

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра материаловедения, технологии
и управления качеством

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЕМКОСТНЫХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ
AgNO₃ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ
АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ**

студента 4 курса 421 группы
направления 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов»
факультета нано- и биомедицинских технологий

Удалова Тимофея Владимировича

Научный руководитель
доцент, к.ф.-м.н., доцент

должность, уч. степень, уч. звание

подпись, дата

А.П. Рытик

инициалы, фамилия

Зав. кафедрой
профессор, д.ф.-м.н.

должность, уч. степень, уч. звание

подпись, дата

С.Б. Вениг

инициалы, фамилия

Введение. Изучение периодических процессов, безусловно, может иметь большое общенаучное и практическое значение, поскольку мы сталкиваемся с такими процессами в различных областях науки, медицины и техники.

Ряд геохимических проблем - проблемы генезиса минералов и руд, соляных отложений, вечной мерзлоты - связаны с изучением периодических процессов [1]. В биологии исследователь на каждом этапе сталкивается с различными видами периодических процессов. Изучение физико-химических периодических процессов в будущем поможет пролить свет на механизм биологических периодических процессов и структур. В медицине мы также встречаемся с периодичностью, например, при изучении генезиса камней в печени и почках [2].

Понимание механизма формирования периодических структур представляет фундаментальный интерес для понимания самоорганизации природных процессов и практический интерес для помощи в изготовлении материалов, имитирующих природные структуры. Например, черный кремний с периодическими наночастицами имеет поверхность, аналогичную поверхности крыла стрекозы *Diplacodes bipunctata* [3]. Эти структуры создают механический бактерицидный эффект, не зависящий от химического состава.

Целью выпускной квалификационной работы является получение колец Лизеганга с целью дальнейшего изучения их емкостных свойств.

Задачи выпускной квалификационной работы:

1. провести анализ литературы с целью исследования химических и физических процессов образования колец Лизеганга
2. рассмотрение электрических схем, с помощью которых возможно определить емкостные параметры структур;
3. разработка структуры на основе колец Лизеганга, обладающей электрическими емкостными свойствами; подбор материалов и схемы измерения;
4. проведение серий экспериментов, направленных на получение устойчивого воспроизведения структуры колец Лизеганга;

5. построение измерительной цепи для измерения емкостных параметров структуры, на основе колец Лизеганга.

Дипломная работа занимает 45 страниц, имеет 20 рисунков и 6 таблиц.

Обзор составлен по 23 информационным источникам.

Во введение рассматривается актуальность работы, устанавливается цель и выдвигаются задачи для достижения поставленной цели.

Первый раздел представляет собой литературный обзор, посвященный периодическим структурам [4], получившим название колец Лизеганга, особенностям их образования и основным теориям, объясняющим образование данных структур. Также происходит обзор основных емкостных параметров элементов, накапливающих заряд (конденсаторов), основные способы определения электрической емкости, включающие в себя измерительную схему, достоинства и недостатки рассматриваемых методик.

Во втором разделе работы представлена схема измерительной установки для определения емкости, используемые реактивы и порядок проведения эксперимента. Представлены измерения толщины колец и межкольцевого расстояния полученных образцов, геометрических свойств образцов. Описан способ получения емкостного элемента из полученных образцов и результаты проведенных измерений электрической емкости и емкостных параметров полученных устройств.

Основное содержание работы

Кольца Лизеганга. Физико-химическое явление, которое впоследствии получило название "Кольца Лизеганга" и сопровождает многие процессы, происходящие в коллоидных системах, впервые было описано в литературе Дж. Кейром (J. Keir, 1790 г.) и Ф. Рунге (F.F. Runge, 1826 г.). Явление имеет широкое распространение в природе и привлекает внимание многих исследователей в силу своего значения не только для физической химии, но и для смежных наук: геологии (проблема образования минералов и процессы седиментации), биологии (биоминерализация). Большой вклад в его изучение внес немецкий химик Р.Э. Лизеганг (1869-1947). Коротко явление образования

колец Лизеганга может быть охарактеризовано как физико-химический процесс периодического осаждения каких-либо соединений при диффузии в гелевых средах, происходящий при приведении в контакт внешних и внутренних компонентов. При этом через определенное время начинается реакция образования колец. Отмечено, что на конечную картину реакции влияют не столько абсолютные величины концентраций, сколько их отношение. На основании эмпирических наблюдений Ф.М. Шемякин вывел правило, что "При периодических реакциях и лучистых процессах для концентрации внутреннего компонента имеет значение не его концентрация в молях, а степень разбавления по сравнению с насыщенным раствором". В частности, наиболее четкие кольца Лизеганга получаются при концентрации внутреннего компонента в 0,01-0,02 от насыщенного раствора [5].

Теории образования периодических структур. Несмотря на многочисленные исследования и публикации, теоретические вопросы, связанные с образованием колец Лизеганга, далеки от разрешения. Рассмотрим некоторые теории, объясняющие образование данных структур.

Теория пересыщения Вильгельма Фридриха Оствальда. Первое теоретическое объяснение образования колец Лизеганга было предложено Оствальдом. Он предположил, что растворы нитрата серебра и бихромата калия, диффундируя навстречу друг другу, образуют пересыщенный раствор бихромата серебра, сразу не осаждающийся. Повторяемость (периодичность) процесса объясняется тем, что раствор переходит из метастабильного состояния в лабильное и наслоения, по мнению Оствальда и являются подтверждением того, что существует метастабильная граница [6].

Согласно адсорбционной теории, образование зон, свободных от осадка объясняется тем, что осадок адсорбирует раствор из геля. Теория была выдвинута Брэдфордом с целью объяснения влияния среды, в которой происходит реакция так, как среда оказывает влияние на размер частиц осажденного вещества. Образование периодической структуры зависит от удельной поверхности осажденного вещества.

Коагуляционная теория была предложена Дааром и Четтерджи и гласит, что вещество перед осаждением изначально образует коллоидный раствор, не способный к диффузии. Осадок образуется в результате коагуляции коллоидного раствора избытком диффундирующего вещества (внешний компонент). Золь, находящийся вблизи осадка, коагулирует и поглощается, что приводит к образованию лишней осадка области [7].

В 1905 году Бехгольд предположил, что для объяснения образования колец Лизеганга необходимо учитывать растворение полученного осадка в используемых реактивах и продукте реакции. В дальнейшем эти предположения были обобщены и развиты Оствальдом в 1925 г. и были названы диффузионно-волновой теорией. В данную теорию вошли следующие предположения:

1. в периодических системах, схожих с явлением Лизеганга имеется три диффузионные волны (от внешнего и внутреннего электролитов и растворимого продукта реакции);
2. периодические структуры представляют типичный пример реакции, подчиняющейся закону действующих масс.

Диффузионная теория была предложена Фрикке, Траубе и Такехара. В соответствии с этой теорией предполагается, что причиной образования периодического осадка является процесс диффузии в присутствии осадка [8].

Способы измерения емкости. Для дальнейшего измерения емкостных параметров структур колец Лизеганга рассмотрим измерительные схемы, позволяющие определить эти параметры достаточно точно.

Метод измерения емкости с помощью RC-цепи. В данном методе используется следующая измерительная схема: последовательно включенные сопротивление и емкость. В качестве источника питания используется синусоидальный сигнал с генератора. Алгоритм вычислений: с помощью осциллографа определить амплитуду напряжений, полученную с резистора и конденсатора. Меняя частоту, необходимо добиться приблизительно

одинаковой амплитуды на обоих элементах. Это позволяет получить более точные значения.

Получение образцов. Для получения геля в 30 мл дистиллированной воды растворяли 1,5 грамма пищевого желатина и 0,015 г бихромата калия. Полученный раствор помещался в холодильник для набухания желатина на сутки. В дальнейшем происходил нагрев смеси до температуры 60°C с целью образования желатином однородного раствора. 2 миллилитра полученного раствора помещали в чашку Петри для повторного застывания (рисунок 1). В целях изучения влияния электромагнитных волн на формирование периодических структур на одну серию образцов проводилось облучение электромагнитным излучением с частотой 150 ГГц. Данная частота соответствует частоте линий спектра поглощения оксида азота [9].

Для получения концентрированного раствора азотнокислого серебра добавили к 1 мл дистиллированной воды добавили 0,15 г AgNO_3 и 200 мкл полученной смеси нанесли в центр на поверхность желатина в чашке Петри.

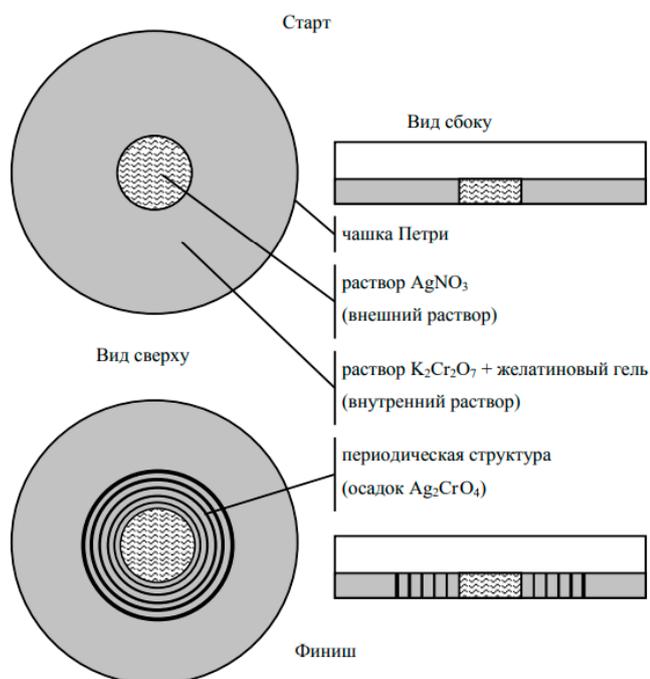


Рисунок 1 – Схема периодического осаждения с использованием чашки Петри

Измерение параметров. В дальнейшем производилось измерение

параметров структур. В ходе измерений было установлено, что при удалении от центра образца наблюдается увеличение толщины колец и межкольцевого расстояния (рисунок 2-3). В дальнейшем был определен коэффициент корреляции и доверительный интервал для зависимостей толщины кольца от его порядкового номера, а также зависимость межкольцевого расстояния от номера интервала.

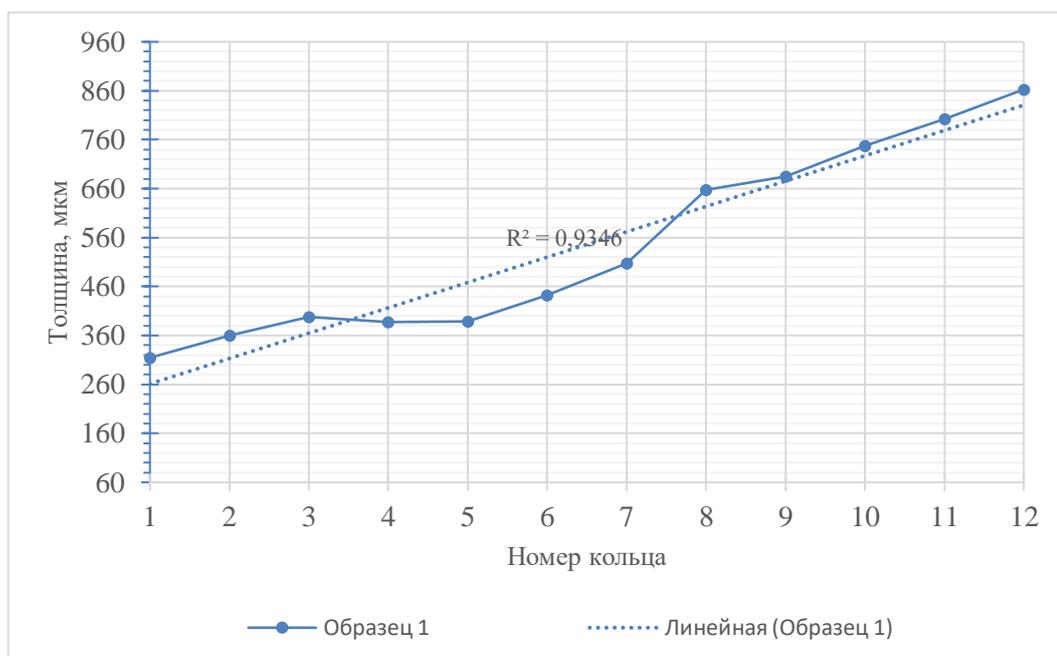


Рисунок 2 – График зависимости толщины от номера кольца образец №1

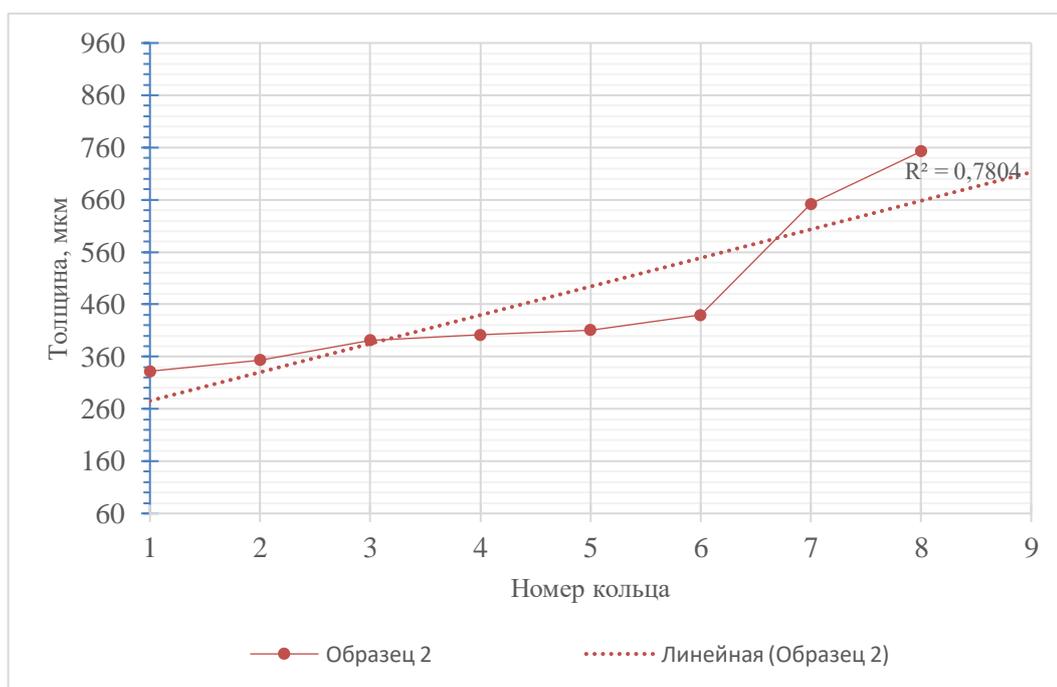


Рисунок 3 – График зависимости толщины от номера кольца образца №2

Измерение электрической емкости. Для измерения электрической

емкости полученные образцы извлекались из чашки Петри и помещались между двух обкладок сферической формы, сделанных из алюминиевой фольги АД0, и плотно зафиксированных к образцу. Схема реализации конденсатора представлена на рисунке 4.

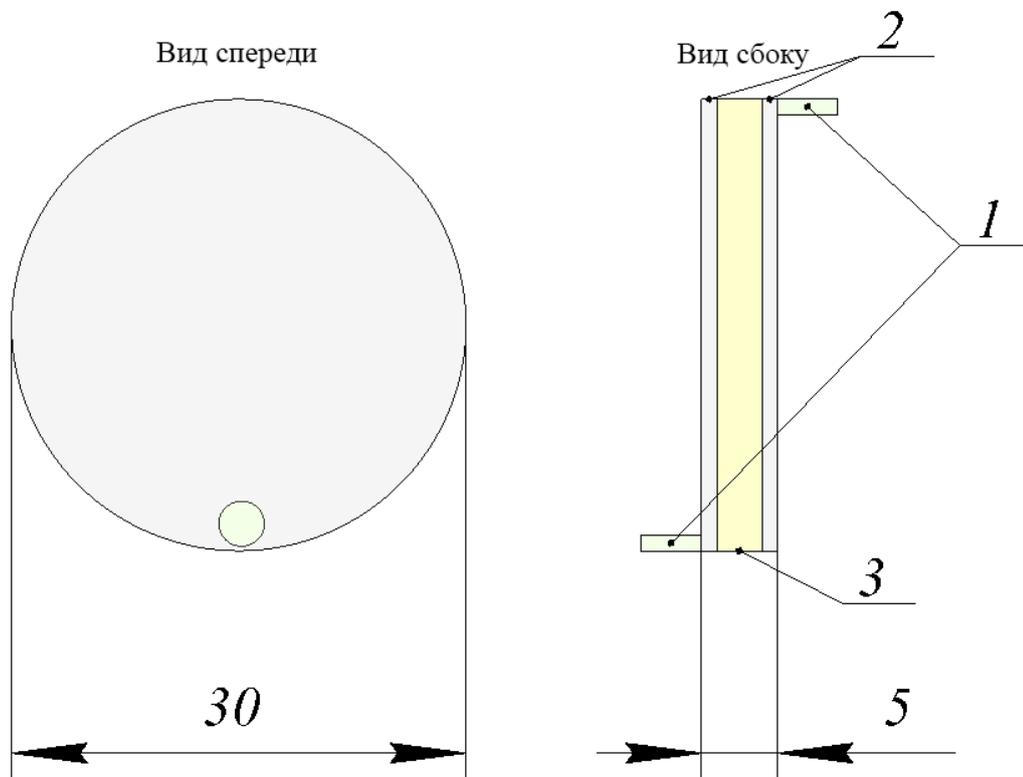


Рисунок 4 – Схема реализации конденсатора

На рисунке 4 цифрой 1 обозначаются выводы конденсатора, 2 – обкладки из алюминиевой фольги, 3 – исследуемый образец.

В ходе выполненных измерений было установлено, что конденсатор, где в качестве диэлектрика используется образец №1 обладает следующими параметрами: удельная емкость составила $0,744 \cdot 10^{-5} \text{ Ф/м}^3$; диэлектрическая проницаемость составила 7,566; реактивное сопротивление конденсатора оказалось равно 3,667 кОм. Конденсатор, построенный на основе образца №2 обладает следующими параметрами: удельная емкость составила $0,885 \cdot 10^{-5} \text{ Ф/м}^3$; диэлектрическая проницаемость составила 8,998; реактивное сопротивление конденсатора оказалось равно 3,140 кОм.

Дальнейшее усовершенствование конструкции конденсатора, направленное на уменьшение реактивного сопротивления устройства, позволит

получить емкостные элементы со значительно большими показателями электрической емкости [10].

Заключение. В ходе выполнения выпускной квалификационной работы были рассмотрены периодические структуры колец Лизеганга, произведен анализ литературы с целью изучения теорий, объясняющих механизм образования периодических колец. Произведен анализ литературы с целью определения способов измерения электрической емкости и емкостных характеристик исследуемых веществ.

Построена схема измерительной установки и получены образцы колец Лизеганга, определена толщина их колец и межкольцевого расстояния с целью дальнейшего изучения емкостных свойств данных структур. В ходе измерений было обнаружено, что облучение электромагнитным излучением приводит к уменьшению количества формируемых колец хромата серебра.

В дальнейшем полученные образцы использовались в качестве диэлектрика в конструкции конденсаторов. В ходе проведенных экспериментов были определены значения емкостей образцов. Для образца №1 значение емкости составило 15,784 пФ, для образца №2 – 18,772 пФ. На основании полученных данных были рассчитаны параметры созданных емкостных устройств: для образца №1 удельная емкость составила $0,744 \cdot 10^{-5} \text{ Ф/м}^3$; диэлектрическая проницаемость составила 7,566; реактивное сопротивление конденсатора оказалось равно 3,667 кОм. Конденсатор, построенный на основе образца №2 обладает следующими параметрами: удельная емкость составила $0,885 \cdot 10^{-5} \text{ Ф/м}^3$; диэлектрическая проницаемость составила 8,998; реактивное сопротивление конденсатора оказалось равно 3,140 кОм.

Список использованных источников

1 Ракин, В. И. Статистические модели роста и растворения кристаллов / В. И. Ракин // Современные проблемы теоретической, экспериментальной и прикладной минералогии (Юшкинские чтения – 2018) : Материалы

минералогического семинара с международным участием. – Сыктывкар : ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2018. – С. 84-85.

2 Дутов, В. В. Растворение камней почек: кому? Когда? Как? / В. В. Дутов // Журнал Медицинский совет. – 2016. – № 9. – С. 84-90.

3 Fisher, L. E. Bactericidal activity of biomimetic diamond nanocone surfaces / L. E. Fisher, Y. Yang, M. Yuen, W. Zhang, A. H. Nobbs // Biointerphases. – 2016. – V. 11. – P. 1-7.

4 Савицкая, Т. А. Коллоидная химия: получение и устойчивость дисперсных систем / Т. А. Савицкая, Д. А. Котиков, Т. А. Шичкова. – Минск : БГУ, 2011. – 82 с.

5 Шубников, А. В. Как растут кристаллы / А. В. Шубников. – М. : Издательство академии наук СССР, 1935. – 177 с.

6 Щукин, Е. Д. Коллоидная химия / Е. Д. Щукин. Е. А. Амелина, А. В. Перцов. – М. : Юрайт-Издат, 2012. – 444 с.

7 Ibrahim, H. Liesegang bands versus random crystallites in $Ag_2Cr_2O_7$ – Single and mixed gelled media / H. Ibrahim, H. El-Rassy, R. Sultan // Chemical Physics Letters. – 2018. – V. 693. – P. 198-201.

8 Шемякин, Ф. М. Физико-химические периодические процессы / Ф. М. Шемякин, П. Ф. Михалев. – М. : Издательство академии наук СССР, 2012. – 185 с.

9 Куртукова, М. О. Сравнительный анализ влияния терагерцевых волн на частотах оксида азота 150,176-150,664 ГГц и на частотах атмосферного кислорода 129 ГГц на нарушения внутриорганного кровотока / М. О. Куртукова // Вестн. новых медицинских технологий. – 2017. – №1. – С. 48-54.

10 Четвертков, И. И. Справочник по электрическим конденсаторам / М. Н. Дьяконов, В. И. Карабанов, В. И. Присняков ; под общ. ред. И. И. Четверткова, В. Ф. Смирнова. – М. : Радио и связь, 1983. – 576 с.