространственном распределении плотности, массовой скорости и давления при детонации цилиндрических зарядов взрывчатых веществ (ВВ) на основе ТАТЬ. Данные о распределении параметров течения продуктов детонации получены с помощью специально разработанного невозмущающего метода рентгеновской томографии плотности с применением синхротронного излучения [1, 2], и последующего восстановления пространственного распределения вектора массовой скорости и давления. Предложенная методика восстановления скорости и давления основывается на решении уравнений газовой динамики с использованием уже экспериментально определенного пространственного распределения плотности. По полученным данным построены также адиабаты разгрузки продуктов взрыва в координатах давление-плотность и давление-массовая скорость. Результаты дают детальную основу для построения полных уравнений состояния продуктов детонации исследованных ВВ.

Литература

1. Прууэл Э. Р., Мержиевский Л. А., Тен и др. Распределение плотности разлетающихся продуктов стационарной детонации тротила. Физика горения и взрыва. — 2007. — Т. 43. — № 3. — С 121–131.

2. Ten K. A., Prueel E. R., Merzhievsky L. A., et al. Tomography of the flow of detonation products using SR. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A 603 (2009). 160. — P. — 163.

DISTRIBUTION OF DENSITY, MASS VELOCITY, AND PRESSURE AT DETONATION OF TATB-BASED CHARGES

E. R. Prueel¹, K. A. Ten¹, L. A. Merzhievsky¹,
L. A. Lukyanchikov¹, A. K. Muzyrya²,
Yu. A. Aminov², E. B. Smirnov², B. G. Loboiko²,
V. P. Filin², I. L. Zhogin³, B. P. Tolochko³
E-MAIL: PRU@HYDRO.NSC.RU, MERZH@HYDRO.NSC.RU

1 Lavrentiev Institute of Hydrodynamics, RAS Siberian Branch, Novosibirsk, Russia

2 Russian Federal Nuclear Center — Zababakhin All-Russia Research Institute of Technical Physics, Snezhinsk, Russia

3 Institute of Chemistry of Solids, RAS Siberian Branch, Novosibirsk, Russia

Experimental data on the spatial distribution of density, mass velocity, and pressure at detonation of cylindrical TATB-based charges is presented. Data on the distribution in parameters of the detonation products flow is obtained with the help of (i) the specially developed unperturbing method of density X-ray tomography that uses the synchrotron emission and (ii) the follow-on recovery of spatial distribution of the mass velocity vector and the pressure vector. The proposed technique of velocity and pressure recovery is based on the solution of the gas dynamic equation using the experimentally determined spatial density distribution. The obtained data is also used to construct adiabatic curves for explosion products unloading in the «pressure-density» and «pressure-mass velocity» coordinates. The results serve the detailed basis for constructing the complete equations of state for test explosive detonation products.

References

1. Prueel E.R., Merzhievsky L.A., Ten K.A. et al. Density distribution for scattering products of TNT steady-state detonation. J. Physics of Combustion and Explosion. — 2007. — V. 43. — N 3. — P. 121–131.
2. Ten K. A., Prueel E. R., Merzhievsky L. A., et al. Tomography of the flow of detonation products using SR. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A 603 (2009). — 160–163.

НИЗКОСКОРОСТНАЯ ДЕТОНАЦИЯ НИЗКОПЛОТНЫХ ВТОРИЧНЫХ ВВ В ВАКУУМИРОВАННЫХ И ГАЗОНАПОЛНЕННЫХ СРЕДАХ

А. В. Пинаев
E-MAIL: AVPIN@NGS.RU

Институт гидродинамики им. М. А. Лаврентьева
СО РАН, Новосибирск, Россия

Экспериментально исследована «вакуумная» детонация низкоплотных ВВ (монотоплив), когда самоподдерживающийся процесс осуществляется при разложении вещества без газообразного окислителя перед фронтом детонации. В экспериментах с порошковыми вторичными ВВ с величиной среднеобъемной плотности ρ , меньшей 1 мг/см^3 , получены самоподдерживающиеся волны детонации в вакууме при отсутствии ударного скачка, способного инициировать взрывчатое вещество непосредственно во фронте. Фронт свечения следует с задержкой от 3 до 20 мкс за плавным передним фронтом давления. Величина давления на плато растет с увеличением концентрации ВВ и составляет $0,3...0,75 \text{ МПа}$ для исследованного диапазона ρ . Скорость вакуумной детонации D определяется скоростью распространения светящихся продуктов реакции, слабо зависит от ρ и составляет $1750 \pm 50 \text{ м/с}$. Слабое влияние ρ на величину D совпадает с известными ранее результатами исследования газовой детонации. Оценка длины зоны реакции в волне детонации дает близкие между собой величины и составляет $0,4...0,5 \text{ м}$.

Экспериментально изучена детонация низкоплотных ($3...40 \text{ мг/см}^3$) вторичных ВВ в вакуумированной и в газонаполненной инертной пористой среде. Выяснено влияние типа ВВ, начального давления газа и размеров частиц пористой среды на величину критической плотности ВВ и параметры детонации. Показано, что при наличии воздуха детонация в среде возможна при меньшей, чем в случае вакуума, среднеобъемной плотности ВВ, и при этом существуют два предела (минимальный и максимальный) по начальному давлению газа. С уменьшением среднеобъемной плотности ВВ пределы сближаются, и для некоторого критического значения ρ детонация существует лишь при одном значении начального давления.

Показано, что для всех исследованных режимов детонации имеет место конвективно-струйный механизм распространения детонации с плавным сгоранием частиц в протяженной зоне реакции, структура волны и механизм воспламенения не соответствуют идеальной модели ЗНД.

Работа поддержана грантом РФФИ 09-01-00317 и ведущей научной школой «Механика ударных и детонационных процессов».

from the piezoacoustical converter was registered by oscillograph TDS 3032B.

For manufacturing of experimental samples the powder of a PETN with the characteristic sizes of grain $\sim 1 \mu\text{m}$ is used. Samples were made by a pressing method in a copper plate with a variation of the maintenance of nanoparticles in a PETN, thus their density made $\rho \sim 1,74 \pm 0,03 \text{ g/sm}^3$. Also a pressing method it was possible to make «loose» samples with density $\sim 1 \pm 0,03 \text{ g/sm}^3$, that according to [1] corresponds to optimum density for laser initiation.

It is revealed, that speed of distribution of an acoustic wave (speed of a sound) at addition in a PETN of nanoparticles does not change and makes size $\sim 2500 \text{ m/s}$. Changing distance between the sample and the piezoacoustical converter, speeds of scattering of products of explosion in air have been defined. It has appeared, that at use of samples of the maximum density of pressing with the maintenance of optimum concentration of nanoparticles — 0,3 % Ni-C and 0,1 % Al, speed of scattering of products of explosion practically does not depend on a grade of nanoparticles and makes size of $\sim 2500 \text{ m/s}$.

In case of use «loose» the sample we managed to realise laser initiation of a PETN without additives of nanoparticles. In this case also speed of scattering of products of explosion which has made size of $\sim 3300 \text{ m/s}$ has been defined. At the maintenance in «loose» samples of 0,1 % on weight of nanoparticles Al speed of scattering of products of explosion has made size of $\sim 4500 \text{ m/s}$.

Thus, the size of speed of distribution of acoustic waves in the sample and speed of scattering of products of explosion allows to assume, that the low-velocity detonation mode in this case is observed.

Reference

1. Tarzhanov V. I., Zinchenko A. D., Sdobnov V. I. Lazernoe iniciirovanie tena // Fizika gorenija i vzryva. 1996. — Т. 32. — № 4. — С. 113–119. [in Russian].

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОРОГА ЛАЗЕРНОГО ИНИЦИИРОВАНИЯ КРИСТАЛЛИЗОВАННЫХ СМЕСЕЙ ФУРАЗАНОТЕТРАЗИНДИОКСИДА И ДИНИТРОДИАЗАПЕНТАНА

В. Е. Зарко¹, А. А. Квасов¹, В. Н. Симоненко¹,
Е. Н. Чесноков¹, К. Э. Купер², П. И. Калмыков³,
В. П. Ципилев⁴

¹Институт химической кинетики и горения СО РАН,
Новосибирск, Россия

²Институт ядерной физики СО РАН, г. Новосибирск

³ФНПЦ «Алтай», Бийск, Россия

⁴Томский Политехнический Университет, Томск, Россия

Эндотермическое вещество 5,6-(3',4'-фуразано)-1, 2, 3, 4-тетразин-1, 3-диоксид ($\text{C}_2\text{N}_6\text{O}_3$, ФТДО) имеет энтальпию образования выше 1000 кал/г и поэтому представляет большой интерес в качестве перспективного высокоэнергетического материала. По чувствительности к механическим воздействиям он находится на одном уровне с азидом свинца [1]. Для снижения чувствительности производится совместная кристаллизация ФТДО с линейными нитраминами [2], в частности, с 2, 4-динитро-2, 4-диазапентаном ($\text{C}_3\text{H}_8\text{N}_4\text{O}_4$, ДНП). Такие конденсированные системы (КС) горят устойчиво в области давлений до 40 атм, при более высоких давлениях горение переходит во взрыв. Причиной этого может служить высокая скорость роста температуры в реакционной зоне конденсированной фазы ($\sim 10^6 \text{ K/c}$ в волне горения при 40 атм). В данной работе проведены эксперименты по воздействию на КС мощных импульсов лазерного излучения, имитирующих условия нагрева в волне горения. При этом использовались два типа лазеров: CO_2 -лазер (длина волны $\lambda = 10,7 \text{ мкм}$, длительность импульса $\tau \sim 1 \text{ мкс}$) и лазер на неодимовом стекле ($\lambda = 0,53 \text{ мкм}$, $\tau \sim 20 \text{ нс}$).

В экспериментах на CO_2 -лазере найдены пороговые значения плотности потока излучения J , при которых происходит взрыв с вероятностью 50%. Они зависят от структурных свойств образца. В частности, значения J для эвтектической смеси ФТДО/ДНП (65/35), кристаллизованной при температуре подложки $T_{\text{п}} = -196 \text{ }^\circ\text{C}$ равно 18 Дж/см^2 , а для кристаллизованной при $T_{\text{п}} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ — 21 Дж/см^2 . В экспериментах с использованием неодимового лазера определены величины J и времена задержки τ_0 между прохождением импульса и началом взрыва. Наблюдается сильная зависимость параметров взрыва от состава КС. Для эвтектической смеси: $J = 380 \text{ МДж/см}^2$, $\tau_0 = 3\text{--}4 \text{ мкс}$, для молекулярного соединения (ФТДО/ДНП = 49/51): $J = 560 \text{ МДж/см}^2$, $\tau_0 = 27 \text{ мкс}$.

Обнаруженное качественное подобие характеристик взрывного превращения при лазерном инициировании и при горении в условиях повышенных давлений

означает принципиальную возможность использования методики для экспрессного тестирования смесей варьируемого состава и структуры.

Литература

1. Теселкин В. А. // Физика горения и взрыва, 2009. — № 5. — С. 140–142.
2. Калмыков П. И., Зарко В. Е., Симоненко В. Н. и др. // Сб. тезисов XIV Симпозиума по горению и взрыву. Горение и кинетика. Черногловка, 2008. — С. 79.

DETERMINATION OF LASER INITIATION THRESHOLD FOR CRYSTALLIZED MIXTURES OF FURASANOTETRASINE DIOXIDE AND DINITRODIAZAPENTANE

V. E. Zarko¹, A. A. Kvasov¹, V. N. Simonenko¹,
E. N. Chesnokov¹, K. E. Kuper², P. I. Kalmykov³,
V. P. Tsipilev⁴

¹Institute of Chemical Kinetics and Combustion SB RAS,
Novosibirsk, Russia

²Institute of Nuclear Physics SB RAS, Novosibirsk,

³FSPC «Altai», Bijsk, Russia

⁴Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia

An endothermic substance 5, 6-(3',4'-furasano)-1, 2, 3, 4-tetrasine-1, 3-dioxide ($C_2N_6O_3$, FTDO) has a formation enthalpy of 1000 cal/g and is considered as promising energetic material. It has high mechanical impact sensitivity compared with that of lead azide [1]. To lower the sensitivity, FTDO is crystallized together with linear nitramine, 2, 4-dinitro-2, 4-diazapentane ($C_3H_8N_4O_4$, DNAP). This mixture burns in a steady-state combustion region under pressures up to 40 atm, but at higher pressures its combustion turns to explosion. Presumably it happens because the temperature growth rate in the reaction zone of the condensed phase exceeds a critical value. Estimated temperature growth rate under pressure of 40 atm reaches $\sim 10^6$ K/s. In this work experiments have been made to determine response of reactive system to high power laser pulse impact, which imitates heating conditions in a combustion wave. Two types of lasers were used: CO₂-laser (wavelength $\lambda = 10.7 \mu\text{m}$, pulse duration $\tau \sim 2 \mu\text{s}$) and a Nd-glass laser ($\lambda = 0.53 \mu\text{m}$, $\tau \sim 20 \text{ns}$).

The threshold energy density J values corresponding to the 50% explosion probability have been determined. In experiments with the CO₂-laser the value of J for the eutectic mixture (FTDO/DNAP = 65/35) crystallized at the substrate temperature $T_s = 196 \text{ }^\circ\text{C}$ equals 18 J/cm^2 , while the same mixture crystallized at $T_s = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ has $J = 21 \text{ J/cm}^2$. In experiments with the Nd-glass laser the delay time τ_0 between the laser pulse and the beginning of explosion has been additionally

determined. The correlation between explosion parameters and the mixture composition has been revealed. Parameters for eutectic mixture are $J = 380 \text{ mJ/cm}^2$ and $\tau_0 = 3\text{--}4 \mu\text{s}$ while for molecular compound (FTDO/DNAP = 49/51) $J = 560 \text{ mJ/cm}^2$ and $\tau_0 = 27 \mu\text{s}$.

The qualitative similarity between explosion characteristics when initiated by the laser pulse and combustion behavior under high pressures has been established. It is possible therefore to use laser initiation for express testing the samples of variable composition and structure.

References

1. Teselkin V. A. // Combustion, Explosion and Shock Waves, 2009. — № 5. — P. 140–142.
2. Kalmykov P. I., Zarko V. E., Simonenko V. N., et al. // Proc. of Russian Symp. on Combustion and Explosion. Chernogolovka /Combustion and Kinetics. — 2008. — P. 79. [in Russian].

РАЗРАБОТКА ПОМЕХОУСТОЙЧИВЫХ ЭЛЕКТРОННО-ОПТИЧЕСКИХ КАМЕР И КОМПЛЕКСОВ НА ИХ ОСНОВЕ ДЛЯ МНОГОКАДРОВОЙ РЕГИСТРАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ БЫСТРОПРОТЕКАЮЩИХ ПРОЦЕССОВ В УСЛОВИЯХ МОЩНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОМЕХ

М. И. Крутик¹, В. П. Майоров²,
В. В. Попов¹, М. С. Семин²

E-MAIL: MAIL@NANOSCAN.RU; MAIL@VIDEOSCAN.RU

¹ ООО «НПП НАНОСКАН», Москва, Россия

² ЗАО «НПК ВИДЕОСКАН», Москва, Россия

В докладе рассматриваются вопросы разработки и применения наносекундных электронно-оптических камер (ЭОК) для сверхскоростной регистрации изображений быстропротекающих процессов в условиях импульсных электромагнитных помех большой мощности.

В период с 2000 г. по настоящее время авторами были разработаны и внедрены в производство электронно-оптические камеры серии НАНОГЕЙТ [1], обеспечивающие возможности вести многокадровую съемку со временами экспозиции до 10 нс. В ЭОК были применены доработанные авторами плоские электронно-оптические преобразователи (ЭОП) второго поколения с рабочим диаметром фотокатода 18 мм. Удаление фотоэлектронной части ЭОК от управляющего компьютера на расстояние до 40 метров, и экранированный корпус обеспечили возможность работы камер без сбоев в зонах с повышенным уровнем электромагнитных помех. Малые габариты, возможность

method, the initiating capability means the cavity volume resulting from the initiator aftereffect onto the bloom surface. The measurement system «MIDI-130V» is used to measure the cavity size and the software «Kaverna» is used to compute the results in order to determine the cavity volume in the end. Then one may estimate the initiating capability and comparatively evaluate different types of explosive devices.

РЕНТГЕНОВСКАЯ МИКРОТОМОГРАФИЯ НА ПУЧКАХ СИ ЗАРЯДОВ ТАТБ

К. Э. Купер¹, К. А. Тен², Э. Р. Прууэл²,
Ю. А. Аминов³, Б. Г. Лобойко³,
Е. Б. Смирнов³, А. К. Музыря³

¹ Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера,
СО РАН, Новосибирск, Россия

² Институт гидродинамики им. М. А. Лаврентьева
СО РАН, Новосибирск, Россия

³ Российский Федеральный Ядерный Центр — ВНИИ
технической физики имени академика Е. И. Забабахина,
Снежинск, Россия

Источник синхротронного излучения (СИ) обладает наибольшей яркостью в рентгеновском диапазоне и дает поток жестких рентгеновских фотонов, который по интенсивности на 4 и более порядков превышает поток от традиционного рентгеновского аппарата. Этот факт сильно расширяет возможности различных методов с использованием рентгеновской микроскопии и микрофотографии и позволяет получать качественные изображения исследуемых объектов с высоким пространственным разрешением и за короткое время.

На накопителе ВЭПП-3 проведено рентгенографическое микрофотографирование прессованных зарядов на основе ТАТБ. Получено объемное распределение плотности и распределение пор размером от 3 мкм. Проведенные рентгеновские томограммы показывают возможность проводить анализ внутренней структуры ВВ с микронной точностью без их разрушения. Отличительной особенностью метода является возможность рассматривать внутреннюю структуру в произвольной плоскости и под любым углом.

SYNCHROTRON BEAM X-RAY MICROTOMOGRAPHY OF TATB CHARGES

К. Е. Kuper¹, К. А. Ten², E. R. Pruuel²,
Yu. A. Aminov³, B. G. Loboiko³, E. B. Smirnov³,
A. K. Muzyrya³, V. P. Filin³

¹Institute of Nuclear Physics, RAS Siberian Branch,
Novosibirsk, Russia

²Lavrentiev Institute of Hydrodynamics, RAS Siberian
Branch, Novosibirsk, Russia.

³Russian Federal Nuclear Center — Zababakhin All-Russia
Research Institute of Technical Physics,
Snezhinsk, Russia

The synchrotron source has the maximum brightness in the X-ray range and gives the rigid X-ray photon flux whose intensity is four and even more orders of magnitude greater than that of the flux from the traditional X-ray apparatus. This fact significantly expands capabilities of different methods that use X-ray microscopy and microtomography and also allows high-quality imaging of test objects with high spatial resolution and in short time.

The accumulator VEPP-3 was used for X-ray microtomography of pressed TATB charges. The volume distribution of density and distribution of pores with the size from 3 μm is obtained. The X-ray tomograms demonstrate feasibility to analyze the internal structure of explosives with the micron accuracy without their destruction. Possibility to study the internal structure in an arbitrary plane and at any angle is the distinctive feature of this method.

ДЕТОНАЦИЯ В ПОРШНЕВЫХ ДВС — МИНУСЫ И ВОЗМОЖНЫЕ ПЛЮСЫ

М. М. Русаков, Д. А. Павлов, А. М. Козин

Тольяттинский государственный университет,
Тольятти, Россия

Детонация в поршневых ДВС — это быстрый, приближающийся к взрыву процесс горения топливной смеси в цилиндре двигателя, сопровождающийся неустойчивой работой, металлическим стуком в цилиндре, износом и разрушением деталей. Такой режим работы оказывается губительным для двигателя и приводит к уменьшению мощности и экономичности. Часть горючей смеси в камере сгорания, до которой фронт пламени доходит в последнюю очередь, воспламеняется от сжатия. Это воспламенение приобретает взрывной характер и распространяется совместно с фронтом ударной волны по механизму аналогичному детонации в трубах, т. е. сгоранию части заряда во фронте ударной волны. Поэтому в двигателе предусматриваются меры, чтобы детонации не было. Возникновение детонации зависит от степени сжатия в цилиндре и от сорта топлива.

В то же время детонационное сгорание в двигателях внутреннего сгорания может улучшить их показатели. За счет очень быстрого сгорания тепловой цикл в двигателе будет происходить с $V = \text{const}$. В послед-

зеркалу. Энергия указанных импульсов при номинальном режиме накачки усилительного канала составляла 12...15 и 10...12 Дж соответственно.

Проведены сравнительные измерения статических aberrаций волнового фронта и динамических aberrаций, возникающих при накачке усилительного канала с номинальной и малой энергией импульса на входе канала. Последний режим реализован для устранения нелинейных фазовых искажений волнового фронта с целью отдельного исследования термооптической aberrации.

Дефокусировка волнового фронта на входе компрессора приводит к увеличению длительности импульса на мишени и ухудшению качества фокусировки излучения, при этом достижение максимальной интенсивности излучения становится невозможным. С учетом измеренных aberrаций волнового фронта на входе и выходе компрессора была выполнена компенсация динамической дефокусировки волнового фронта, тем самым были устранены наклон и астигматизм волнового фронта на выходе компрессора и достигнута длительность импульса 0,7...0,8 пс в фокусе параболического зеркала. Кроме того, учет aberrаций позволил повысить точность позиционирования мишени, при этом был достигнут минимальный диаметр фокального пятна 5...6 мкм на уровне половины максимума с содержанием энергии 20...30% в пределах этого диаметра. Малый диаметр фокального пятна обеспечивается благодаря весьма высокому временному контрасту лазерного импульса, составляющему по интенсивности величину 10^{11} .

Таким образом, в результате применения описанного метода достигнута интенсивность лазерного излучения на мишени $I \approx (1...2) \cdot 10^{19}$ Вт/см².

INTERFEROMETRY OF LASER PULSE WAVEFRONT AT THE OUTPUT OF SUBPICOSECOND FACILITY «SOKOL-P»

D. S. Gavrilov, A. G. Kakshin, E. A. Loboda

E-MAIL: DEP5@VNIITF.RU

Russian Federal Nuclear Center — Zababakhin All-Russia
Research Institute of Technical Physics,
Snezhinsk, Russia

We report about experiments on study of wavefront of laser beam 130 mm in aperture by a radial-shear interferometer.

Following wavefronts were put to the test: the wavefront of chirped pulse of 500 ps in duration at the output of amplifying channel (at the input of laser pulse compressor), and the wavefront of 0.7...0.8 ps pulse at the output of the compressor, after propagation through air and a window of the vacuum chamber to the parabolic

mirror. Energies of these pulses at a nominal pumping mode of the amplifying channel were correspondingly 12...15 and 10...12 J.

Comparative measurements of the static aberrations of wavefront, and dynamic aberrations arising at a pumping of the amplifying channel, at a nominal and small pulse energy at the input of the channel have been performed. Last mode has been realized for elimination of non-linear phase deformations of the wavefront for the purpose of separated studying of thermooptical aberrations.

Wavefront defocus at the input of the compressor leads to magnification of pulse duration at targets and deterioration of focusing of radiation, and achievement of the maximum radiant intensity becomes impossible. Taking into account the measured aberrations of the wavefront at the input and output of the compressor compensation of dynamic defocus of the wavefront has been performed, the defocus and astigmatism of the wavefront at the output of the compressor thereby have been eliminated and pulse duration 0,7...0,8 ps in focus of the parabolic mirror is obtained. Moreover, the account of aberrations has allowed to raise accuracy of positioning of a target, the minimal a focal spot diameter of 5...6 microns FWHM with the content of energy 20...30% within this diameter has been thus obtained. Small diameter of a focal spot is provided thanks to rather high temporary contrast of a laser pulse amounting 10^{11} on intensity.

Thus, as a result of application of the featured method the intensity of laser radiation on a target $I \approx (1...2) \cdot 10^{19}$ Wcm⁻² is reached.

АБСОЛЮТНАЯ КАЛИБРОВКА РЕНТГЕНООПТИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ И ДЕТЕКТОРОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В ДИАГНОСТИЧЕСКИХ МЕТОДИКАХ ЛАЗЕРНОГО РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ АРГОНОВОЙ ПЛАЗМЫ КАПИЛЛЯРНОГО РАЗРЯДА ($\lambda = 46,9$ НМ)

О. Н. Гилёв¹, Д. А. Вихляев¹,
А. А. Легкодымов², А. Д. Николенко²
E-MAIL: DEP5@VNIITF.RU

¹Российский Федеральный Ядерный Центр — ВНИИ
технической физики имени академика Е. И. Забабахина,
Снежинск, Россия

²Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН,
Новосибирск, Россия

Представлены результаты абсолютной калибровки рентгенооптических элементов (дифракционные решетки, многослойные интерференционные Sc-Si зеркала) и детекторов (фотопленки УФ-4 и вакуум-

ного рентгеновского детектора), применяемых в диагностических методиках при исследовании генерации лазерного рентгеновского излучения аргоновой плазмы капиллярного разряда ($\lambda=46,9$ нм). Измерения проводились на станции мягкого рентгеновского и ВУФ излучения накопительного кольца ВЭПП-4 в Сибирском международном центре синхротронного излучения [1]. В качестве эталонного детектора использовался абсолютно откалиброванный фотодиод AXUV 100G. Относительная погрешность калибровки составила 10%.

Полученные коэффициенты отражения многослойных зеркал и дифракционных решеток хорошо (в пределах погрешности) совпали с результатами, полученными при их калибровке на рентгеновском калибровочном комплексе РКК-1-100 [2].

Литература

1. Николенко А. Д., Легкодимов А. А., Лях В. В. и др. Станция СИ ВЭПП-4 «Космос» для метрологических измерений в мягком рентгеновском и ВУФ диапазонах. Тезисы докладов РСНЭ-НБИК. Москва. Институт кристаллографии РАН. 2009.
2. Гилев О. Н., Вихляев Д. А., Елисеев М. В. и др. Рентгеновский калибровочный комплекс РКК-1-100. ПТЭ. – 2008. – № 1. – С. 119–126.

ABSOLUTE CALIBRATION OF X-RAY OPTICAL ELEMENTS AND DETECTORS THAT ARE USED IN DIAGNOSTIC TECHNIQUES OF LASER X-RAY RADIATION OF ARGON PLASMA OF CAPILLARY DISCHARGE ($\lambda=46,9$ NM)

O. N. Gilev¹, D. A. Vikhlyev¹, A. A. Legkhodymov²,
A. D. Nikolenko²

E-MAIL: DEP5@VNIITF.RU

¹Russian Federal Nuclear Center – Zababakhin All-Russia Research Institute of Technical Physics, Snezhinsk, Russia

²Budker Institute of Nuclear Physics SD RAS, Novosibirsk, Russia

Presentation gives the results of absolute calibration of X-ray optical elements (diffraction gratings, multi-layer interference Sc-Si mirrors) and detectors (photo films UF-4 and vacuum X-ray detector) that are used in diagnostic techniques while studying generation of laser X-ray radiation of argon plasma of capillary discharge ($\lambda=46,9$ nm). Measurements were performed at stations of soft X-ray and UV radiation of storage ring VEPP-4 in Siberian international center of synchrotron radiation [1]. Absolutely calibrated photo diode AXUV 100G was used as reference detector. Relative error of calibration made 10%.

Obtained coefficients of reflection of multi-layer mirrors and diffraction gratings were in good agreement (in the frames of error) coincided with the results that were obtained under their calibration on X-ray calibration complex RKK-1-100 [2].

References

1. Nikolenko A. D., Legkhodymov A. A., Lyakh V. V. et al. Station SI VEPP-4 «Kosmos» for metrological measurements in soft X-ray and UV ranges. Abstracts of presentations RSNE-NBIK. Moscow. Institute of crystallography RAS. – 2009.
2. Gilev O. N., Vikhlyev D. A., Yeliseev M. V. et al. X-ray calibration complex RKK-1-100. PTE. – 2008. – P. 119–126.

УСКОРЕНИЕ ПРОТОНОВ ИЗ МИШЕНЕЙ, ОБЛУЧАЕМЫХ УЛЬТРАИНТЕНСИВНЫМ ВЫСОКОКОНТРАСТНЫМ ЛАЗЕРНЫМ ИМПУЛЬСОМ УСТАНОВКИ СОКОЛ-П

Е. С. Мокичева, Д. А. Вихляев, А. Г. Владимиров,
Д. С. Гаврилов, С. А. Горохов, А. Г. Какшин,
Е. А. Лобода, В. А. Лыков, А. В. Потапов,
В. А. Пронин, В. Н. Сапрыкин, К. В. Сафронов,
П. А. Толстоухов, О. В. Чефонов, М. Н. Чижков

E-MAIL: DEP5@VNIITF.RU

Российский Федеральный Ядерный Центр – ВНИИ технической физики имени академика Е. И. Забабахина, Снежинск, Россия

В работе представлены результаты экспериментов по ускорению протонов из мишеней, облучаемых лазерным импульсом с интенсивностью до $2 \cdot 10^{19}$ Вт/см². Для того чтобы тонкие мишени не разрушались под воздействием предимпульса усиленного спонтанного излучения (УСИ), в усилительный тракт установки СОКОЛ-П был введен быстрый оптический затвор на основе ячейки Поккельса. В результате энергетический контраст по отношению к предимпульсу УСИ был повышен до $4 \cdot 10^6$, что позволило провести эксперименты по облучению мишеней с толщиной менее 100 нм. В качестве мишеней использовались тонкие алюминиевые и органические пленки. Было выяснено, что материал мишени слабо влияет на выход ускоренных ионов.