

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Саратовский национальный исследовательский  
государственный университет имени Н.Г. Чернышевского»

Кафедра физики твердого тела

**Исследование влияния электромагнитного излучения  
сверхвысокочастотного диапазона на самоорганизацию колец Лизеганга**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студента 4 курса 411 группы  
по направлению 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника»  
факультета нано- и биомедицинских технологий  
Кузьмина Евгения Юрьевича

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

должность, уч. степень, уч. звание

\_\_\_\_\_

подпись, дата

А. П. Рытик

инициалы, фамилия

Зав. кафедрой, д.ф.-м.н., доцент

должность, уч. степень, уч. звание

\_\_\_\_\_

подпись, дата

Д. А. Усанов

инициалы, фамилия

Саратов 2019

## Введение

Наиболее продуктивные современные идеи, которые составляют основу науки о материалах, касаются наноматериалов. Наноматериалы прочно входят в повседневную жизнь человека, становятся привычными. Нанотехнологиями занимаются уже не только исследовательские институты, но и промышленные предприятия. Задача современных учёных, исследователей показать, как научные идеи воплощаются в жизнь и что от них можно ожидать в будущем [1].

В данной работе рассмотрено влияние электромагнитных волн СВЧ диапазона на самоорганизацию колец Лизеганга. Приведены измерения толщины колец и промежутков между ними в зависимости от частоты излучения СВЧ волн. Данное исследование является актуальным для изучения самоорганизованных структур, для которых первым примером их изучения являются периодические коллоидные структуры к одним из которых относятся слои и кольца Лизеганга. По важнейшим признакам кольца Лизеганга имеют значительное сходство с кольцевыми структурами, возникающими вследствие автоволновых процессов, приводящими к возникновению самоорганизованных структур с различным масштабом упорядочения (нано-, мезо-, микро- и макроуровень) [2]. Представлены результаты измерений при различных способах излучения на частотах спектра оксида азота и кислорода. Данное исследование проводилось при помощи генератора работающего в СВЧ диапазоне от 50 ГГц до 250 ГГц. **Цель работы:** Исследование процесса образования структур концентрационных колец Лизеганга, при воздействии электромагнитного излучения сверхвысокочастотного диапазона.

## 1 Экспериментальная часть

Облучение выполняли при помощи генератора, у фланца волновода на частоте 60 ГГц и 129 ГГц, предполагая, что в растворе находится  $O_2$  и ГГц  $NO_2$  то влияние происходило на частотах спектра этих веществ.

Для приготовления раствора было взято, 2 грамма желатина и 0,0153 грамма  $K_2Cr_2O_7$  (Дихромата калия), затем тщательно все это перемешав, добавили 30мл дистиллированной воды. Таким образом, был получен раствор светло-желтого цвета.



Рисунок 1. Раствор желатина и  $K_2Cr_2O_7$  в растворе  $AgCl$  и дистиллированной воды.

Далее этот раствор был помещен в холодильник на 24 часа для того чтобы желатин набух. Спустя данное время, для получения однородной консистенции раствор был нагрет на плитке до температуры 60 °С.

Затем раствор был разлит в 2 чашки Петри для более удобного проведения эксперимента и помещен в холодильник для более быстрого застывания. Параллельно был приготовлен раствор состоящий из 0.15 грамм  $AgCl$  ( Хлорид серебра) в 3мл дистиллированной воды. После застывания раствора из желатина, капнули в него 3 мкмл раствора хлорида серебра. В течение первого часа образовался тёмный осадок бихромата серебра, располагающийся концентрическими слоями вокруг капли нитрата серебра. Кольца напоминают слоистую структуру полосатых агатов, таким образом и описывалось

взаимодействие  $\text{AgCl}$  и  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ .

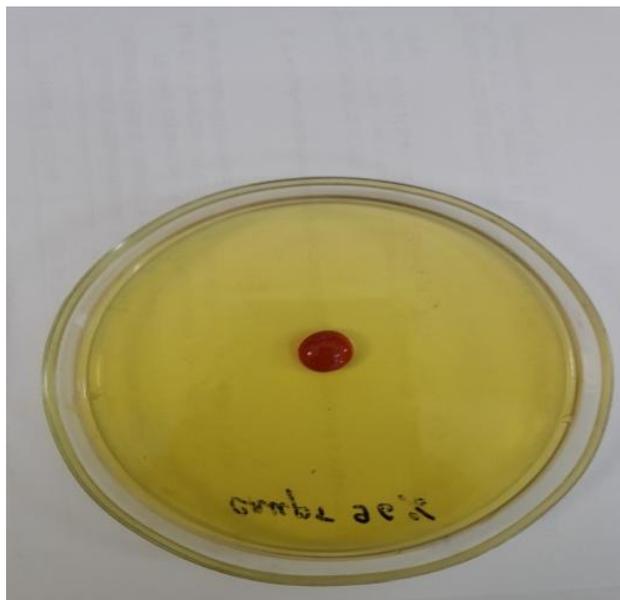


Рисунок 2. Капнули раствор  $\text{AgCl}$  в раствор дистиллированной воды с раствором желатина и  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$

Спустя некоторое время порядка 2 часов начали появляться вокруг капли так называемые кольца, это происходило за счет диффундирования  $\text{AgCl}$  в раствор желатина с  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ . Далее со временем появились кольца большего размера напоминающие “годовые кольца дерева”.

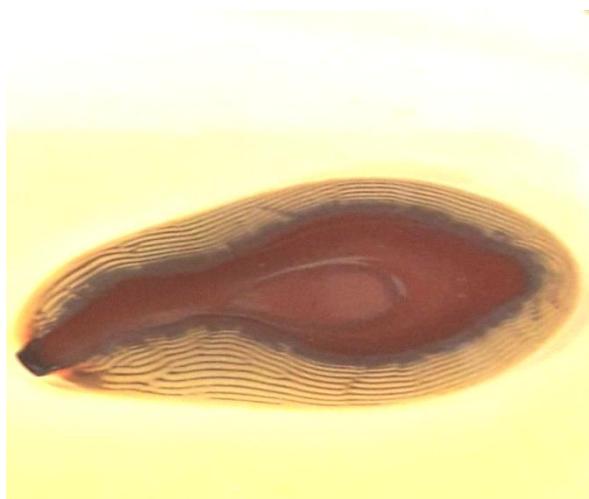


Рисунок 3. Спустя 8 часов после того как капнули  $\text{AgCl}$  получили кольца напоминающие “годовые кольца дерева”

В следующем эксперименте было рассмотрено влияние волн СВЧ диапазона с помощью кислорода. Был проделан такой же комплекс действий по приготовлению раствора желатина и  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  в дистиллированной воде и раствора  $\text{AgCl}$  в дистиллированной воде. Далее также капнули Хлорид серебра в

застывший раствор желатина и дихромата калия. В одной чашке Петри был контрольный раствор который не подвергался внешним воздействию, а во второй чашке раствор который облучался волнами СВЧ диапазона.

Спустя время было замечено что в растворе который облучался ЭМИ СВЧ диапазона происходил быстрее рост колец в отличии от того, который не подвергался никаким воздействиям. Спустя 4 часа были сделаны контрольные снимки растворов. В растворе при облучении наблюдалось большее число колец и гораздо больший размер пятна в сравнении с раствором.

Далее был проведен такой же эксперимент, только было сделано в каждую чашку Петри по 5 капель раствора  $\text{AgCl}$  и уже влияли на частоте спектра оксида азота 129 ГГц. Спустя 2 часа после того как капнули  $\text{AgCl}$  были сделаны фотографии.

Спустя 8-10 часов после роста колец были сделаны фотографии растворов.

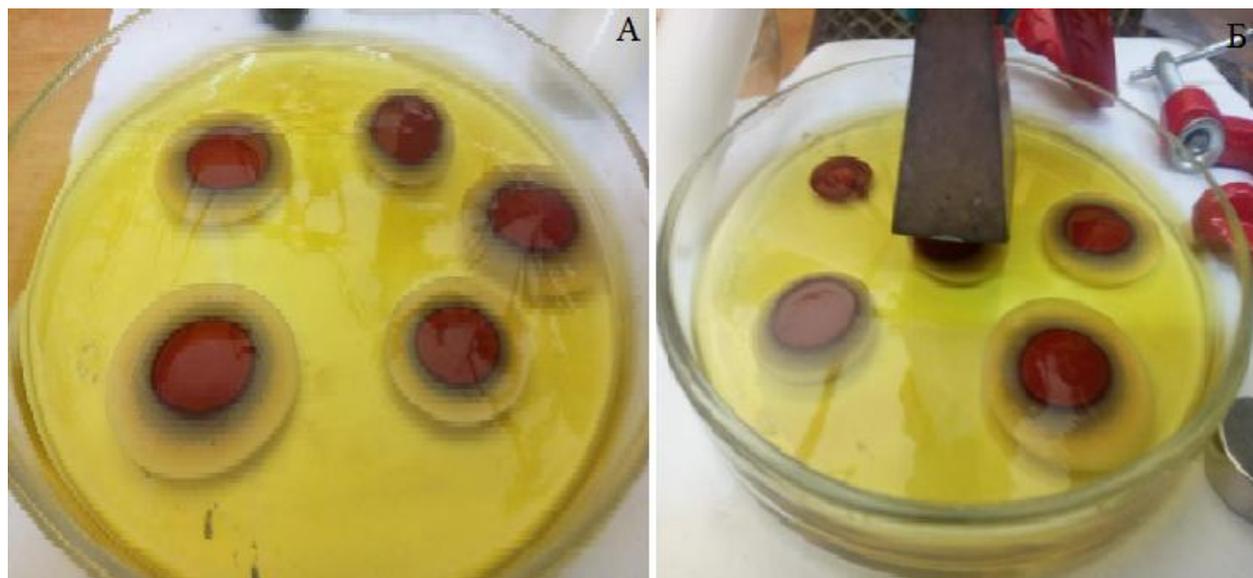


Рисунок 4. Слева (а) Раствор без воздействия СВЧ, Справа (б) раствор под воздействием СВЧ

Увеличив под микроскопом данные кольца были произведены измерения толщины колец. Таким образом в ходе измерений выяснилось, что кольца увеличились в толщине и в диаметре в зависимости от центра расположения капли.

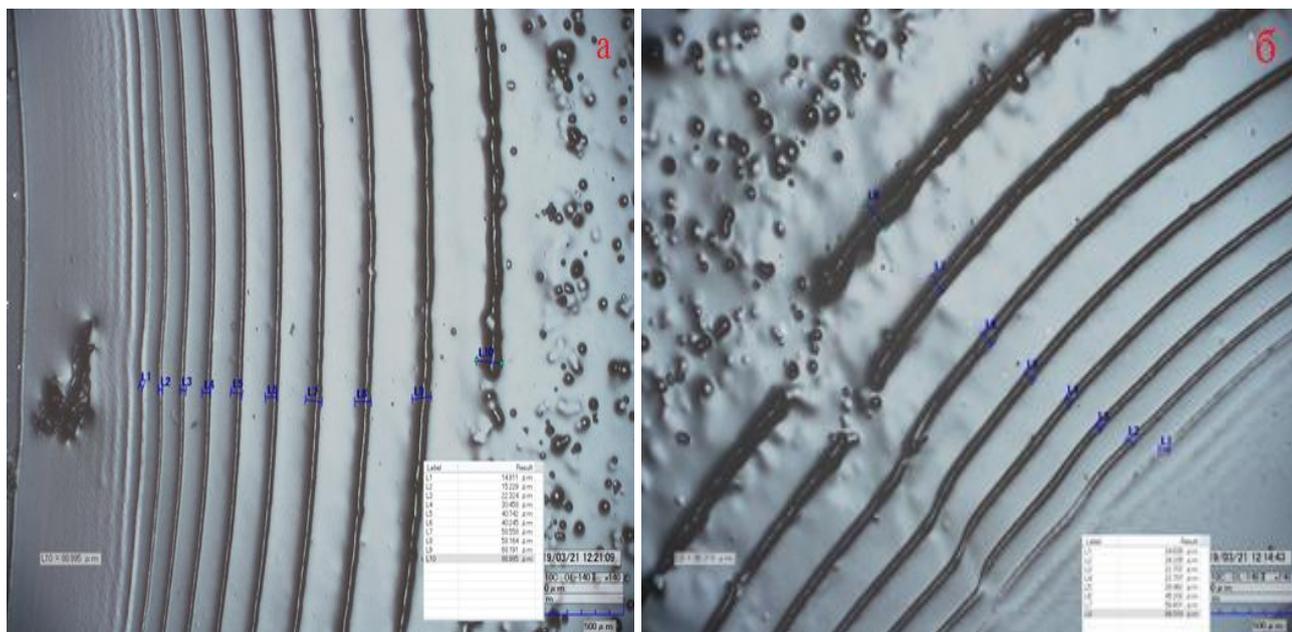


Рисунок 5. Кольца облучаемые облучавшиеся СВЧ (а)- При воздействии ЭМИ, (б)-Контроль

Таким образом можно сделать вывод о том, что толщина колец увеличивается от центра. Количество колец и их ширина гораздо меньше при облучении волнами СВЧ диапазона частот на спектре оксида азота.

В следующем эксперименте мы решили увеличить частоту волн. Раствор был такой же как и в предыдущих экспериментах, только в данном случае было сделано по 2 капли  $AgCl$  т.к место для распространения было больше.

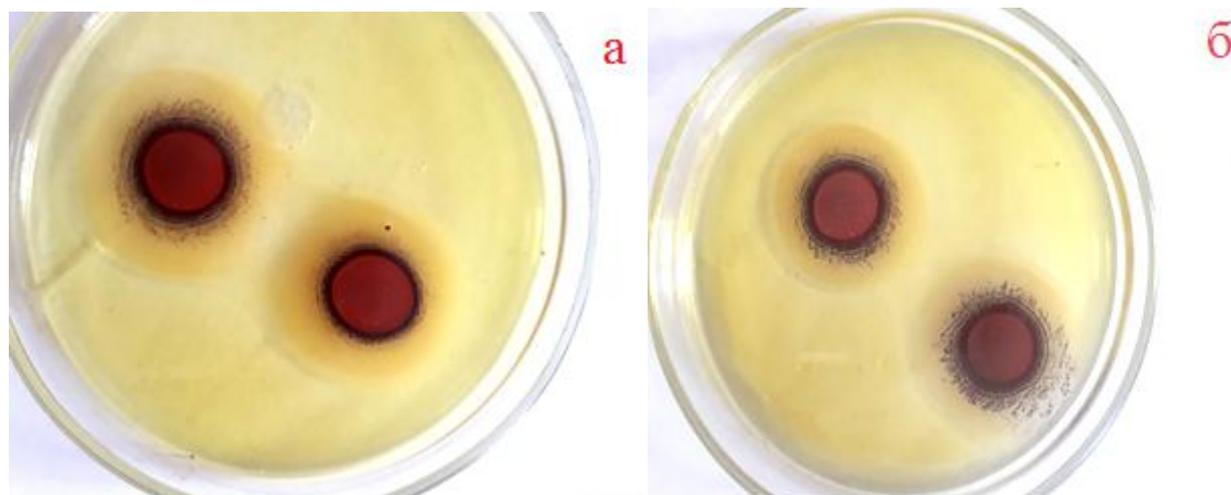


Рисунок 6. (а)-кольца без облучения СВЧ. (б)-Кольца под облучением СВЧ волн.

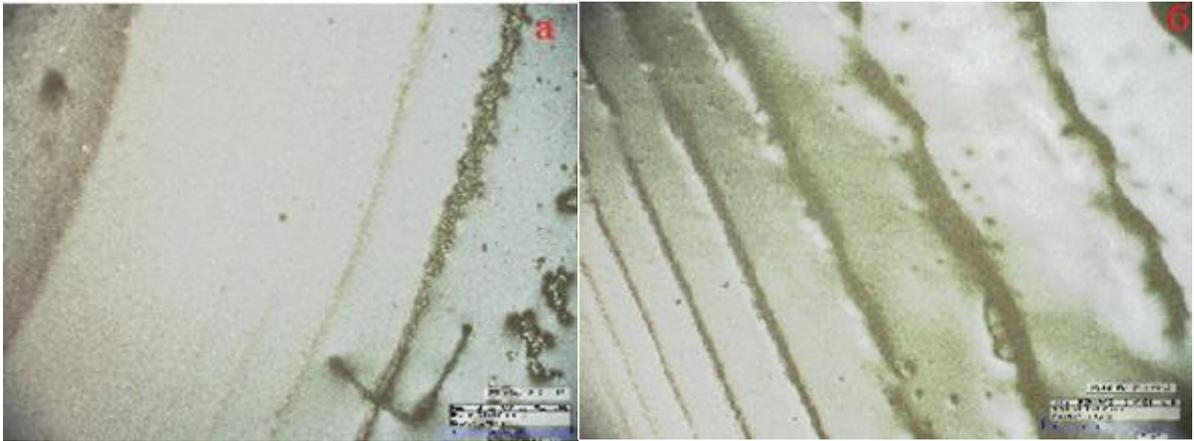


Рисунок 7. Увеличение под микроскопом (а)-Контроль, (б)- При облучении СВЧ

Таким образом, при воздействии ЭМИ 60 ГГц наблюдается достоверное увеличение числа колец и уменьшение расстояния между ними, при этом размере пятна  $\text{AgCl}$  на желатине больше по сравнению с контролем. При воздействии ЭМИ на частоте 150 ГГц наблюдалось замедление роста пятна  $\text{AgCl}$  и гораздо меньше число образованных колец Лезиганга, по сравнению с контролем.

Так же был получен спектр при прохождении СВЧ в Волноводе через структуру желатина и  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  с  $\text{AgCl}$ . Данный раствор был выращен в кювете которая полностью повторяла размеры волновода, длина данной кюветы составила 2,5 см. Структура представляла собой 11 слоев, чередующихся желатина и осадок смеси  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  с  $\text{AgCl}$ .



Рисунок 8. Выращенная структура в кювете.

Измерив ширину колец и расстояние между ними под микроскопом, с помощью Программы в Mathcad был построен спектр прохождения волн через структуру.

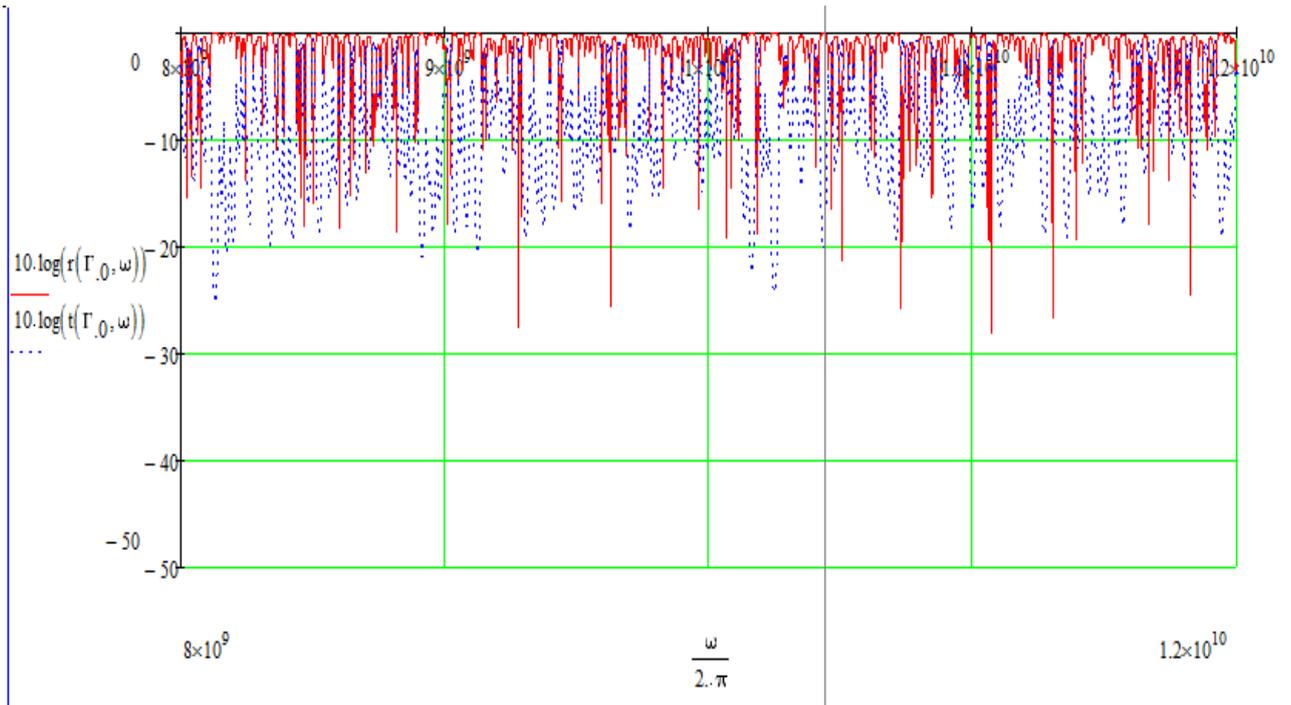


Рисунок 9. Спектр Пропускания сквозь структуру

В спектре видно подобное поглощение связанное с неперодичностью структуры. Для проверки в случае с периодичным распространением слоев требуются другие экспериментальные измерение.

## Заключение

Явления самоорганизации в неживой природе (образования кристаллов, упорядоченных наноструктур, периодических осадков) – одна из приоритетных областей исследования новой науки – синергетики. Однако уже сегодня исследования роста кристаллов в студнях (гелях) приобрели практическую направленность. Важно, что кристаллы в гелях выращиваются, как правило, при комнатных температурах. Питание поверхности кристалла осуществляется диффузией раствора через желатин, насыщенный другим компонентом, и так как скорость реакции и диффузии слабо зависит от температуры, отпадает необходимость и в ее понижении, и в термостатировании.

Таким образом, в ходе эксперимента были получены данные которые позволяют выбрать более благоприятные условия для получения большего числа колец и меньшего расстояния между ними. В рассматриваемых нами случаях можно отметить, что при облучении на частоте спектра кислорода при частоте 150 ГГц есть явное преимущество в кол-ве колец , скорости их появления и распространения в среде, в отличии от случая когда происходило облучении на частоте 150 ГГц с при частоте спектра оксида азота. Но если же рассматривать случай при воздействии ЭМИ 60 ГГц, то здесь есть явное преимущество по сравнению с облучение на частоте 150 ГГц , наблюдается увеличение числа колец и уменьшение расстояния между ними при этом размере пятна AgCl на желатине больше по сравнению с контролем. Таким образом можно сказать, что увеличение частоты приводит к замедлению времени протекания реакции, а также к увеличению расстояний между кольцами и к уменьшению числу колец.

### **Список литературы**

1. Кузнецов Н. Т., Новоторцев В. М., Жабрев В.А., Марголин В. И. Основы нанотехнологии. 2014. Ст. 55-56.
2. Огурцов А. Н., Бионанотехнология. Принципы и применение. 2012. Ст. 20-21.
3. Шварц Д. Н., Загадки современной химии. Правда и домыслы. 2018. Ст. 10