

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.262.01 НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
НАУКИ ФИЗИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА ИМ. П.Н. ЛЕБЕДЕВА РОССИЙСКОЙ
АКАДЕМИИ НАУК ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ
СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 19 декабря 2023 г № 55

О присуждении Калининой Анастасии Андреевне, гражданке Российской Федерации, учёной степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Применение волноводных и дифракционных оптических элементов в изображающих системах дополненной реальности» по специальности 1.3.6 — Оптика принята к защите 9 октября 2023 года, (протокол заседания № 54) диссертационным советом 24.1.262.01, созданным 11 апреля 2012 года приказом № 105/нк на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физического института им. П.Н. Лебедева Российской академии наук (ФИАН), 119991 ГСП-1 Москва, Ленинский проспект, д. 53.

Соискатель Калинина Анастасия Андреевна, 7 апреля 1994 года рождения, в 2018 году с отличием окончила Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «МИРЭА – Российский технологический университет» по направлению Оптотехника. С 2019 года обучалась в аспирантуре Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)» по направлению «Физика и астрономия» и закончила ее в 2023 году. Справка об обучении и сдаче кандидатских экзаменов выдана МФТИ в 2023 году. С 2017 по 2022 год работала в ООО «Исследовательский центр Самсунг», в настоящее

время работает в должности старшего инженера в Panasonic Automotive Systems Europe GmbH.

Диссертационная работа А.А. Калининой выполнена на базовой кафедре электрофизики Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)» в Объединенном оптическом центре Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физическом институте им. П.Н. Лебедева Российской академии наук (ФИАН).

Научный руководитель: доктор физико-математических наук Савинов Сергей Юрьевич, помощник директора по научной работе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физического института им. П. Н. Лебедева Российской академии наук.

Официальные оппоненты:

1. Степанов Евгений Валерьевич, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий отделом молекулярной физики и диагностики Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Института общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук»;
2. Спиридонов Максим Владимирович, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник лаборатории экспериментальной спектроскопии Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Института космических исследований Российской академии наук».

дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский педагогический государственный университет», в своем положительном отзыве, подписанным доктором физико-математических наук Коротаевым Олегом

Николаевичем, профессором кафедры теоретической физики им. Э.В. Шпольского Института физики, технологии и информационных систем, кандидатом физико-математических наук Магаряном Константином Арутюновичем, директором учебно-научного центра спектроскопии сложных органических соединений, и утвержденном доктором географических наук Дроновым Виктором Павловичем, академиком РАО, профессором, первым проректором МПГУ, указала, что соискатель заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук.

Соискатель имеет 10 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 5 работ, из них в рецензируемых научных изданиях, индексируемых в базе данных Web of Science, опубликовано 5 работ. Соискателем также получены два патента на изобретение по теме диссертации.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем А.А. Калининой работах.

Наиболее значимые результаты по теме диссертации опубликованы в статьях:

1. Калинина А., Путилин А., Копенкин С. Применение осевых голографических оптических элементов в системе дополненной реальности // Краткие сообщения по физике ФИАН. – 2023. – №45(8). – С.3-13. [переводная версия: Bulletin of the Lebedev Physics Institute. – 2023. – №50. – С.311-317. [<https://doi.org/10.3103/S1068335623080067>]

2. Kalinina A., Putilin A., Kopenkin S. Eyebow enlargement in holographic AR glasses // Appl. Opt. – 2023. – №62. – C.D163-D170. [<https://doi.org/10.1364/AO.478529>]

3. Yanusik I., Kalinina A., Morozov A., Lee J.-H. Pupil replication waveguide system for autostereoscopic imaging with a wide field of view // Opt. Express. – 2021. – №29. – C.36287-36301. [<https://doi.org/10.1364/OE.439855>]

4. Kalinina A., Putilin A. Wide-field-of-view augmented reality eyeglasses using curved wedge waveguide. // Proc. SPIE, Digital Optics for Immersive Displays II. – 2020. – №11350. – C.005. [<https://doi.org/10.1117/12.2559320>]

5. Kalinina A., Yanusik I., Dubinin G., Morozov A., Lee J.-H. Full-color AR 3D head-up display with extended field of view based on a waveguide with pupil replication // Proc. SPIE, Advances in Display Technologies XII. – 2022. – №12024 – C.0D. [<https://doi.org/10.1117/12.2608610>]

Выбор официальных оппонентов обосновывается их высокой квалификацией и наличием достижений мирового уровня в области оптики, спектроскопии и лазерной физики, а ведущей организации – ее репутацией признанного научного центра, проводящего исследования в области оптики и спектроскопии.

Диссертация Калининой А.А. посвящена разработке способов формирования виртуальных изображений в системах дополненной реальности, с применением волноводных, дифракционных и голографических оптических элементов, а также исследованию перспективных методов улучшения качества изображения в данных системах. Актуальность темы диссертации подтверждается широким применением устройств дополненной реальности в военной и космической отраслях, в медицине, в транспортных средствах, в образовательной и в других сферах.

На основании выполненных соискателем исследований были получены следующие основные результаты:

1. Впервые разработана оптическая система устройства формирования изображения на основе изогнутого, клиновидного виртуального волновода, которая позволяет существенно снизить ограничение по полю зрения, вызванное условиями распространения излучения внутри волновода в условиях полного внутреннего отражения, и обеспечить формирование виртуального изображения с угловым размером $80^\circ \times 40^\circ$;

2. Предложена оптическая система очков дополненной реальности на основе комбинации голографических оптических элементов, которая впервые позволила достичь большого выходного зрачка устройства (10мм), при формировании виртуального изображения в широком поле зрения (60°). Созданное экспериментальное устройство - макет очков дополненной реальности, на основе предложенной оптической системы, подтвердило указанные характеристики.

3. Впервые разработан способ увеличения поля зрения в системе проекционного дисплея дополненной реальности на основе волновода с размножением выходного зрачка и с возможностью формирования автостереоскопического 3D изображения. Создан экспериментальный прототип проекционного дисплея и продемонстрирована возможность увеличения поля зрения системы в 1.5 раза.

Все результаты, представленные автором, являются новыми. Новизна обусловлена тем, что:

- Продемонстрированный в работе метод формирования виртуального изображения с помощью клиновидного изогнутого волновода и голографического оптического элемента был предложен и исследован впервые;

- Впервые предложена и реализована оптическая система голографических очков дополненной реальности с одновременно большим выходным зрачком системы (10 мм) и большим угловым размером виртуального изображения (60°);

- Впервые предложен и реализован способ увеличения поля зрения в оптической системе проекционного дисплея дополненной реальности на основе волновода с размножением выходного зрачка и с возможностью формирования автостереоскопического 3D изображения.

Практическое значение полученных соискателем результатов исследования состоит в том, что предложенные методы формирования виртуальных изображений с использованием волноводных, дифракционных и

голографических оптических элементов могут найти широкое применение при разработке компактных устройств дополненной реальности, таких как очки дополненной реальности, шлем дополненной реальности, проекционный дисплей.

Полученные результаты могут быть применены в таких организациях как Физический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, Институт общей физики имени А.М. Прохорова РАН, Физический институт имени П.Н.Лебедева РАН, МГТУ имени Н.Э. Баумана, Университет ИТМО, Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет), Инновационный центр «Сколково», ООО «Исследовательский центр Самсунг» и других.

Достоверность результатов работы подтверждается согласием данных, полученных в ходе различных экспериментов, их воспроизводимостью, а также согласием полученных экспериментальных данных с выводами теоретических моделей.

Все основные научные результаты, включенные в диссертацию Калининой А.А., получены лично автором, либо при его непосредственном участии. В частности, автором лично были предложены новые оптические схемы устройств дополненной реальности с улучшенными характеристиками по сравнению с существующими аналогами, был выполнен теоретический анализ и расчет оптической системы проекционного дисплея на основе волновода с возможностью формирования автостереоскопического 3D изображения, а также предложен метод увеличения поля зрения в данной системе. Для предложенных оптических систем автором выполнены необходимые расчеты с использованием методов геометрической и волновой оптики, проведено моделирование с применением специализированного программного обеспечения, разработаны схемы записи и проведена сама запись голографических оптических элементов, выполнена сборка экспериментальных устройств очков дополненной реальности и проекционного дисплея, проведено

тестирование и замер параметров изображающих систем, проведен анализ полученных результатов.

В ходе защиты соискатель Калинина А.А. аргументировано ответила на заданные ей вопросы членов диссертационного совета, а также на замечания ведущей организации и оппонентов.

На заседании 19 декабря 2023 года диссертационный совет принял решение присудить А.А. Калининой учёную степень кандидата физико-математических наук за решение научной задачи по разработке перспективных методов формирования виртуальных изображений в системах дополненной реальности с применением волноводных, дифракционных и голографических оптических элементов.

При проведении тайного голосования члены диссертационного совета в количестве 21 человек, из них 6 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации (1.3.6 — Оптика), участвовавшие в заседании, из 26 человек, входящих в состав совета, проголосовали:

за присуждение учёной степени - 21,
против присуждения учёной степени - 0,
недействительных бюллетеней - 0.

Председатель диссертационного совета
член-корр. РАН, д.ф.-м.н.

Колачевский Николай Николаевич

Учёный секретарь диссертационного совета
д.ф.-м.н.

Золотько Александр Степанович

19 декабря 2023 г.