

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

Кафедра материаловедения, технологии  
и управления качеством

УПРАВЛЕНИЕ СВОЙСТВАМИ ТОНКИХ ПЛЕНОК ОКСИДОВ МЕТАЛЛОВ,  
ПОЛУЧЕННЫХ ИМПУЛЬСНЫМ РЕАКТИВНЫМ МАГНЕТРОННЫМ  
РАСПЫЛЕНИЕМ

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студента 4 курса 4091 группы  
направления 22.03.01 «Материаловедения и технологии материалов»,  
профиль «Нанотехнологии, диагностика и синтез современных материалов»  
института физики

Осипова Данилы Ильича

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

должность, уч. степень, уч. звание

\_\_\_\_\_

подпись, дата

А.А. Сердобинцев  
\_\_\_\_\_

инициалы, фамилия

Зав. кафедрой,  
д.ф.-м.н., профессор  
\_\_\_\_\_

должность, уч. степень, уч. звание

\_\_\_\_\_

подпись, дата

С.Б. Вениг  
\_\_\_\_\_

инициалы, фамилия

**Введение.** В наше время большой интерес в исследованиях и разработке новой аппаратуры представляют пленки оксидов металлов и многослойные плёночные структуры с толщиной порядка нанометров. Их широко применяют в различных областях науки и техники благодаря сочетанию многих полезных свойств и низкой стоимости [1, 2].

Такие структуры могут находить применение при создании новых биоматериалов, фотокаталитических покрытий, самоочищающихся поверхностей, фоточувствительных элементов, газовых сенсоров и т. д. [3-5].

Тонкие пленки чаще всего получают методами испарения, химического и ионного осаждения. Наиболее перспективным и удобным является метод магнетронного распыления. Ранее было показано, что с помощью импульсного режима можно получить прослойки металла [6, 7].

Актуальность данной работы заключается в поиске новых путей управления оптическими свойствами материалов.

Целью выпускной квалификационной работы являлось изучение влияния длительности импульса магнетронной распылительной системы на свойства тонких плёнок металлов и их оксидов.

Для достижения цели было необходимо решить следующие задачи:

- 1) подготовить подложки;
- 2) нанести несколько серий покрытий с помощью магнетронной распылительной системы (далее – МРС);
- 3) определить химический состав и толщину образцов;
- 4) изучить образцы с помощью термографии;
- 5) изучить спектральные характеристики образцов в видимом диапазоне;
- 6) проанализировать полученные результаты.

Выпускная квалификационная работа занимает 44 страницы, имеет 39 рисунков и 5 таблиц.

Обзор составлен по 25 информационным источникам.

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

Первый раздел представляет собой теоретическую часть.

Во втором разделе работы содержится практическая часть с анализом полученных результатов.

### **Основное содержание работы**

Для проведения ряда экспериментов в качестве подложек использовалось предметное стекло 25 на 25 мм и пластинки кремния ( $\text{Si } \langle 111 \rangle$ ), на которых формировались тонкопленочные покрытия с помощью магнетронной распылительной системы Robvac VSM300 (рисунок 1).



Рисунок 1 – Общий вид установки Robvac VSM300

Было получено 4 серии образцов. Первые 4 образца были получены в атмосфере аргона для подбора оптимального режима работы.

Следующие образцы были получены при разных концентрациях рабочей газовой смеси, в которой использовались аргон и кислород, а также были разными материалы мишени – хром и титан.

Далее у полученных образцов исследовалось изменение атомного состава и толщины с помощью сканирующего электронного микроскопа с приставкой энергодисперсионного анализа. Результаты представлены на рисунках 2-7.

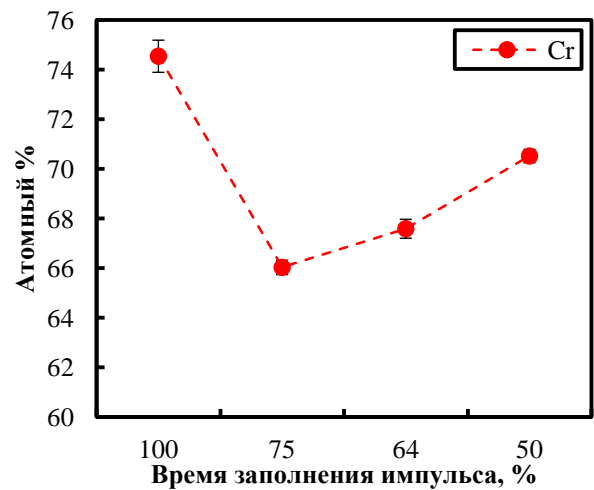
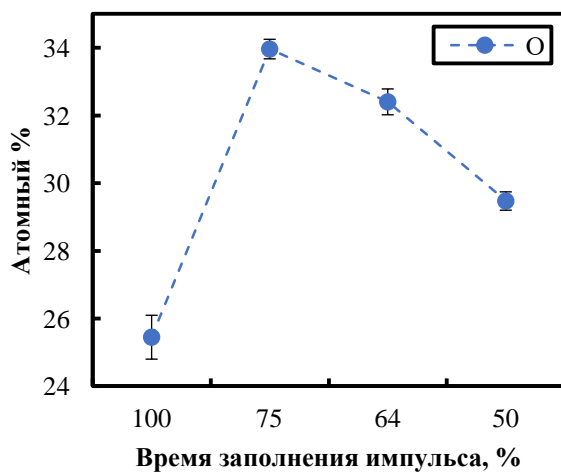


Рисунок 2 – Изменение атомного состава при изменении длительности импульса серии 1174-1177 (Cr 0/20)

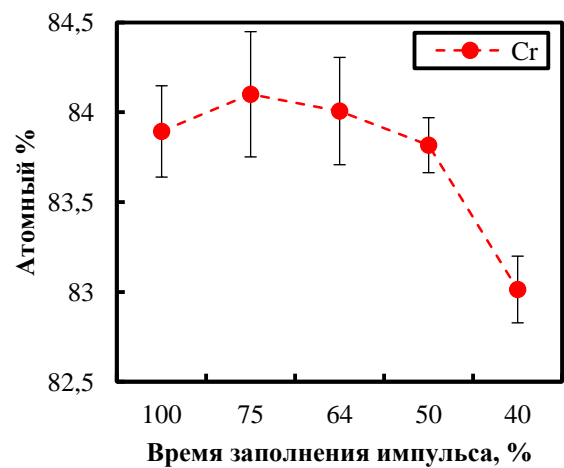
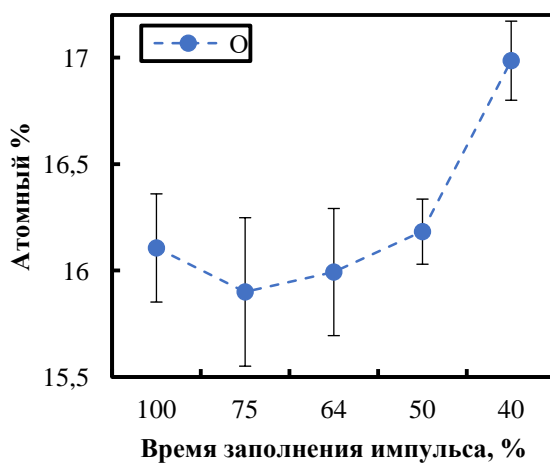


Рисунок 3 – Изменение атомного состава при изменении длительности импульса серии 1180-1184 (CrO<sub>x</sub> 20/10)

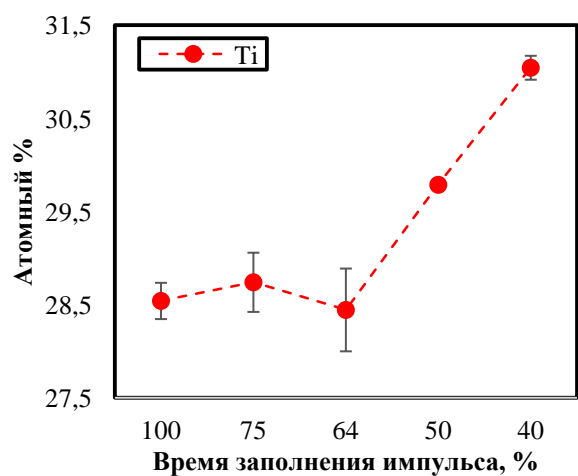
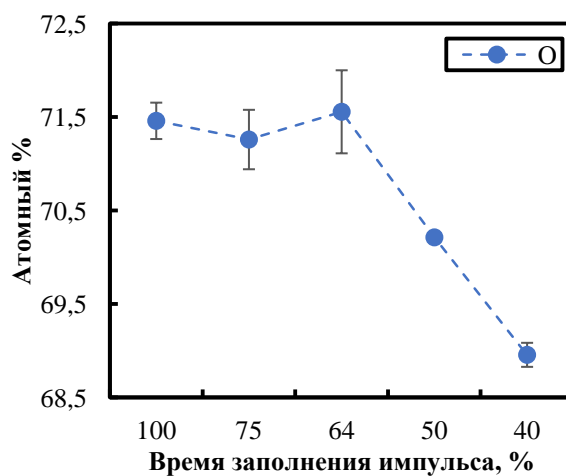


Рисунок 4 – Изменение атомного состава при изменении длительности импульса серии 1216-1220 (TiO<sub>x</sub> 15/15)

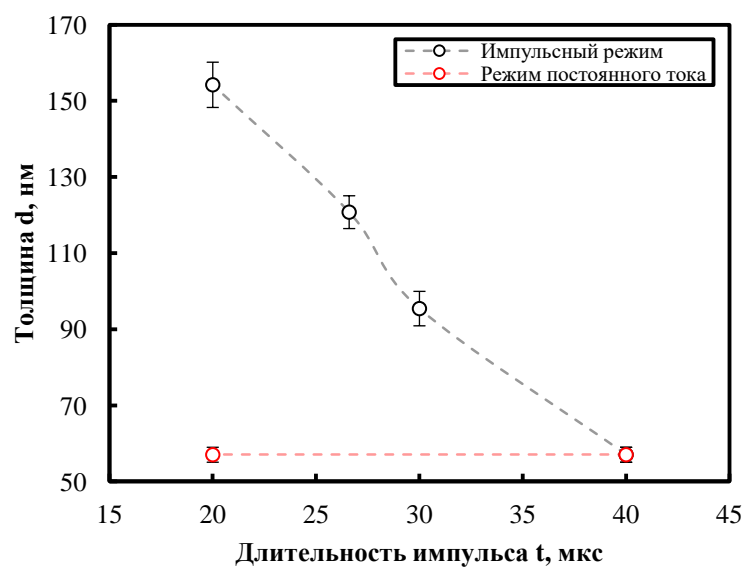


Рисунок 5 – Изменение толщины пленки при изменении длительности импульса серии 1174-1177 (Cr 0/20)

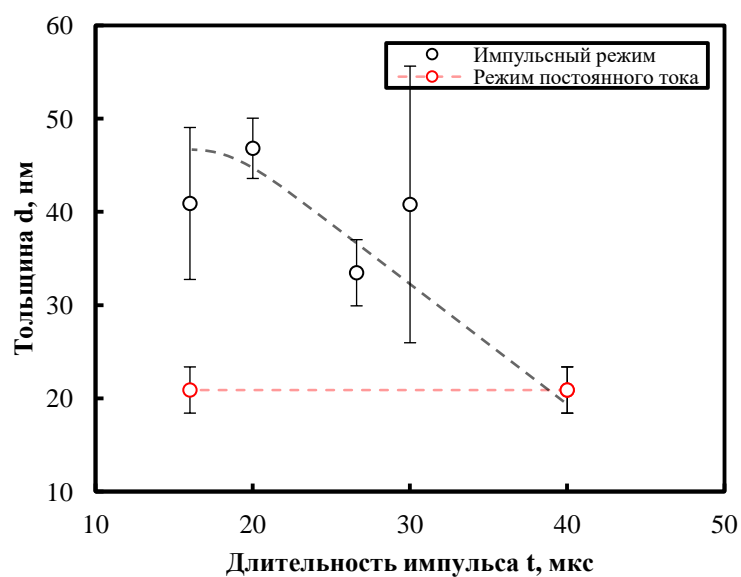


Рисунок 6 – Изменение толщины пленки при изменении длительности импульса серии 1180-1184 (CrO<sub>x</sub> 20/10)

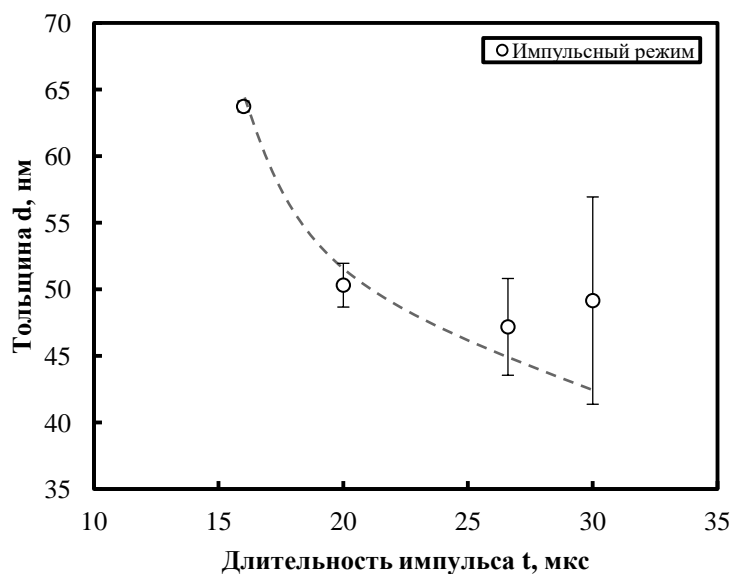


Рисунок 7 – Изменение толщины пленки при изменении длительности импульса серии 1187-1191 ( $\text{CrO}_x$  15/15)

А также была рассчитана скорость напыления поверхностного слоя при различной длительности импульса (рисунок 8).

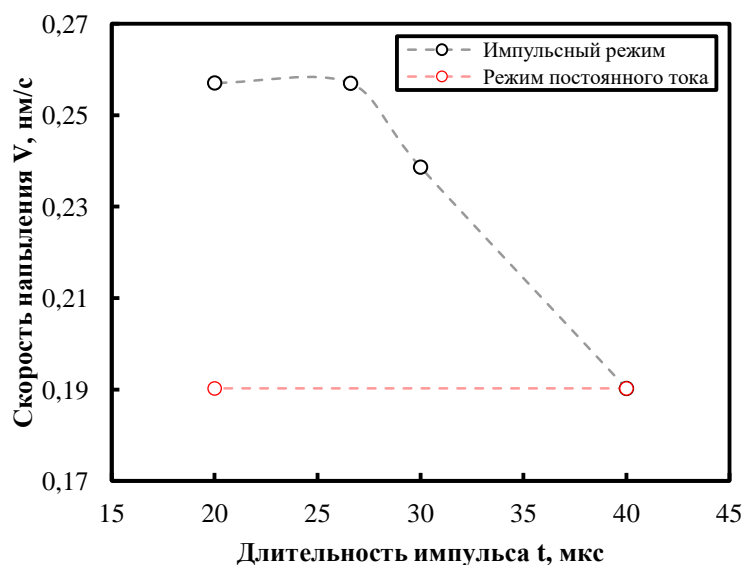


Рисунок 8 – Изменение скорости напыления пленки при изменении длительности импульса серии 1174-1177 ( $\text{Cr}$  0/20)

Также исследовались спектральные характеристики образцов в видимом диапазоне, а именно изменение коэффициента пропускания и коэффициента отражения при уменьшении длительности импульса (рисунок 9-14).

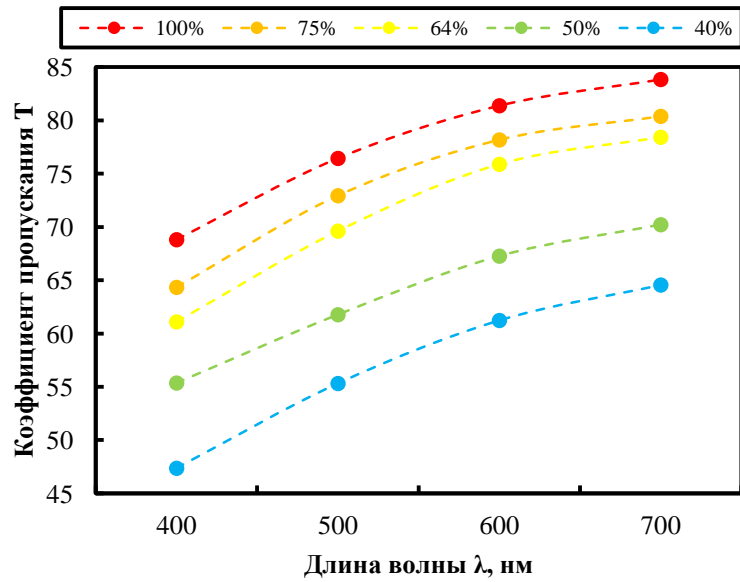


Рисунок 9 – Коэффициент пропускания серии 1180-1184 ( $\text{CrO}_x$  20/10)

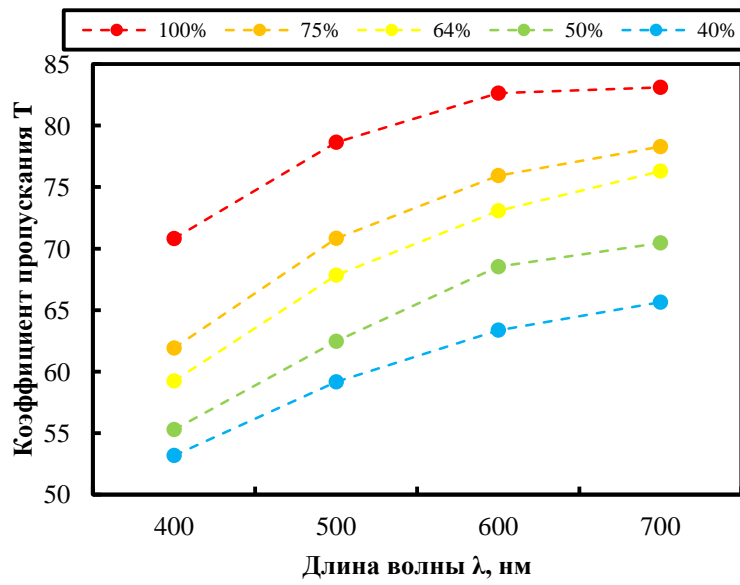


Рисунок 10 – Коэффициент пропускания серии 1187-1191 ( $\text{CrO}_x$  15/15)

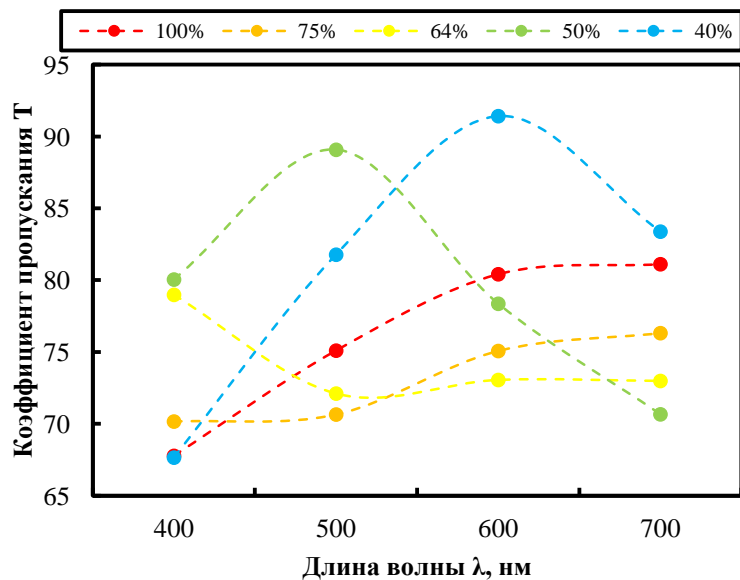


Рисунок 11 – Коэффициент пропускания серии 1216-1220 ( $\text{TiO}_x$  15/15)

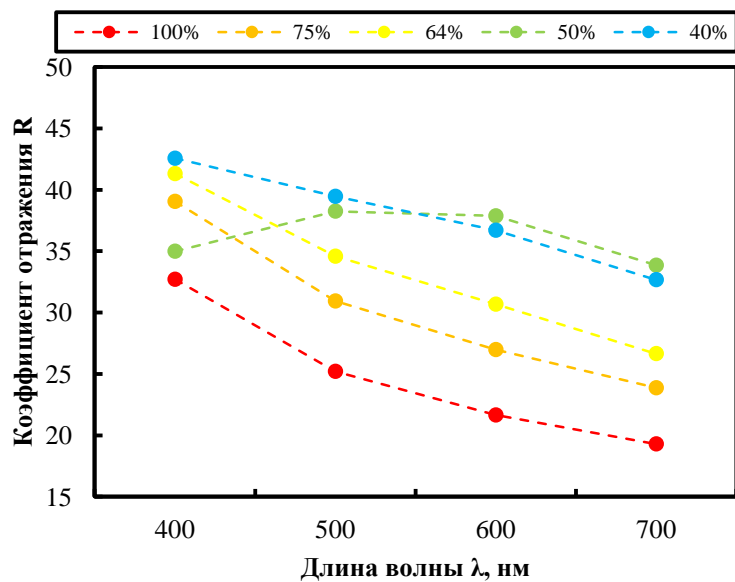


Рисунок 12 – Коэффициент отражения серии 1180-1184 ( $\text{CrO}_x$  20/10)



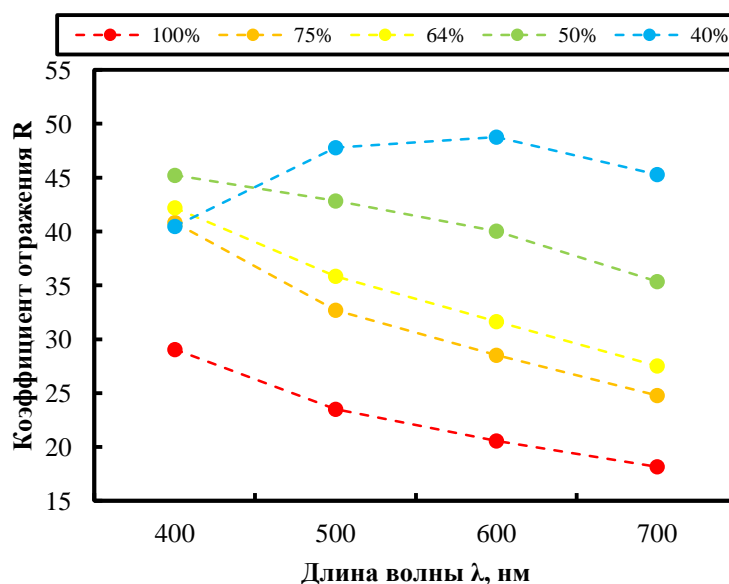


Рисунок 13 – Коэффициент отражения серии 1187-1191 (CrO<sub>x</sub> 15/15)

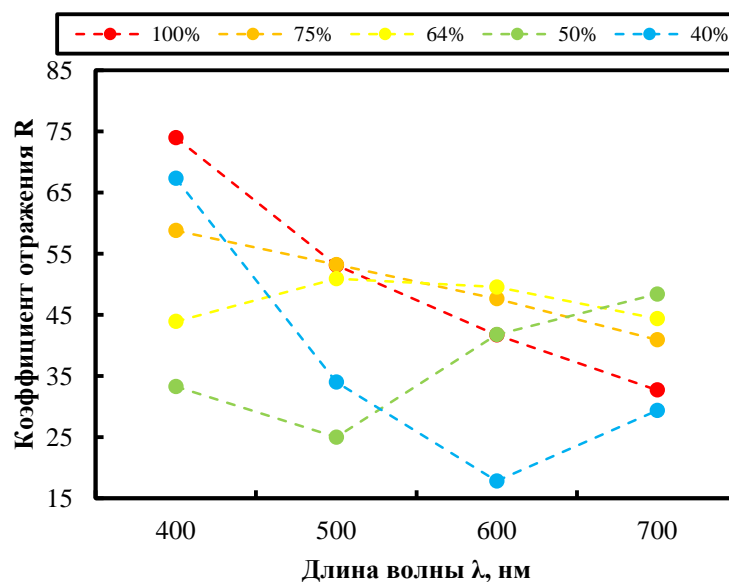


Рисунок 14 – Коэффициент отражения серии 1216-1220 (TiO<sub>x</sub> 15/15)

**Заключение.** В рамках выполнения выпускной квалификационной работы была получена лабораторная партия образцов с напыленными пленками металлов и оксидов металлов с различными оптическими характеристиками лишь за счет изменения длительности импульса.

В ходе исследований было обнаружено, что при уменьшении длительности импульса:

- увеличивается толщина пленок, полученных как в инертной, так и в реакционной среде, так как увеличивается скорость напыления;

- увеличивается содержания металла в пленках оксидов металлов;  
- уменьшается коэффициент пропускания и увеличивается коэффициент отражения в видимом диапазоне у пленок оксидов металлов за счет увеличения толщины пленки и повышения содержания неокисленного металла.

В конечном итоге поставленные задачи были выполнены в полном объеме и цель достигнута.

### **Список использованных источников**

1 Раскатова, О. О. Оптические свойства металлов и их оксидов, на примере Со / О. О. Раскатова, Е. С. Каназакова, А. Н. Юрасов // Инновационные технологии в электронике и приборостроении. – 2020. – Т. 1. – С. 87-92.

2 Габриельс, К. С. Электрические и оптические свойства тонких пленок оксида кобальта, полученных методом ионно-лучевого распыления / К. С. Габриельс [и др.] // Журнал технической физики. – 2022. – Т. 92, № 6. – С. 892-898.

3 Lee, W. G. Preparation and properties of amorphous  $TiO_2$  thin films by plasma enhanced chemical vapor deposition / W. G. Lee [et al.] // Thin Solid Films. – 1994. – Vol. 237. – P. 105-111.

4 Yeung, K. S. A simple chemical vapour deposition method for depositing thin  $TiO_2$  films / K. S. Yeung, Y. W. Lam // Thin Solid Films. – 1993. – Vol. 109. – P. 169-178.

5 Алмаев, А. В. Синтез и газовая чувствительность тонких пленок оксида хрома / А. В. Алмаев [и др.] // Письма в журнал технической физики. – 2020. – Т. 46, № 20. – С. 35-37.

6 Алмазбеков, К. А. Перестраиваемые оптические фильтры на тонких пленках / К. А. Алмазбеков, А. Г. Козырев // Аллея науки. – 2018. – Т. 4, № 6. – С. 592-596.

7 Сердобинцев, А. А. Импульсное напыление в низкотемпературной плазме тонких пленок с наноразмерной периодичностью свойств / А. А. Сердобинцев [и др.] // Физика и техника полупроводников. – 2009. – Т. 43, № 6. – С. 859-862.