

**ЭЛЕКТРОН-ПОЗИТРОННАЯ АННИГИЛЯЦИЯ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ СТРУКТУРЫ  
НАНОАЛМАЗОВ ПОСЛЕ ЦИКЛИЧЕСКОЙ СОРБЦИИ ВОДОРОДА**

Л.В. Гулидова, Лю Чао

Научный руководитель: ассистент кафедры общей физики ФТИ Л.В. Гулидова

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: [987823496@qq.com](mailto:987823496@qq.com)

**STUDY THE STRUCTURE OF NANODIAMONDS BY ELECTRON-POSITRON  
ANNIHILATION AFTER ADDING A CERTAIN AMOUNT OF CYCLIC HYDROGEN**

L.V. Gulidova, Liu Chao

Scientific Supervisor: assistant of General Physics department L.V. Gulidova

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: [987823496@qq.com](mailto:987823496@qq.com)

***Abstract:** Nanodiamond samples with various densities were studied by positron annihilation spectroscopy with the aim of finding out the hydrogen saturation effect on nanodiamonds. The positron lifetime measurements were carried out on packed nanodiamonds with various densities at room temperature and atmospheric pressure. The density of compacted samples does not affect positron lifetime.*

***Keywords:** nanodiamonds, positron annihilation spectroscopy, positron lifetime*

Наиболее продвинутой областью применения наноалмазов это полировальные составы, хром-алмазные износостойкие покрытия для нефтедобычи и добавки к машинным маслам. Интерес к наноалмазам велик и в Европе и в Азии. Но широкому внедрению препятствует ряд проблем:

1. отсутствие стандартизации наноалмазов;
2. низкая стабильность качества наноалмазов у различных производителей;
3. незрелость технологий;
4. отсутствие опыта работы с наноалмазами.

Однако уникальные свойства наноалмазов гарантируют им присутствие в арсенале инновационных технологий. А нерешенные проблемы дают возможность для более детального и полноценного изучения этих уникальных структур.

**Целью** данной работы является изучение структуры и дефектов наноалмазов (НА) с помощью электрон-позитронной аннигиляции (ЭПА).

**Методы исследования:** Спектроскопия времени жизни позитрона.

Для определения времени жизни позитронов в веществе используют метод запаздывающих совпадений. Суть метода заключается в измерении скорости счета запаздывающих совпадений между ядерным  $\gamma$ -квантом с энергией, который испускается почти одновременно с позитроном, и аннигиляционным  $\gamma$ -квантом с энергией 0.511 МэВ. Время жизни позитрона зависит от плотности электронов в месте его нахождения. Для измерения времени жизни позитронов в веществе обычно используются радиоизотопные источники. Ядерный  $\gamma$ -квант, соответствующий переходу с первого возбужденного

уровня на основной, возникает вслед за позитронным распадом за время, меньшее, чем  $10^{-11}$  с, и служит реперной нулевой точкой на временной шкале.

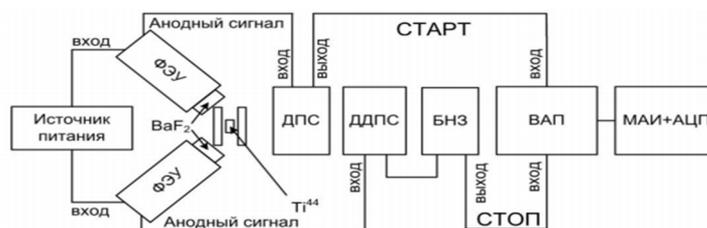


Рис.1 Схема аналогового спектрометра для измерения времени жизни позитронов в материале

После попадания в вещество, позитрон теряет кинетическую энергию в процессах упругого и неупругого рассеяния и аннигилирует с электронным окружением вещества с образованием двух аннигиляционных  $\gamma$  – квантов с энергией 0.511 МэВ [2].

### Результаты и их обсуждение

Ниже представлен спектр времени жизни позитрона для образцов источника. Результаты обработки спектров представлены в таблице 1.

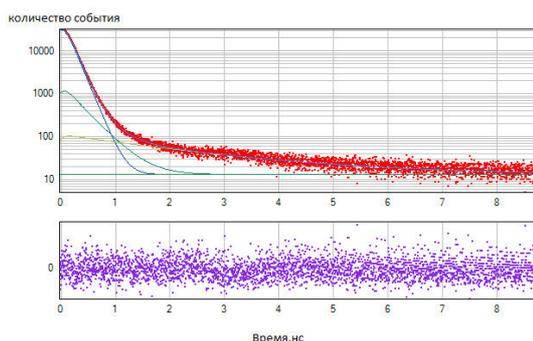


Рис.2 Спектр образца наноалмазов

Время жизни позитронов в образце после 10 циклов сорбции-десорбции водорода наиболее приближено к графиту. Поэтому, можно предположить, что увеличение циклов насыщения водородом приводит к графитизации наноалмазов. Ps ограничен сферической ямой с бесконечно высокими стенками, что дает прямую связь между временем жизни o-Ps и радиусом свободного объема. Радиус пор рассчитывался по модели Тао—Элдруппа

$$\tau_{o-ps}^{-1} [ns] = 2(ns)^{-1} \left[ 1 - \frac{R}{R_0} + \frac{1}{2\pi} \sin\left(\frac{2\pi R}{R_0}\right) \right],$$

где R—средний радиус отверстий  $R_0 = R + \Delta R$  и  $\Delta R = 0.166$  нм.

В эксперименте для каждого образца до и после насыщения водородом в соответствии с моделью Тао-Элдруппа был рассчитан средний радиус пор. Радиусы пор составили 0.1178 нм, 0.1182 нм, 0.1186 нм, 0.1189 нм, 0.1192 нм, 0.1196 нм, 0.1272 нм. Эксперимент показывает что, при увеличении циклов сорбции-десорбции водорода до 10, размер пор увеличивается (рис. 3).

Таблица 1.

Время жизни позитрона и интенсивность для образцов наноалмазов

Образец наноалмазов	Время жизни позитрона, нс			Интенсивность, %		
	$\tau_1$ ( нс )	$\tau_2$ ( нс )	$\tau_3$ ( нс )	$I_1$ (%)	$I_2$ (%)	$I_3$ (%)
1	0.268±0.007	0.564±0.006	3.414±0.259	69.981	26.521	3.498
2	0.239±0.009	0.496±0.009	3.136±0.170	71.703	25.928	2.956
3	0.250±0.009	0.496±0.028	2.981±0.137	71.116	24.882	3.604
2 +Н	0.254±0.006	0.534±0.006	3.873±0.305	73.080	24.196	2.725
3 +Н	0.254±0.006	0.534±0.006	3.873±0.305	73.628	23.732	2.641
2 +2Н	0.262±0.001	0.521±0.002	2.973±0.132	71.270	25.300	3.431
1+10Н	0.151±0.084	0.424±0.136	2.351±0.440	34.654	60.279	5.067
Графит	0.120±0.050	0.422±0.051	2.829±0.179	25.226	73.260	1.313

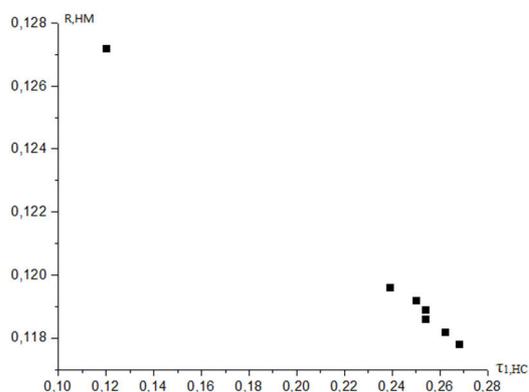


Рис.3. График зависимости размера пор от времени жизни позитронов

**Выводы.** Воздействие на материал водородом, количество и размеры дефектов изменяют время жизни позитронов. Изучая параметры позитронной аннигиляционной спектроскопии, можно будет контролировать качество углеродных структур.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Верещагин А.Л. Наноалмазы — первичное состояние углерода во Вселенной. Учебное пособие - Барнаул, 2001. – 178 с.
- 2 Лаптев Р. С. Разработка метода аннигиляции позитронов для контроля дефектной структуры в системах металл–водород. Диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. Томск, 2014. – 31 с.