

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ КОМИССИИ

по защите диссертации Беклемишевой Анны Владимировны на тему:

«Пространственная манипуляция микро и нано магнитными частицами с помощью ферромагнитных микропроводов»,

представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 - Физика конденсированного состояния и состоявшейся в НИТУ «МИСиС» 21.02.2023 г.

Диссертация принята к защите Диссертационным советом НИТУ «МИСиС» 14.11.2022 г., протокол № 6.

Диссертация выполнена на кафедре технологии материалов электроники Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – Панина Лариса Владимировна, д.ф.-м.н., профессор НИТУ «МИСиС» кафедры «Технологии материалов электроники».

Экспертная комиссия утверждена Диссертационным советом НИТУ «МИСиС» (протокол № 6 от 14.11.2022 г.) в составе:

1. Ховайло Владимир Васильевич – д.ф.-м.н., профессор кафедры функциональных наносистем и высокотемпературных материалов НИТУ «МИСиС» - председатель экспертной комиссии;
2. Мухин Сергей Иванович – доктор физико-математических наук, заведующий кафедрой теоретической физики и квантовых технологий НИТУ «МИСиС»;
3. Головин Игорь Станиславович - доктор физико-математических наук, профессор кафедры металловедения цветных металлов НИТУ «МИСиС»;
4. Елфимова Екатерина Александровна - доктор физико-математических наук, заведующая кафедрой теоретической и математической физики, Уральский федеральный университет имени первого президента России Б.Н. Ельцина (УрФУ);
5. Перов Николай Сергеевич – доктор физико-математических наук, заведующий кафедрой магнетизма, Физический факультет Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова».

В качестве ведущей организации утверждено Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта», г. Калининград.

Экспертная комиссия отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

1. Произведен анализ влияния магнитной структуры на электрическую дипольную поляризацию ферромагнитных микропроводов при микроволновом возбуждении.

2. Рассчитана амплитуда модуляций дипольного момента при воздействии низкочастотного поля и других внешних факторов (постоянное магнитное поле, механические напряжения) и получено качественное согласие с экспериментом.

3. Предложены конфигурации ферромагнитных проводов, которые представляют интерес с точки зрения создания магнитных источников, генерации высокоградиентных магнитных полей ($10^3 - 10^5$) Тл/м) и создания ловушек для диамагнитных объектов.

4. Произведен анализ ускоренной диффузии парамагнитных частиц вблизи диаметрально намагниченных микропроводов.

5. Произведен анализ влияния сильноградиентных магнитных полей, создаваемых ферромагнитными микропроводами, и поверхности микропроводов на живые клетки.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

Развиты аналитические методы решения ряда задач электродинамики и микромагнетизма. Была предложена итерационная процедура для решения задачи рассеяния на ферромагнитном цилиндре с учетом импедансных граничных условий. Проведено моделирование магнитных полей и потенциалов магнитного поля, создаваемых различными конфигурациями ферромагнитных цилиндров. Были развиты методы решения уравнений диффузии при объединении с уравнением Лиувилля и уравнением Фоккера-Планка.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что ферромагнитные микросистемы имеют высокий потенциал для применения в биоинженерных и медицинских исследованиях. В частности:

- Предложенная концепция встраиваемых сенсоров может использоваться для контроля локальных напряжений в области имплантата.

- Предложенные манипуляторы на основе микропроводов позволяют реализовать градиенты магнитного поля на уровне $10^3 - 10^5$ Тл/м, что достаточно для преодоления воздействия других сил (гравитации, вязкости, и т.д.), то есть для эффективного управления магнитными частицами даже со слабыми магнитными свойствами.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- Достоверность научных результатов подтверждается использованием современных измерительных и аналитических методов исследования. Моделирование выполнено на основе известных методов антенных приближений и точного решения магнитостатических задач. Теоретические данные согласуются с результатами экспериментальных исследований.

Личный вклад автора в настоящую работу состоит в постановке задач исследований в соответствии с целями, разработке теоретических методов исследования и проведении аналитических и численных расчетов, проведении экспериментальных исследований цитотоксичности, обработке и обобщении полученных результатов, написании публикаций.

Материалы диссертации Беклемишевой Анны Владимировны опубликованы в 6 печатных работах в изданиях, входящих в перечень ВАК РФ, из которых 5 – в базах Web of Science/SCOPUS, и 1 – патент.

Пункт 2.6 Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ «МИСиС» соискателем ученой степени кандидата наук не нарушен. Диссертация Беклемишевой Анны Владимировны соответствует критериям п. 2 Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ «МИСиС», так как в ней на основании выполненных автором исследований содержится решение задачи по разработке модельных систем аморфных микропроводов в качестве встраиваемых сенсоров и источников градиентного магнитного поля для биомедицинских приложений. Полученные в работе результаты имеют важное научное значение и являются перспективными в решении практических задач.

Экспертная комиссия приняла решение о возможности присуждения Беклемишевой Анне Владимировне ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8. – «Физика конденсированного состояния».

При проведении тайного голосования экспертная комиссия в количестве 4 (четырёх) человек, участвовавших в заседании, из 5 человек, входящих в состав комиссии, проголосовала: за - 4, против - 0, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель Экспертной комиссии



В.В. Ховайло

21.02.2023