

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна

Должность: проректор по учебной работе

Дата подписания: 05.05.2022 22:50:07

Уникальный программный ключ:

0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

## **МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)**

**Кафедра нанотехнологий и инженерной физики**



### **Исследование структуры углерода различного происхождения**

**Методические указания к выполнению  
лабораторных работ  
для студентов направления подготовки  
28.04.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника»**

**Курск 2017**

УДК 681.7.069.24

Составители: Е.А. Гречушников, А.Е. Кузько

Рецензент

Доктор физико-математических наук, профессор *В.М.Полунин*

**Исследование структуры углерода различного происхождения:**  
Методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов направления подготовки 28.04.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника» / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: Е.А. Гречушников, А.Е. Кузько. Курск, 2017. 8 с. Библиогр.: с. 8.

Излагаются методические указания к выполнению лабораторных работ, в которых приведен обзор базовых навыков использования электронной микроскопии, ИК-спектроскопии и спектроскопии комбинационного рассеяния для исследования структуры углерода.

Методические указания соответствуют требованиям Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования и учебного плана направления подготовки 28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, степень (квалификация) – магистр. Материал предназначен для студентов направления подготовки 28.04.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника», а также будет полезен студентам всех других направлений подготовки, изучающих дисциплины нанотехнологического профиля.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать . Формат 60×84 1/16.

Усл.печ.л. 0.47. Уч.-изд. л. 0.42 . Тираж 50 экз. Заказ . Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.

305040 Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

**Цель работы:** Исследование структуры образцов углерода различного происхождения с применением электронной микроскопии, ИК-спектроскопии и рамановской спектроскопии.

**Принадлежности:** микроскоп растровый электронный JSM-6610LV с приставкой ЭДС, ИК-Фурье спектрометр, Раман-спектрометр, исследуемые образцы (графит, углерод технический (сажа), углеродные нанотрубки).

### Теоретическое введение

Углерод является неметаллическим химическим элементом IV группы периодической системы элементов Д.И. Менделеева, поэтому у углерода 4 валентных электрона. Он широко распространен и составляет основу живой природы, но содержание его в земной коре всего 0,19%.

Такие модификации углерода как графит, сажа, алмаз давно используются в различных отраслях промышленности:

- в микроэлектронике и высоковольтной электронике для изготовления полупроводниковых приборов и изделий, обладающих термо- и радиационной стойкостью,
- в силовой электронике для получения покрытий с большой величиной пробивного напряжения и высокой теплопроводностью,
- для изготовления плавильных тигелей и футеровочных плит,
- в производстве электродов и нагревательных элементов твердых смазочных материалов,
- в качестве наполнителя полимерных и резинотехнических изделий, замедлителя нейтронов в ядерных реакторах,
- в производстве токопроводящих клеев и др.

При этом во многих химических и электрохимических процессах механизм действия углерода до конца не изучен. Известно лишь, что его активность определяется структурными особенностями и физико-химической природой поверхности. Поверхность частиц углерода может быть гладкой или шероховатой в зависимости от особенностей процесса их получения. Функциональные группы и примеси, которые находятся на поверхности углерода способны участвовать в физико-химических взаимодействиях и во многом определяют свойства углеродных частиц. К таким функциональным группам относятся карбоксильная (-COOH), карбонильная (-C=O), фенольная (-OH), азот- и серосодержащие группы и др. Кроме того, на поверхности углерода могут быть адсорбированы молекулы кислорода, углекислого газа, воды и минеральные вещества (зола).

Поэтому при выборе углерода определенной модификации для конкретного применения важно провести грамотный анализ особенностей его структуры и строения, что поможет предсказать его поведение в различных условиях и средах.

## Лабораторная работа № 1

### Исследование углерода с помощью ИК-спектроскопии

Цель работы: определить присутствие функциональных групп и неорганических примесей в структуре углерода и идентифицировать данные группы и неорганические соединения.

#### Порядок выполнения работы

1. Получить у преподавателя образец углеродного материала (технический углерод или графит или углеродные нанотрубки или активированный углерод).
2. Используя ИК-спектрометр и инструкцию по эксплуатации прибора получить спектры поглощения углерода в диапазоне 4000-490 см<sup>-1</sup>.
3. Используя справочную литературу по ИК-спектроскопии и полученные спектры для данного углеродного материала, определить присутствующие в структуре углерода функциональные группы и неорганические соединения.
4. Оформите отчет.

*Примечание: для выполнения лабораторной работы 1 и 2 используется углерод одной модификации.*

#### Контрольные вопросы

1. Особенности строения технического углерода, графита, активного углерода, фуллеренов, углеродных нанотрубок.
2. Основные физико-химические характеристики углерода в различных модификациях.
3. Применение различных модификаций углерода.
4. Понятие аллотропии.
5. Способы получения технического углерода.
6. Способы получения углеродных нанотрубок.
7. Способы получения графита.
8. Положение углерода в периодической системе Д.И. Менделеева и особенности строения атома углерода.
9. Основы ИК-спектроскопии.
10. Принципы интерпретации функциональных групп и соединений по ИК-спектрам.

Лабораторная работа № 2  
**Исследование структуры углерода с помощью электронной микроскопии и энергодисперсионного анализа**

Цель работы: исследовать особенности структуры углерода и установить элементный состав образца.

**Порядок выполнения работы**

1. Получить у преподавателя образец углеродного материала (технический углерод или графит или углеродные нанотрубки или активированный углерод).

2. Используя микроскоп растровый электронный JSM-6610LV с приставкой ЭДС и инструкцию по эксплуатации прибора получить изображение углерода в 2 точках при различных увеличениях, позволяющих установить форму частиц углерода и их размеры.

3. Используя управляющую программу ЭДС “ AZtec получите спектр рентгеновского излучения с разных точек поверхности образца углерода. Сравните получившиеся результаты.

4. На основе результатов лабораторной работы 1 и 2, предложите схематическое строение образца углерода.

5. Оформите отчет.

*Примечание: для выполнения лабораторной работы 1 и 2 используется углерод одной модификации*

**Контрольные вопросы**

1. Особенности строения технического углерода, графита, активного углерода, фуллеренов, углеродных нанотрубок.

2. Основные физико-химические характеристики углерода в различных модификациях.

3. Применение различных модификаций углерода.

4. Понятие аллотропии.

5. Способы получения технического углерода.

6. Способы получения углеродных нанотрубок.

7. Способы получения графита.

8. Положение углерода в периодической системе Д.И. Менделеева и особенности строения атома углерода.

9. Основы растровой электронной микроскопии.

10. Основы энергодисперсионного анализа.

11. Интерпретация всех наблюдаемых в спектре линий и элементный состав образца.

## Библиографический список

### *Основной*

1. **Заблоцкий, А.В.** Электронная микроскопия в нанодиагностике [Текст]: учебное пособие / А. В. Заблоцкий [и др.]; М.: МФТИ, 2011. 143 с.
2. **Синдо, Д.** Аналитическая просвечивающая электронная микроскопия [Текст]: учебное пособие / Д. Синдо, Т. Оикава; М.: Техносфера, 2006. 256 с.
3. **Эгертон, Рэй Ф.** Физические принципы электронной микроскопии: введение в просвечивающую, растровую и аналитическую электронную микроскопию [Текст]: монография / Эгертон Р.Ф., Иванова С.А. ( пер. с англ. ); М.: Техносфера, 2010. 300 с.
4. **Зуев, В.П.** Производство сажи [Текст]: В.П. Зуев. М.: Химия, 1965. 328 с.
5. **Казицына Л.А.** Применение УФ-, ИК- и ЯМР-спектроскопии в органической химии [Текст]: Л.А. Казицына, Н.Б. Куплетская. М.: Высшая школа, 1971. 264 с.
6. **Смит, А.** Прикладная ИК-спектроскопия [Текст]: А. Смит. М.: Мир, 1982. 328 с.
7. **Суздаев, И.П.** Нанотехнология: физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов [Текст]: И.П. Суздаев. М.: КомКнига, 2006. 592 с.

### *Дополнительный*

8. **Миронов, В.Л.** Основы сканирующей зондовой микроскопии [Текст] / В.Л. Миронов. М.: Техносфера, 2005. 144 с.
9. **Уманский, Я.С.,** Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия [Текст]: учебное пособие Я.С. Уманский, Ю.А. Скаков, А.Н. Иванов, Л.Н. Расторгуев; М.: Металлургия, 1982. 632 с.
10. **Мышляев, М.М.** Основы электронной микроскопии [Текст]: учебное пособие; М.М. Мышляев, Л.С. Бушнев, Ю.Р. Колобов; Томск: изд. ТГУ. 1990. 203 с.
11. **Беллами Л.** Инфракрасные спектры сложных молекул Л. Беллами. [Текст]: М.: Издательство иностранной литературы, 1963. 591 с.
12. **Кинле Х.** Активные угли и их промышленное применение [Текст]: Х. Кинле, Э. Бадер. Л.: Химия, 1980. 216 с.