

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

Кафедра физики твёрдого тела

**Цифровая колориметрия изображений и возможности автоматизации
процессов измерений**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студентки 4 курса 4051 группы

направления 11.03.04 «Электроника и микроэлектроника»

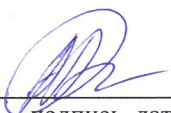
Института физики

Тимофеевой Анастасии Олеговны

Научный руководитель:

доцент, к.ф.-м.н., доцент

должность, ученая степень, ученое звание


подпись, дата

А.П. Рытик

инициалы, фамилия

Зав. кафедрой физики твёрдого
тела:

д.ф.-м.н., профессор

должность, ученая степень, ученое звание


подпись, дата

Ал.В. Скрипаль

инициалы, фамилия

Саратов 2025

ВВЕДЕНИЕ

Общая характеристика работы.

Актуальность темы. Цифровая колориметрия находит широкое применение в различных областях, включая светотехнику, медицину, химию, биологию и сельское хозяйство. Анализ научной литературы показывает растущий интерес к этому методу, что подтверждается значительным увеличением публикаций за последние годы. Это свидетельствует о том, что цифровая колориметрия становится всё более востребованной и актуальной темой для исследования.

Цели и задачи бакалаврской работы. Целью работы является исследование методов и принципов работы цифровой колориметрии изображений образцов, а также возможностей автоматизации процессов измерений.

Для достижения этой цели поставлены следующие задачи:

1. Изучить основные принципы работы цифровой колориметрии изображений.
2. Проанализировать существующие методы цифровой колориметрии и их применение в различных областях.
3. Провести критический обзор источников литературы за последние 15 лет по теме «Способы цифровой колориметрии», определить ключевые тенденции и достижения в этой области.
4. Разработать метод цифровой колориметрии, который будет учитывать современные требования и возможности технологий.

Данная работа направлена на углубление знаний в области цифровой колориметрии и создание новых подходов, способствующих улучшению точности и эффективности измерений цвета.

Структура бакалаврской работы. Кроме ВВЕДЕНИЯ, ЗАКЛЮЧЕНИЯ И СПИСКА ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ работа включает 4 основных раздела:

1. Способ цифровой колориметрии изображений
2. Основные законы поглощения и фотометрические величины
3. Современные методы цифровой колориметрии изображений
4. Экспериментальная часть
 - 4.1 Применение цифровой колориметрии для определения концентрации вещества в растворе
 - 4.2 Применение цифровой колориметрии для анализа компаунда
 - 4.3 Технология заливки компаунда
 - 4.4 Определение количества ферритового наполнителя в среде компаунда
 - 4.5 Измерение диэлектрической проницаемости компаунда

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В **первой главе** рассматривается актуальность развития методов измерения характеристик объектов с помощью цифровых фото- и видеокамер. Подчеркивается, что цифровая колориметрия становится важным инструментом в различных сферах — светотехнике, медицине, химии, биологии, сельском хозяйстве и других областях. Этот метод позволяет проводить анализ в режиме реального времени, что особенно ценно для быстрого скрининга и дистанционного контроля. Также отмечается, что использование недорогих устройств, таких как смартфоны и фотокамеры, делает этот метод доступным и перспективным для широкого круга пользователей, включая непрофессионалов.

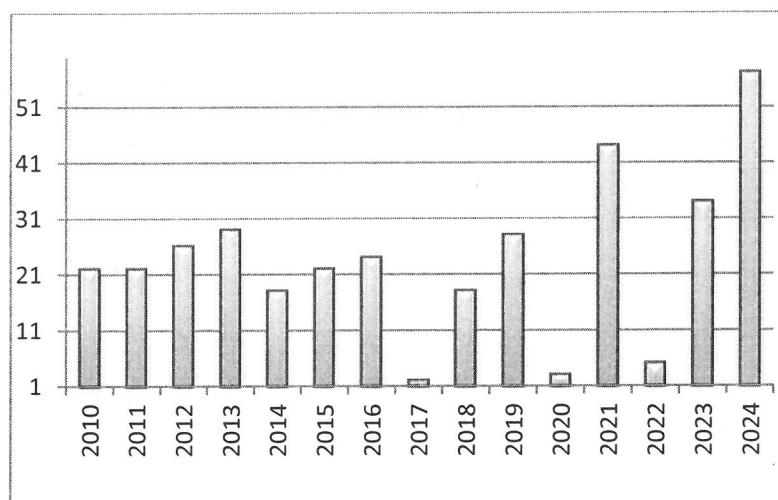


Рисунок 1- Динамика роста числа публикаций на тему «Digital image colorimetry»

Во второй главе приведены основные законы, лежащие в основе метода цифровой колориметрии изображений.

- **Закон Бугера-Ламберта:** Относительное количество поглощенного электромагнитного излучения не зависит от интенсивности падающего излучения. Каждый слой равной толщины поглощает равную долю падающего монохроматического потока излучения.
- **Закон Бера:** Поглощение потока электромагнитного излучения прямо пропорционально числу частиц поглощающего вещества, через которое проходит поток этого излучения.
- **Закон Бугера-Ламберта-Бера:** Каждая молекула (ион) растворённого вещества поглощает одинаковую часть монохроматического излучения; интенсивность излучения после прохождения слоя раствора уменьшается экспоненциально с увеличением концентрации растворённого вещества, а оптическая плотность линейно увеличивается с ростом концентрации.

В третьей главе проводится анализ научной литературы, посвященной существующим методам цифровой колориметрии. В качестве примера приводится метод контроля реакции гидролиза крахмала с йодом, где изменение цвета связано с концентрацией вещества, и по RGB-значениям можно определить точное содержание крахмала. Также метод цифровой

колориметрии можно использовать для химического анализа воды, для определения содержания этанола в дезинфицирующих средствах для рук на спиртовой основе, для неферментативного определения глюкозы с использованием наночастиц золота, для определения содержания аммиака в аквакультуре и для определения общего содержания фенолов в фруктах.

В четвертой главе подробно описывается разработка и применение метода цифровой колориметрии для определения концентрации веществ в растворах и в составе компаундов. Был получен патент на изобретение нового метода цифровой колориметрии изображений, позволяющего проводить анализ в режиме реального времени и автоматическую коррекцию данных в зависимости от изменения условий эксперимента.

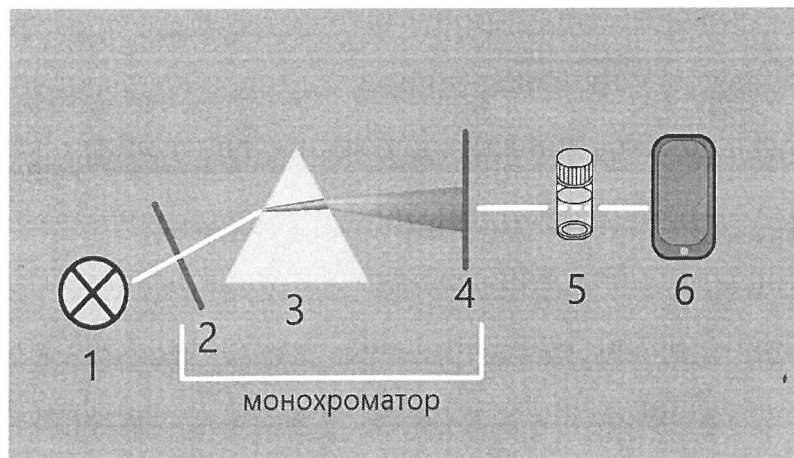


Рисунок 2 - Схема установки

Проведены эксперименты с раствором перманганата калия, где установлена линейная связь между RGB и концентрацией, что позволяет быстро и просто контролировать содержание вещества без сложных приборов.

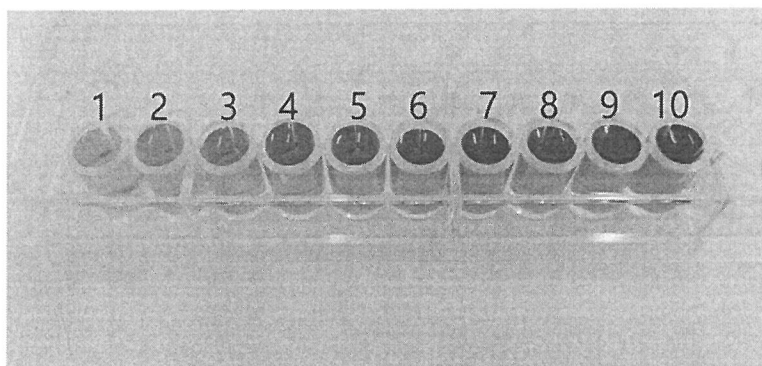


Рисунок 3 - Визуальное сравнение образцов с различными концентрациями KMnO_4 (%)

Интенсивность RGB была сопоставлена с соответствующими концентрациями KMnO_4 (Рисунок 4-6). Результаты показали уменьшение интенсивности RGB с увеличением концентрации KMnO_4 . На графиках RGB интенсивность R показала большую корреляцию цветовой компоненты с концентрацией перманганата калия. Это исследование наглядно демонстрирует возможность использования RGB для определения уровня перманганата калия в растворе.

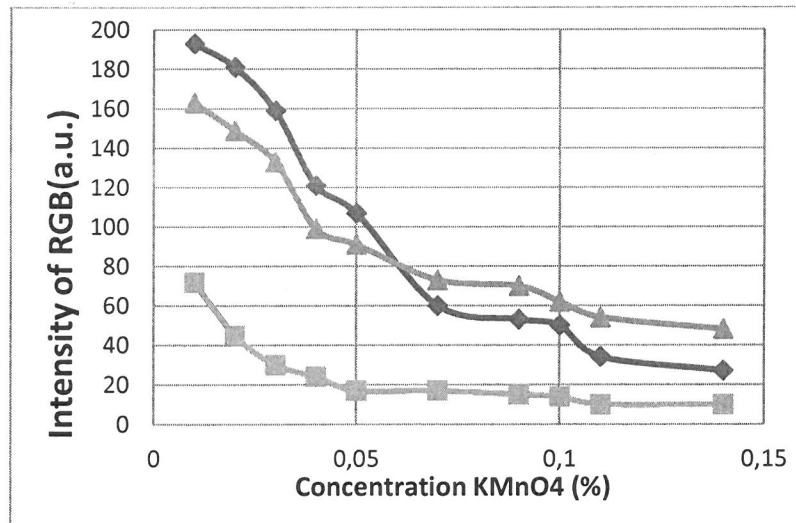


Рисунок 4 - Зависимость интенсивности RGB от концентрации KMnO_4 (излучение длиной волны 640 нм).

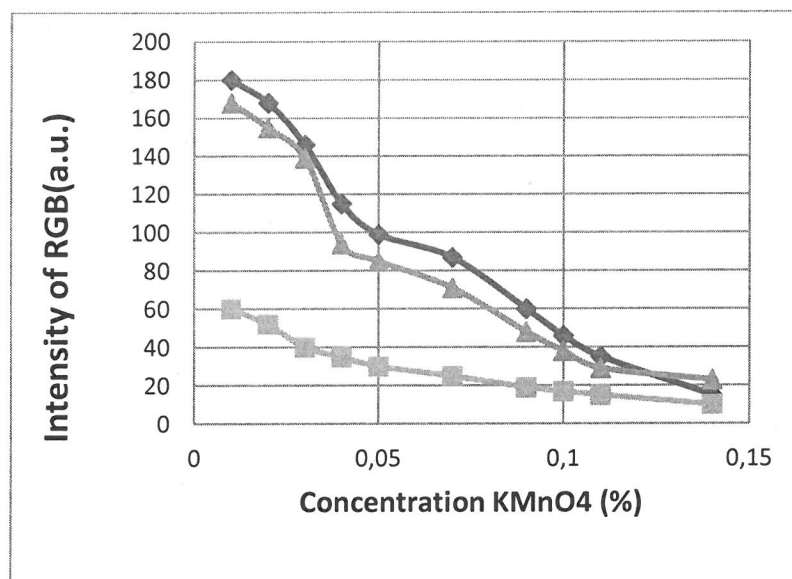


Рисунок 5 - Зависимость интенсивности RGB от концентрации KMnO_4 (излучение длиной волны 533 нм).

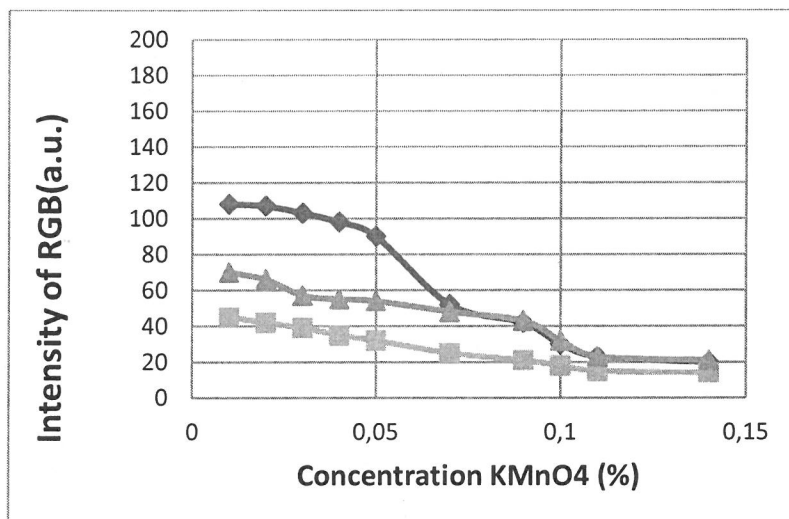


Рисунок 6 - Зависимость интенсивности RGB от концентрации KMnO_4 (излучение длиной волны 484,9 нм).

Также показано, что цифровая колориметрия эффективна для анализа компаундов, например, для определения содержания ферритового наполнителя, где увеличение массы феррита снижает интенсивность цвета. Это может быть связано с тем, что увеличение массы ферритового наполнителя может приводить к более высокой степени рассеяния света, что также снижает интенсивность цветов. Более того, ферриты могут влиять на

поглощение света в определенных диапазонах длин волн, изменяя спектральные характеристики образца.

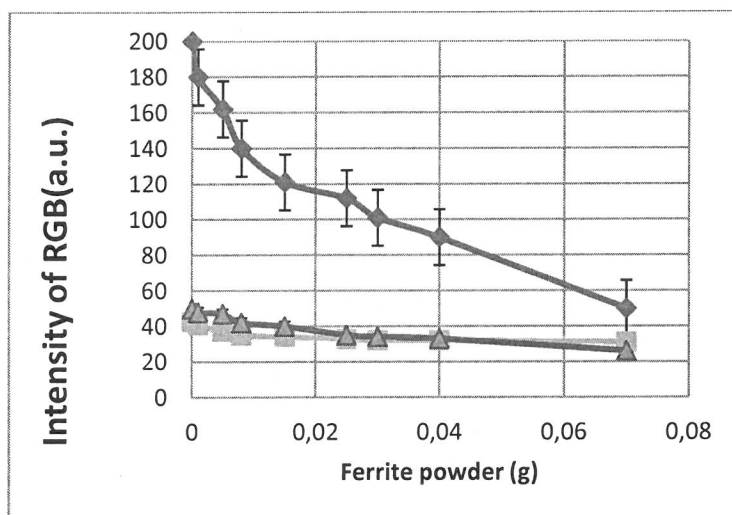


Рисунок 7— Зависимость интенсивности RGB от массы ферритового наполнителя (излучение длиной волны 640 нм)

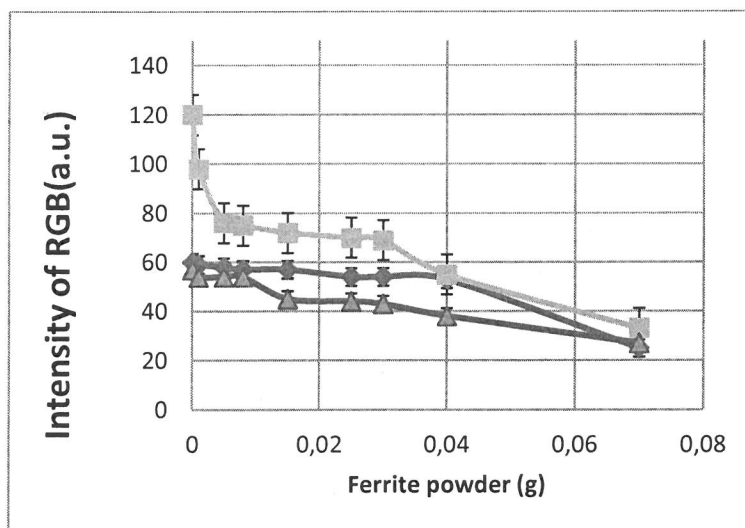


Рисунок 8 — Зависимость интенсивности RGB от массы ферритового наполнителя (излучение длиной волны 533 нм)

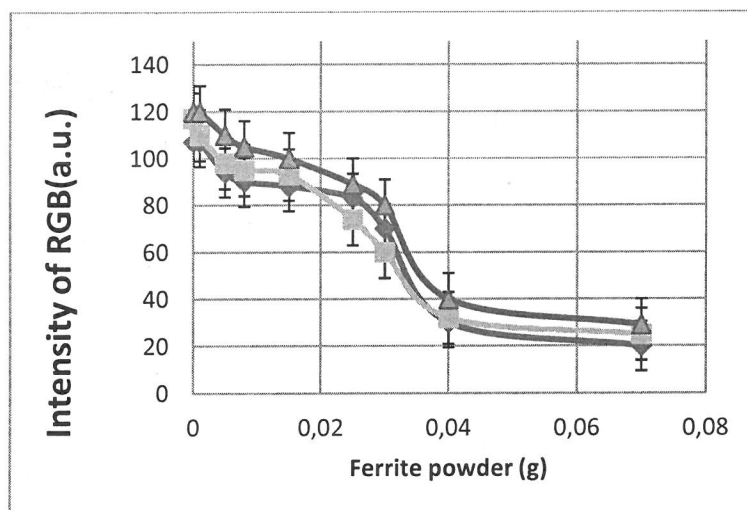


Рисунок 9 – Зависимость интенсивности RGB от массы ферритового наполнителя (излучение длиной волны 484,9 нм)

Кроме того, для сравнения с оптическим методом рассмотрен метод измерения диэлектрической проницаемости компаунда в радиодиапазоне с помощью специализированного программного обеспечения **85071E** компании Agilent Technologies. Образцы компаунда были помещены в волновод. Измерение диэлектрических свойств образцов проводили в частотном диапазоне от 8 до 12 ГГц.

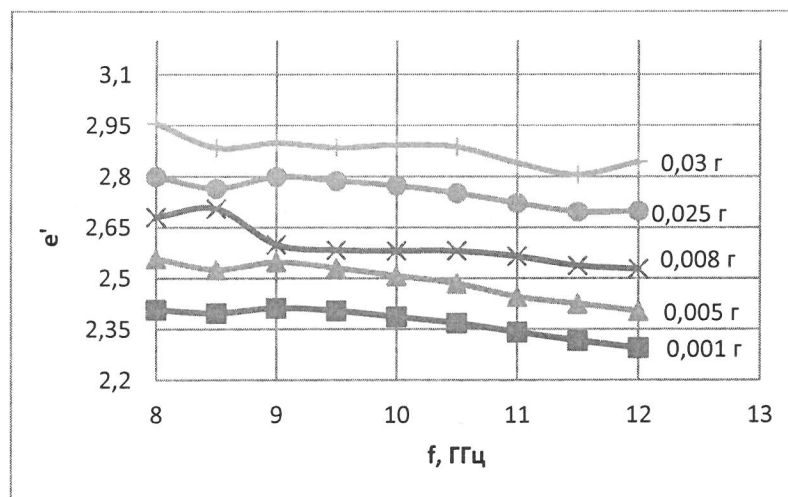


Рисунок 10 – Влияние частоты на диэлектрическую проницаемость образцов компаунда с различной массой

Наблюдается уменьшение диэлектрической проницаемости с повышением частоты и уменьшением массы ферритового наполнителя в компаунде. Это может быть связано с тем, что с ростом частоты ионы или

диполи не успевают сместиться вслед за электрическим полем (на высоких частотах). Из-за этого поляризация начинает слабо проявляться, и диэлектрическая проницаемость заметно падает. При снижении содержания ферритового наполнителя в компаунде снижается суммарный эффект поляризации, обусловленный ферритами, что ведет к уменьшению общей диэлектрической проницаемости.

Цифровая колориметрия является хорошим инструментом для анализа компаундов в электронике, позволяющим контролировать качество материалов, оценивать их стабильность и надежность, а также выявлять дефекты и загрязнения. Правильное применение цифровой колориметрии позволяет повысить качество и долговечность электронных устройств.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Цифровая колориметрия представляет собой перспективное направление в области измерения и анализа цвета, объединяющее современные технологии и методы автоматизации. Проведённый обзор литературы подтвердил её широкое применение и актуальность в различных сферах, а также выявил тенденции к развитию более точных, быстрых и удобных инструментов для определения цветовых характеристик.

В ходе работы были изучены основные принципы и существующие методы цифровой колориметрии, что позволило определить перспективные направления для дальнейших исследований.

Работа направлена на модернизацию существующих методов измерения. Контроль качества кампаунда и новые быстрые методы контроля качества в настоящее время востребованы, что подтверждается растущим количеством публикаций. Проведены переговоры и получено одобрение на внедрение результатов работы с представителями научно производственных предприятий Саратова (АО «НПП «КОНТАКТ», АО «НПП «АЛМАЗ», АО «КБПА»).

В настоящее время осуществляется работа по внедрению результатов в учебный практикум кафедры физики твёрдого тела Института физики СГУ.

В ходе работы над ВКР подготовлен патент № 2835097 С1 Российская Федерация, МПК G01J 3/50, G01N 21/27. Способ цифровой колориметрии изображений: заявл. 05.04.2024: опубл. 21.02.2025 / А. П. Рытик, А. О. Тимофеева; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского".

Тимофеева А.О. [подпись]