

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ КОМИССИИ

по защите диссертации Саракуевой Аиды Эюповны «Физико-технологические характеристики микропроводов на основе Со и их использование в температурных датчиках сопротивления», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.3 – Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники и состоявшейся в НИТУ МИСИС 24.06.2026 г.

Диссертация принята к защите Диссертационным советом НИТУ МИСИС 13.04.2026 г., протокол № 38.

Диссертация выполнена на кафедре цветных металлов и золота НИТУ МИСИС.

Научный руководитель – Гудошников Сергей Александрович, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры цветных металлов и золота НИТУ МИСИС.

Экспертная комиссия утверждена Диссертационным советом НИТУ МИСИС (протокол № 38 от 13.04.2026 г.) в составе:

1. **Панина Лариса Владимировна** — д.ф.-м.н., профессор кафедры технологии материалов электроники НИТУ МИСИС - председатель комиссии;

2. **Костишин Владимир Григорьевич** – д.ф.-м.н., заведующий кафедрой технологии материалов электроники НИТУ МИСИС;

3. **Ховайло Владимир Васильевич** – д.ф.-м.н., профессор кафедры функциональных наносистем и высокотемпературных материалов НИТУ МИСИС;

4. **Фетисов Леонид Юрьевич** – д.ф.-м.н., профессор кафедры нанoeлектроники федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «МИРЭА - Российский технологический университет»;

5. **Бузников Никита Александрович** – д.ф.-м.н., ведущий научный сотрудник лаборатории электрофизики новых функциональных материалов федерального государственного бюджетного учреждения науки Института теоретической и прикладной электродинамики Российской академии наук.

В качестве ведущей организации утверждено федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук, г. Москва.

Экспертная комиссия отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

– Установлены физические механизмы влияния структурно-фазовых превращений и содержания хрома на электрические свойства микропроводов системы $\text{Co}_{73-x}\text{Fe}_4\text{Cr}_x\text{Si}_{12}\text{B}_{11}$. Доказано, что максимальные значения температурного коэффициента сопротивления $\sim 1350 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$, достигаются в образцах без добавления Cr ($x = 0$, $\text{Co}_{73}\text{Fe}_4\text{Si}_{12}\text{B}_{11}$), находящихся в кристаллизованном состоянии.

– Разработана конструкция и технология изготовления быстродействующих температурных датчиков сопротивления с чувствительным элементом на основе кристаллизованного микропровода состава $\text{Co}_{73}\text{Fe}_4\text{Si}_{12}\text{B}_{11}$ длиной $\sim 10 \text{ мм}$ и номинальным сопротивлением $\sim 30 \text{ Ом}$ (20°C). Изготовлены опытные образцы температурных датчиков сопротивлений, проведена их калибровка в диапазоне температур от 20°C до 80°C .

– Разработана методика компенсации температурной нестабильности магнитоимпедансных датчиков с использованием изготовленных температурных датчиков сопротивления. Предложенный алгоритм обеспечивает ослабление влияния температурных воздействий более чем в 50 раз в диапазоне температур $20\text{--}80^\circ\text{C}$.

– Разработана методика применения температурных датчиков сопротивления для контроля тепловых режимов полимерных композиционных материалов и определения их коэффициента теплопроводности в диапазоне $0,1\text{--}10 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$.

Ценность научной работы заключается в установлении механизмов влияния структурно-фазовых превращений на электрические характеристики микропроводов на основе кобальта. После их кристаллизации происходит снижение удельного электросопротивления на $15\text{--}40 \%$ и увеличение температурного коэффициента сопротивления почти на порядок. Такие изменения обусловлены формированием высокопроводящих кристаллических фаз ГПУ-Co, ГЦК-Co и боридов Co_2B , Co_{23}B_6 . Выявленные закономерности изменения электрических свойств ферромагнитных микропроводов явились научной основой создания миниатюрных быстродействующих температурных датчиков сопротивления. Благодаря своим малым размерам и быстродействию такие датчики могут использоваться для измерения температуры расположенных рядом устройств или интегрироваться внутрь многофункциональных композиционных материалов и обеспечивать контроль тепловых режимов внутри материала.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

– Разработана и испытана технология изготовления температурных датчиков сопротивлений на основе кристаллизованного микропровода состава $\text{Co}_{73}\text{Fe}_4\text{Si}_{12}\text{B}_{11}$,

которые за счет малых размеров чувствительного элемента отличаются высоким быстродействием и локальностью измерения температуры.

– Изготовлена малая серия температурных датчиков сопротивления с чувствительным элементом длиной ~ 10 мм и диаметром ~ 20 мкм. Показано, что в диапазоне температур от $+20$ °С до $+80$ °С датчики характеризуются номинальным сопротивлением ~ 30 Ом, точностью измерения температуры $\pm 0,2$ °С и быстрым температурным откликом, < 1 сек.

– С использованием разработанного температурного датчика сопротивления предложена методика компенсации температурной зависимости высокочувствительных магнитоимпедансных датчиков (чувствительность по магнитной индукции менее $0,1$ нТл на частоте 1 Гц), позволяющая расширить их рабочий температурный диапазон до $+80$ °С. Предложенный метод внедрен в ООО «Магнитные и криоэлектронные системы» и использован для проведения измерений вариаций магнитных полей вне лабораторных условий.

Достоверность полученных результатов основывается на применении аттестованного оборудования и современных методов исследования (рентгенофазовый анализ, растровая электронная микроскопия, дифференциальная сканирующая калориметрия). Достоверность подтверждается значительным объемом экспериментальных данных, их статистической обработкой, воспроизводимостью результатов на сериях образцов и согласованностью с расчетными моделями. Сопоставимость полученных результатов с экспериментальными и теоретическими данными других авторов подтверждается наличием публикаций в высокорейтинговых журналах.

Личный вклад соискателя состоит в самостоятельном проведении механических испытаний, отборе образцов, измерении электрических характеристик и термообработке микропроводов методом джоулева нагрева; непосредственном участии в постановке задач исследования, проведении СЭМ-исследований, ГМИ-магнитометрии и изготовлении температурных датчиков сопротивления; совместной разработке прикладных методик измерений, обработке, анализе и интерпретации полученных экспериментальных данных; участие в подготовке основных публикаций по выполненной работе, получении охранных документов и личном представлении результатов на международных конференциях.

Соискатель представил **4** печатные работы в рецензируемых научных изданиях, индексируемых в наукометрических базах данных Web of Science и Scopus, **6** тезисов докладов в сборниках трудов международных конференций и **2** объекта интеллектуальной собственности (1 патент РФ на изобретение, 1 свидетельство на ноу-хау).

Пункт 2.6 Положения присуждения ученой степени кандидата наук, ученой степени доктора наук НИТУ МИСИС соискателем ученой степени **не нарушен**.

Диссертация Саракуевой Аиды Эюповны соответствует критериям п. 2 Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ МИСИС, так как в ней на основании выполненных автором исследований содержится решение научной задачи, заключающейся в получении кристаллизованных микропроводов системы Co-Fe-Si-B с заданными физико-технологическими характеристиками, разработке технологии изготовления миниатюрных быстродействующих температурных датчиков сопротивления на их основе и создании научно обоснованных прикладных методик их применения в задачах производства материалов и приборов электронной техники.

Экспертная комиссия приняла решение о возможности присуждения Саракуевой Аиде Эюповне ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.3 – «Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники».

Результаты голосования: при проведении тайного голосования экспертная комиссия в количестве 5 человек, участвовавших в заседании, из 5 человек, входящих в состав комиссии, проголосовала: за 5, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель Экспертной комиссии

Панина Лариса Владимировна



24.06.2026 г.