

SURFACE PLASMON RESONANCE OF GOLD NANOPARTICLES  
IN ENERGY MATERIALS AND ITS RELATIONSHIP  
WITH THE LAWS OF THE LASER EXPLOSION INITIATION

D.R. Nurmukhametov, A.A. Zvekov, A.S. Zverev, N.V. Geràsimchuk, A.N. Eremenko

Institute of Coal Chemistry and Material Science of Federal research Center of coal  
and coal chemistry SB RAS, Kemerovo, Russia

Laser initiation of high explosives (HE) is now being increasingly used in new and innovative technologies, such as in the military, explosion welding metals, etc. One of the ways - undermining the regular explosives using optical detonators composed lacking initiating explosives, instead of the currently used electric detonators. Therefore we need to develop ways to control the sensitivity of explosives, which will provide low threshold laser initiation while maintaining high thresholds for other methods of exposure. To solve this problem, focused fundamental research of the mechanism of laser initiation of explosives.

This paper presents the results of a study by optical and opto-acoustic spectroscopy explosive new composite material based on polycrystalline sample of PETN containing gold nanoparticles. Opto-acoustic spectroscopy is applied for the first time to study the optical properties of explosive systems. The formation of spherical gold nanoparticles in a polycrystalline matrix was confirmed by optical spectroscopy - the observation of the spectrum of the optical plasmon resonance absorption with a maximum at 532 nm. Position band in these samples is explained by a theoretical simulation based on Mie theory. This set is a good correlation of experimental data with the results of numerical calculations.

The reported study was funded by RFBR according to the research project No. 03-33-00510 мол\_a

ДИНАМИКА СРЕДНЕГО РАЗМЕРА НАНОЧАСТИЦ  
УГЛЕРОДА ПРИ ДЕТОНАЦИИ ТРИНИТРОТОЛУОЛА  
И ЕГО СПЛАВОВ С ГЕКСОГЕНОМИ.А. Рубцов<sup>1,4</sup>, К.А. Тен<sup>1,4</sup>, В.М. Титов<sup>1</sup>, Э.Р. Прууэл<sup>1,4</sup>, А.О. Кашкаров<sup>1,4</sup>,  
Б.П. Толочко<sup>2,3,4</sup>, В.В. Жуланов<sup>3,4</sup>, Л.И. Шехтман<sup>3,4</sup><sup>1</sup>Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН, г. Новосибирск, Россия<sup>2</sup>Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН, г. Новосибирск, Россия<sup>3</sup>Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН, г. Новосибирск, Россия<sup>4</sup>Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск, Россия

Проблема роли конденсации углерода при детонации взрывчатых веществ - один из обсуждаемых элементов кинетики детонационного процесса [1-6]. Ранее динамика размеров наночастиц конденсированного углерода при детонации различных зарядов ВВ с отрицательным кислородным балансом диаметром 20 мм была получена в работах [3-5]. В работе [6] измерена динамика размеров наночастиц при детонации гексанитростильбена диаметром около 6 мм.

Работа посвящена измерению динамики мало-углового рассеяния (МУРР) при детонации тринитротолуола (ТНТ) и его смеси с гексогеном 50/50 (ТГ). Измеренных распределений МУРР при детонации зарядов ТНТ и ТГ различных

диаметра (до 40 мм) в  
расположенных центров в р  
конденсации углеродных  
используемый для регистрации  
Сначала регистриру  
интересно наблюдать  
наночастиц. В текущих л  
части зависит от диаметра  
Работа выполнена пр

Литература

1. Craig M. Tarver, John W. B  
J. Appl. Phys. - 1997. - V.1
2. Geibenkin K.F., Taranik  
heterogeneous HE detonati  
2006. - P. 496-505
3. Ten K.A., Prueel E.R., Tit  
Growth at Detonation of  
Microstructures, 20: 587-593
4. Ten K.A., Titov V.M., Pr  
Zhulanov V.V., Shehtman I  
Parameters of front and cond  
substance. Detonation. Shoc  
Readings. Proceedings - Cap
5. Ten K.A., Titov V.M., Prue  
B.G., Muzrya A.K. and St  
Proceedings Fifteenth Interna
6. M. Bagge-Hansen, L. Laude  
Hansen, J. Benterou, C. May  
carbon condensates using st  
hexanitrostilbene. J. Appl. Ph

THE DYNAMICS OF TH  
URING DETONATION OI.A. Rubtsov<sup>1,4</sup>, K.A.  
B.P. Tolo<sup>1</sup>Lavrentyev In<sup>2</sup>Institute of Solid State<sup>3</sup>Budker Institute<sup>4</sup>Nov

The problem of carbon  
discussed problems of kine  
of condensed carbon nano  
different oxygen-deficient high

CARBON NANOPARTICLES  
DYNAMICS  
RELATIONSHIP  
DYNAMICS INITIATION

rasimchuk, A.N. Eremenko

ral research Center of coal  
, Russia

ing increasingly used in new and  
welding metals, etc. One of the  
detonators composed lacking  
detonators. Therefore we need  
which will provide low threshold  
methods of exposure. To solve  
mechanism of laser initiation of

and opto-acoustic spectroscopy  
sample of PETN containing gold  
the first time to study the optical  
spherical gold nanoparticles in a  
scopy - the observation of the  
a maximum at 532 nm. Position  
based on Mie theory. This set  
numerical calculations.

to the research project No. 16-

НАНОЧАСТИЦ  
ПРОТОЛУОЛА  
ДИНАМИКАI.A. Rubtsov<sup>1,4</sup>, A.O. Kashkarov<sup>1,4</sup>,  
L.I. Shekhtman<sup>3,4</sup>

Н, г. Новосибирск, Россия  
Н, г. Новосибирск, Россия  
Н, г. Новосибирск, Россия  
Новосибирск, Россия

динамики взрывчатых веществ –  
динамического процесса [1-6]. Ранее  
динамика углерода при детонации  
динамическим балансом диаметром 20 мм  
динамика размеров наночастиц  
наночастиц 20-50 нм.

динамического рассеяния (МУРР) при  
динамическим балансом 50/50 (ТГ). Из  
динамическим ТНТ и ТГ различного

диаметра (до 40 мм) в приближении Гинье восстановлены средние размеры  
динамических центров в различные моменты времени, которые формируют динамику  
динамических углеродных наночастиц за фронтом химической реакции. Минимально  
динамический для регистрации на станции размер частиц составляет 2 нм.

Динамика регистрируются частицы размером в 2 нм затем в течение нескольких  
динамических секунд наблюдается увеличение размеров конденсированных углеродных  
динамических наночастиц. В текущих приближениях наблюдается, что время роста углеродных  
динамических наночастиц зависит от диаметра заряда.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 16-29-01050.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Craig M. Tarver, John W. Kury, R. Don Breithaupt Detonation waves in triaminotrinitrobenzene. *J. Appl. Phys.* – 1997. – V.82, N 8. P 3771–3782.
2. Geibenkin K.F., Taranik M.V., Zherebtsov A.L. Computer modeling of scale effects at heterogeneous HE detonation // Proc. 13th Symposium (International) on Detonation, Norfolk, USA – 2006. – P. 496–505
3. Ten K.A., Prueel E.R., Titov V.M. SAXS Measurement and Dynamics of Condensed Carbon Growth at Detonation of Condensed High Explosives. *Fullerenes, Nanotubes, and Carbon Nanostructures*, 20: 587–593, 2012.
4. Ten K.A., Titov V.M., Prueel E.R., Lukyanchikov L.A., Kashkarov A.O., Tolochko B.P., Zhulanov V.V., Shehtman L.I., Aminov Yu.A., Muzurya A.K., Kostitsyn O.V., Smirnov E.B. Parameters of front and condensation of carbon in detonation of bezotrifuroxan. Extreme states of substance. Detonation. Shock waves. International Conference XV Khariton's Topical Scientific Readings. Proceedings – Саратов: ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», 2013. 146-151.
5. Ten K.A., Titov V.M., Prueel E.R., Kashkarov A.O., Tolochko B.P., Aminov Yu.A., Loboiko B.G., Muzurya A.K. and Smirnov E.B. Carbon condensation in detonation of high explosives. Proceedings Fifteenth International Detonation Symposium. San Francisco, California, USA.
6. M. Bagge-Hansen, L. Lauderbach, R. Hodgins, S. Bastea, L. Fried, A. Jones, T. van Buuren, D. Hansen, J. Benterou, C. May, T. Graber, B. J. Jensen, J. Ilavsky and T. M. Willey Measurement of carbon condensates using small-angle x-ray scattering during detonation of the high explosive hexanitrostilbene. *J. Appl. Phys.* – 2015. – V.117, N 245902.

THE DYNAMICS OF THE AVERAGE SIZE OF CARBON NANOPARTICLES  
DURING DETONATION OF TRINITROTOLUENE AND ITS COMPOUND WITH  
HEXOGENI.A. Rubtsov<sup>1,4</sup>, K.A. Ten<sup>1,4</sup>, V.M. Titov<sup>1</sup>, E.R. Prueel<sup>1,4</sup>, A.O. Kashkarov<sup>1,4</sup>,  
B.P. Tolochko<sup>2,3,4</sup>, V.V. Zhulanov<sup>3,4</sup>, L.I. Shekhtman<sup>3,4</sup><sup>1</sup>Lavrentyev Institute of Hydrodynamics SB RAS, Novosibirsk, Russia<sup>2</sup>Institute of Solid State Chemistry and Mechanochemistry SB RAS, Novosibirsk<sup>3</sup>Budker Institute of Nuclear Physics SB RAS, Novosibirsk, Russia<sup>4</sup>Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia

The problem of carbon condensation during detonation of high explosives is one of  
the discussed problems of kinetics of the detonation process [1-6]. Earlier, dynamics of the  
size of condensed carbon nanoparticles during the detonation of 20 mm diameter charges of  
different oxygen-deficient high explosives was obtained in [3-5]. In [6], the dynamics of

nanoparticles sizes during the detonation of hexanitrostilbene of approx. 6 mm in diameter was measured.

This work is devoted to measure the dynamics of small-angle x-ray scattering (SAXS) during the detonation of trinitrotoluene (TNT) and its mixture with hexogen (TNT/RDX). The obtained SAXS distribution data was used to restore the dynamics of average sizes of carbon nanoparticles during the detonation of TNT and TNT/RDX charges of various diameters (up to 40 mm). Minimum available to register size of particles is 2 nm.

The particles 2 nm in size were registered behind the detonation front. Then carbon nanoparticles grow during several microseconds up to 6-7 nanometers. We reveal that time of carbon nanoparticles growth depends on diameter of a charge. It increases with increasing of diameter of HEs charge.

This work was supported by Russian Foundation for Basic Research (project No. 16-29-01050).

#### References

1. Craig M. Tarver, John W. Kury, R. Don Breithaupt Detonation waves in triaminotrinitrobenzene. J. Appl. Phys. – 1997. – V.82, N 8. P 3771–3782.
2. Grebenkin K.F., Taranik M.V., Zherebtsov A.L. Computer modeling of scale effects in heterogeneous HE detonation // Proc. 13th Symposium (International) on Detonation, Norfolk, USA – 2006. – P. 496–505
3. Ten K.A., Prueel E.R., Titov V.M. SAXS Measurement and Dynamics of Condensed Carbon Growth at Detonation of Condensed High Explosives. Fullerenes, Nanotubes, and Carbon Nanostructures, 20: 587–593, 2012.
4. Ten K.A., Titov V.M., Prueel E.R., Lukyanchikov L.A., Kashkarov A.O., Tolochko B.P., Zhulanov V.V., Shehtman L.I., Aminov Yu.A., Muzurya A.K., Kostitsyn O.V., Smirnov E.B. Parameters of front and condensation of carbon in detonation of bezotrifuroxan. Extreme states of substance. Detonation. Shock waves. International Conference XV Khariton's Topical Scientific Readings. Proceedings – Саров: ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», 2013. 146-151.
5. Ten K.A., Titov V.M., Prueel E.R., Kashkarov A.O., Tolochko B.P., Aminov Yu.A., Loboynik B.G., Muzurya A.K. and Smirnov E.B. Carbon condensation in detonation of high explosives. Proceedings Fifteenth International Detonation Symposium. San Francisco, California, USA.
6. M. Bagge-Hansen, L. Lauderbach, R. Hodgins, S. Bastea, L. Fried, A. Jones, T. van Buuren, D. Hansen, J. Benterou, C. May, T. Graber, B. J. Jensen, J. Ilavsky and T. M. Willey Measurement of carbon condensates using small-angle x-ray scattering during detonation of the high explosive hexanitrostilbene. J. Appl. Phys. – 2015. – V.117, N 245902.

## АНАЛИЗ МАТЕРИАЛА ОБОЛОЧКИ НА ПРОЦЕСС ДЕТОНАЦИИ

Л.А. Мерзжиевский, И.А. Балаганский, А.В. Виноградов,  
А.Д. Матросов, И.А. Стадниченко

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

Экспериментальные исследования детонационных режимов в зарядах конденсированных ВВ, контактирующих с высокомодульными керамическими элементами, позволили выявить не описанные ранее нестационарные детонационные режимы, особенности которых определяются геометрией экспериментальной сборки, свойствами материала оболочки и кинетикой разложения ВВ [1]. Наблюдалось как повышение, так и снижение скорости детонации и давления по сравнению с

цилиндрами Чепмена-Жуге. Э  
оболочкой, но и во всем заряде  
детально экспериментально и  
(окиси и карбида кремния) на пр

В экспериментах исполь  
кислоте гексогена, плотностью  
формировались путем выруб  
внутреннему диаметру цилин  
указкой в оболочку с помощи  
эффекта боковые грани ЛВВ-11  
указкой.

Скорость детонации из  
Рассмотревался также про  
экспериментальной сборки с по

Подробное исследование  
оболочки из карбида кремния п  
использованием пакета ANSYS  
задачи уравнений состояния  
расчет параметров.

Отмечены существенны  
детонация, так и в оболочках  
находящийся в меди и карбид  
высоком давлении. Выявлен  
Шоуверника, связанные с де  
перекрывающей волной со сторо  
зависимо давления, размытос  
зависит, что свойственно н  
увеличивает непрерывное увели  
задачи ВВ с керамической обо  
нестационарный детонационн  
диаметра за детонационным  
наблюдается область с почти  
зависимо в точке Чепмена-Ж  
асимметрия к оси симметрии  
ответственно за детонацион  
особенности процесса хорошо в

И.А. Балаганский, Л.А. Мер  
высокомодульные элементы (мо

## ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ Д

О.А. З

Институт гидродинамики им

Современные представле  
ВВ основываются на гидро