

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра радиотехники и электродинамики  
наименование кафедры

**Композитный материал на основе графена и оксида кобальта – базовый  
элемент электроники будущего**

**АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ**

студента (ки) 4 курса 4032 группы

направления 03.03.03 Радиофизика

код и наименование направления

института физики

наименование факультета

Панькова Карена Аркадиевича

фамилия, имя, отчество

Научный руководитель

К. ф.-м.н., доцент

должность, уч. степень, уч. звание

подпись, дата

В. В. Шунаев

инициалы, фамилия

Зав.кафедрой радиотехники

и электродинамики

д.ф.-м.н., проф.

уч. степень, уч. звание

подпись, дата

О.Е. Глухова

инициалы, фамилия

Саратов 2021 г.

## **Введение**

Предстоящий энергетический кризис вызвал значительный объем исследований по синтезу различных новых типов материалов для преобразования и хранения энергии, которые обладают отличными электрохимическими характеристиками, низкой стоимостью и являются экологически чистыми.

Несмотря на многочисленные проблемы, многие исследователи стремятся разработать композитные материалы, обладающие высокой каталитической активностью и низкой стоимостью.

Суперконденсаторы, как новый вид накопителя энергии, получили значительное внимание в исследовательском сообществе.

Среди электродных материалов коммерческое применение платины и ее сплавов в металловоздушных батареях и топливных элементах ограничено главным образом из-за высокой стоимости и эффекта отравления угарным газом. Следовательно, все более актуальным становится синтез катализаторов с низкой стоимостью и высокой каталитическими характеристиками для промышленного производства. Для синтеза уникальных материалов с отличными электрохимическими характеристиками были проведены обширные исследования новых типов материалов для электрохимического преобразования и хранения энергии.

### **Цель работы**

Критический анализ литературы, посвященной композиту  $\text{Co}_3\text{O}_4$  –Графен, с точки зрения применения в электронике.

**В задачи входит:**

- 1) Выявить основные методы синтеза композита.
- 2) Установить электронные характеристики композита.

3) Проанализировать сферы применения композита в различных электронных устройствах.

4) Определить актуальные проблемы в данной области.

В Главе 1 рассказывается о свойствах графена, оксида кобальта  $\text{Co}_3\text{O}_4$ , а также композитном материале на их основе.

В Главе 2 описаны основные методы синтеза композита  $\text{Co}_3\text{O}_4$  – Графен.

В Главе 3 рассказывается о применении композита в электронике, приводятся кривые заряда/разряда, а также зависимость емкости от количества циклов.

### **Основное содержание работы**

**Графен** обладает многими невероятными свойствами. Это самый тонкий и прочный материал, известный человеку. Это превосходный тепло и электропроводник, даже лучший чем бриллианты, медь и серебро. Он сверхлегкий, но в то же время в 200 раз прочнее стали, и, кроме того, он биологически разлагаем, поэтому не представляет угрозы для окружающей среды.

Так же графен является перспективным материалом для размещения всех типов наночастиц, главным образом благодаря его уникальным электрохимическим характеристикам.

### **Оксиды кобальта**

Оксид кобальта (кобальт окись) – одно из первых неорганических соединений, нашедшее применение в хозяйственной деятельности человека. Следы этого химического соединения отмечены в красках, применяемых в Древнем Египте более 6 тыс. лет назад.

- **КО(II)** (cobaltousoxide, формула  $\text{CoO}$ , тёмно-зелёный кристаллический порошок).

- **КО(III)** (cobaltoxide, формула  $\text{Co}_2\text{O}_3$ , чёрные кристаллический порошок).
- **КО(II/III)** – сухая смесь КО-II и КО-III в разных пропорциях. Формула  $\text{Co}_3\text{O}_4$ .

Они являются важным магнитным материалом и являются полупроводниками Р-типа.

Также обладают привлекательной активностью и хорошей стабильностью.

### **Актуальность композита Графен – $\text{Co}_3\text{O}_4$**

Предстоящий энергетический кризис вызвал значительный объем исследований по синтезу различных новых типов материалов для преобразования и хранения энергии, которые обладают отличными электрохимическими характеристиками и низкой стоимостью.

Уже было сказано о преимуществах графена, однако он обладает ограниченной электрохимической активностью из-за своей химической инертности и небольшого числа каталитических центров. Здесь  $\text{Co}_3\text{O}_4$  находится в центре внимания исследования.

Графен был подтвержден в качестве хорошей поддержки катализатора и  $\text{Co}_3\text{O}_4$  проявляет повышенную каталитическую активность и высокую теоретическую удельную емкость. Таким образом, композиты  $\text{Co}_3\text{O}_4$  – Графен показали замечательные свойства хранения энергии и считаются высокоэффективными и недорогими электрокатализаторами.

### **Методы синтеза нанокompозита Графен – $\text{Co}_3\text{O}_4$**

#### **Метод прокаливания**

Ацетат кобальта (II) был добавлен в смешанный раствор ксилола и олеиновой кислоты. Олеиновая кислота в смеси действовала в качестве укупорочного агента, чтобы контролировать рост частиц и предотвращать

агрегацию коллоидных частиц. Затем приготовленный раствор оксида графена вводили в вышеуказанный раствор при энергичном перемешивании. Катионы прикрепляются с обеих сторон нанослоев электростатическим взаимодействием. В процессе рефлюкса и восстановления были добавлены наночастицы  $\text{NaBH}_4$ ,  $\text{Co}$  на поверхность нанослоев. Конечный продукт Графен- $\text{Co}_3\text{O}_4$  с уникальной сэндвич-архитектурой был получен после прокаливания.

### **Метод самосборки с последующей термообработкой**

1 г оксида графена, полученный из антрацита, полностью диспергировали в 150 мл водного раствора путем ультразвуковой обработки в течение 1 ч. После этого 50 мл 10 мг/мл  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  медленно опускали в суспензию по каплям при непрерывном перемешивании с последующим добавлением 10 мл 28 мас. % гидроксида аммония ( $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ). Эту смесь непрерывно перемешивали в течение 2 ч для получения гидроксида кобальта и обеспечения возможности самосборки наночастиц  $\text{Co}_3\text{O}_4$  на оксиде графена, полученного из антрацита. После реакции, предшественник нанокompозита графен -  $\text{Co}_3\text{O}_4$  сушили сублимационной сушкой, а затем дополнительно прокаливали при  $500^\circ\text{C}$  в течение 2 ч и окончательный нанокompозит графен -  $\text{Co}_3\text{O}_4$  был получен после измельчения.

### **Графики характеристик композита**

Сравнение характеристик цикла нановолокон графен -  $\text{Co}_3\text{O}_4$  в чистом виде,  $\text{Co}_3\text{O}_4$  и  $\text{Co}_3\text{O}_4$  на основе углерода показаны на рисунке 1. При плотности тока 1 А/электрод графен -  $\text{Co}_3\text{O}_4$  поддерживал приблизительно 967 мАч даже после 100 циклов, демонстрируя более высокую обратимую емкость и лучшее удержание емкости, чем у чистого нановолокна  $\text{Co}_3\text{O}_4$  и композитных волокон  $\text{Co}_3\text{O}_4$  на основе углерода.

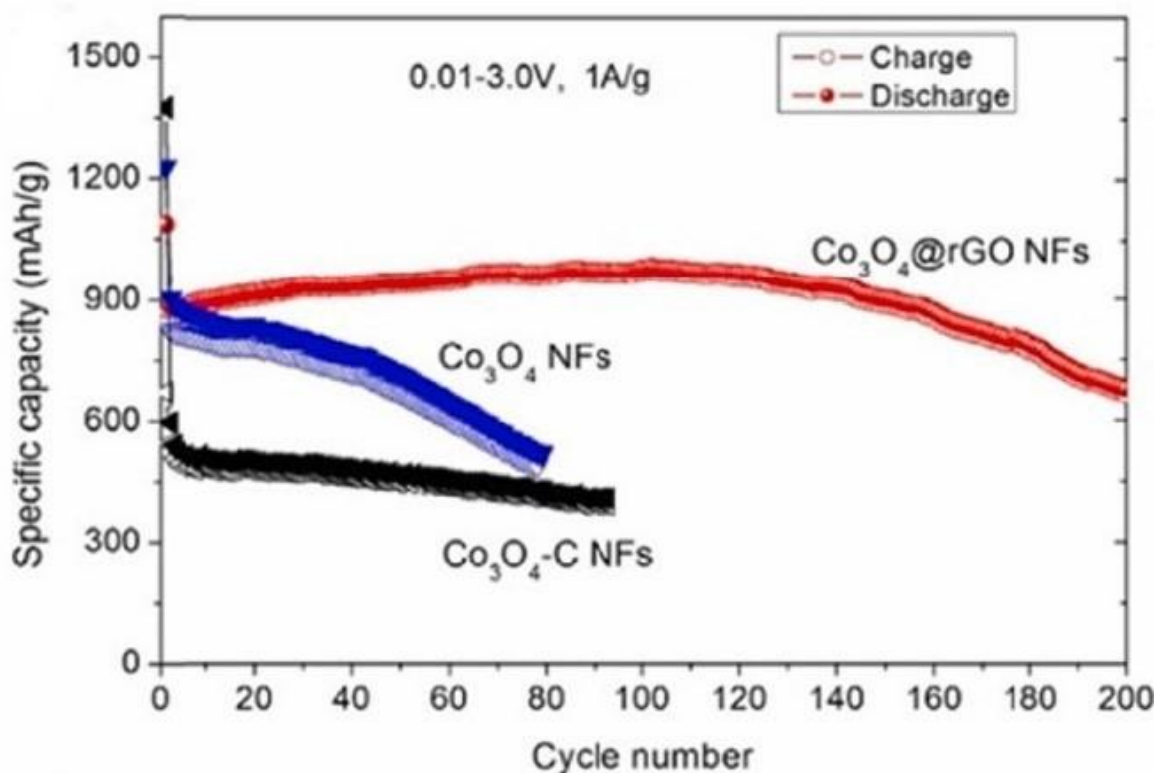


Рисунок 1. Сравнение характеристик цикла заряда/разряда нановолоконГрафен -  $\text{Co}_3\text{O}_4$  в чистом виде,  $\text{Co}_3\text{O}_4$  и  $\text{Co}_3\text{O}_4$  на основе углерода.

На рисунке 2 показаны кривые циклической вольтамперометрии (CV)  $\text{Co}_3\text{O}_4$  - Графен,  $\text{Co}_3\text{O}_4$  и голого стеклоуглеродного электрода (GCE).  $\text{Co}_3\text{O}_4$  - Графен отображает две пары четко определенных окислительно-восстановительных пиков. Кроме того, электрод  $\text{Co}_3\text{O}_4/\text{графен}$  обладает более высокой стабильностью и пиковым током, чем у чистых электродов  $\text{Co}_3\text{O}_4$ .

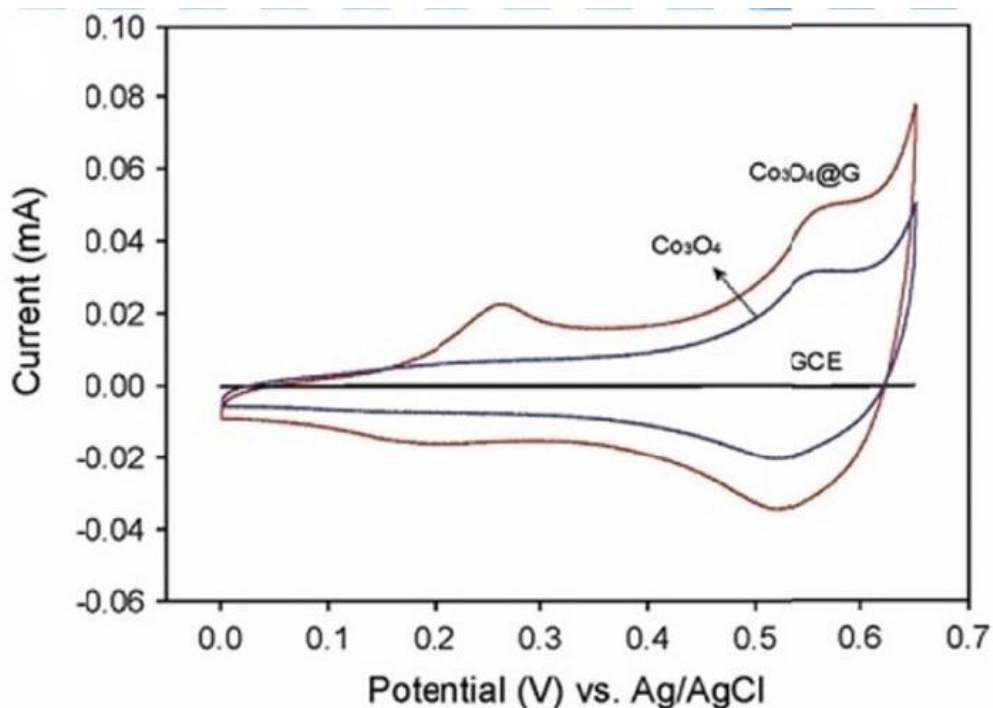


Рисунок 2. Циклическая вольтамперограмма (CV)  $\text{Co}_3\text{O}_4$  - Графен,  $\text{Co}_3\text{O}_4$  и чистого стеклоуглеродного электрода (GCE).

Поведение скорости электродов  $\text{Co}_3\text{O}_4$  - Графен и  $\text{Co}_3\text{O}_4$ , циклически работающих при различных плотностях тока, показано на рисунке 3. Примечательно, что  $\text{Co}_3\text{O}_4$  - графен проявляет отличную мощностную способность с емкостью  $877 \text{ мАч г}^{-1}$ , сохраняемой при высокой плотности тока  $5000 \text{ мА г}^{-1}$ . Поведение скорости  $\text{Co}_3\text{O}_4$  - графен значительно лучше, чем у чистого  $\text{Co}_3\text{O}_4$ . Кроме того,  $\text{Co}_3\text{O}_4$  - графен восстанавливает емкость  $1070 \text{ мАч г}^{-1}$ , когда плотность тока возвращается к  $50 \text{ мА г}^{-1}$ , что означает, что  $\text{Co}_3\text{O}_4$  – графен устойчив к работе с большим током.

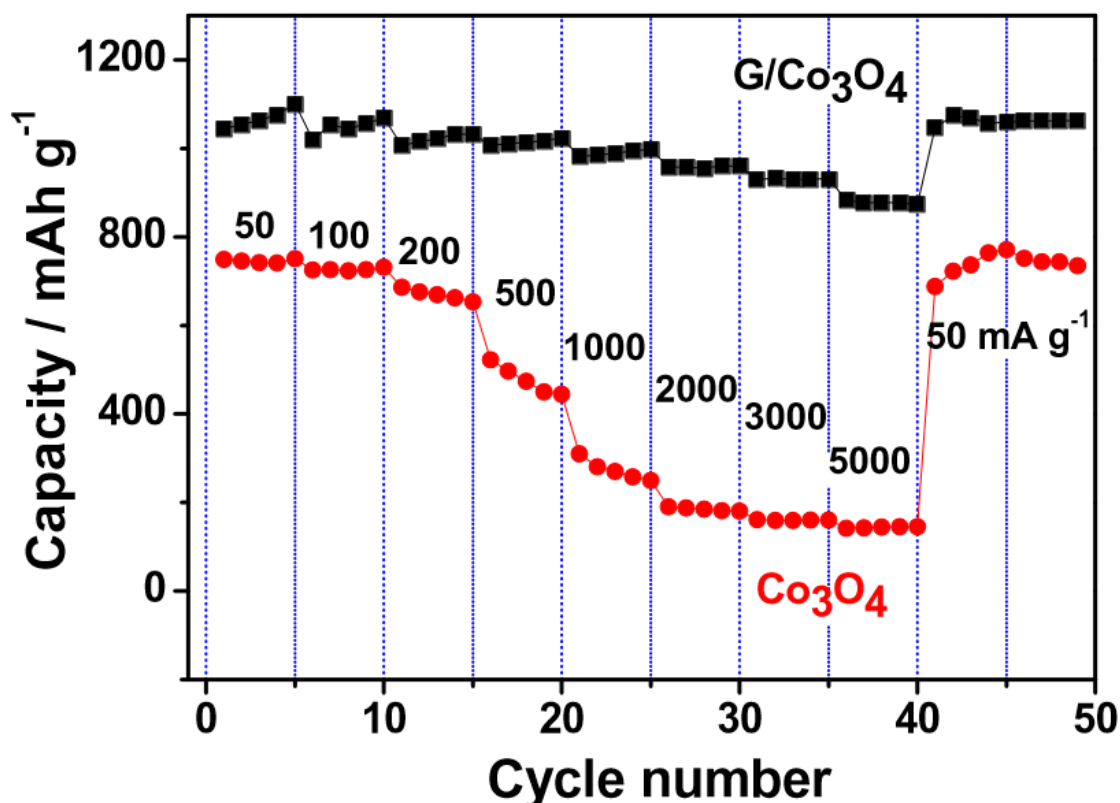


Рисунок 3. Удельные емкости Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub> - Графен и Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, циклически работающих при различных плотностях тока.

## Вывод

Было проанализировано свыше 40 источников. Композиты демонстрируют отличную удельную емкость и отличную стабильность цикла для суперконденсаторов. Кроме того, благодаря хорошей электропроводности графена и наноразмерным частицам Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub> композиты также способны обладать отличными скоростными характеристиками и стабильностью цикла при применении литий-ионных батарей. Однако существуют проблемы с получением композитов Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub> - Графен, такие как опасные реагенты и процедуры, которые не являются экологически чистыми. Следовательно, по-прежнему необходимо срочно разработать синтетические стратегии с низкой стоимостью и высокой эффективностью. Таким образом, есть некоторые ключевые вопросы, которые необходимо решить в будущем:



(1) Хотя исследователи посвятили значительные усилия исследованию различных композитов  $\text{Co}_3\text{O}_4$  - графен, им по-прежнему трудно контролировать структуру композитов из-за влияния среды синтеза.

(2) Хотя различные композиты графена -  $\text{Co}_3\text{O}_4$  показали отличные электрохимические характеристики, их применение по-прежнему ограничено лабораторией из-за ограниченных знаний о точных механизмах реакции.