

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ КОМИССИИ

по защите диссертации Казаряна Тиграна Месроповича на тему **«Синтез, структура и свойства нанокompозитов FeCoNi/C на основе полимеров»** представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.27.06 – «Технология и оборудование для производства полупроводников, материалов и приборов электронной техники», состоявшейся в НИТУ «МИСиС» 10.02.2022 г.

Диссертация принята к защите Диссертационным советом НИТУ «МИСиС» 11.10.2021 г. (протокол № 32) с изменениями от 20.12.2021 г. (протокол №34).

Диссертация выполнена на кафедре технологии материалов электроники Института новых материалов и нанотехнологий Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» НИТУ «МИСиС» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель - доктор технических наук Кожитов Лев Васильевич профессор кафедры технологии материалов электроники НИТУ «МИСиС».

Научный консультант – кандидат технических наук доцент, ведущий сотрудник Института нефтехимического синтеза имени А.В. Топчиева РАН Муратов Дмитрий Геннадьевич.

Экспертная комиссия утверждена Диссертационным советом НИТУ «МИСиС» 11.10.2021 (протокол № 32) с изменениями от 20.12.2021 г. (протокол №34) в составе:

- 1) Костишин Владимир Григорьевич – д.ф.-м.н., профессор, заведующий кафедрой технологии материалов электроники НИТУ «МИСиС» - председатель комиссии;
- 2) Блинков Игорь Викторович - д.т.н., профессор, профессор кафедры функциональных наносистем и высокотемпературных материалов НИТУ «МИСиС»;
- 3) Коровушкин Владимир Васильевич – д.г.-м.н., профессор кафедры технологии материалов электроники НИТУ «МИСиС»;
- 4) Слепцов Владимир Владимирович - д.т.н., профессор, заведующий кафедрой радиоэлектроника, телекоммуникации и нанотехнологии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)»;
- 5) Карпачева Галина Петровна – д.х.н., профессор, и.о. заведующего лабораторией химии полисопряженных систем, Институт нефтехимического синтеза им. Топчиева РАН.

В качестве **ведущей организации** утверждено Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова Российской Академии Наук, г. Москва.

Экспертная комиссия отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- с использованием современного оборудования и методик термического анализа впервые изучены особенности протекания процесса пиролиза прекурсоров на основе полиакрилонитрила или поливинилового спирта и нитратов металлов при ИК-нагреве, позволившие определить наиболее перспективные температурные режимы процесса получения нанокompозитов и предложить механизм формирования наночастиц FeCoNi;
- впервые получены методом ИК-пиролиза нанокompозиты, содержащие наночастицы тройного сплава FeCoNi, равномерно распределенные в объеме углеродной матрицы на основе полимеров. Установлено влияние физико-химических особенностей используемого полимера, температуры синтеза и относительного содержания металлов на структуру углеродной матрицы нанокompозитов, состав и размер наночастиц;
- показана возможность управления магнитными, электромагнитными и радиопоглощающими свойствами полученных наноматериалов путем изменения условий синтеза температуры ИК-нагрева, процентного соотношения металлов, типа полимера;
- разработаны технологические основы получения нового типа композиционных наноматериалов, включающих многокомпонентные наночастицы, в частности сплава FeCoNi, равномерно распределенные и стабилизированные в наноструктурной углеродной матрице;
- исследовано поглощение ЭМИ СВЧ-диапазона от 3 до 12 ГГц металл-углеродными нанокompозитами FeCoNi/C на основе полиакрилонитрила и поливинилового спирта, установлена зависимость коэффициента отражения и поглощения от условий синтеза;
- проведена апробация материалов и показана их перспективность применительно к созданию радиопоглощающих материалов для элементов конструкции и приборов СВЧ-электроники.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- применительно к проблематике диссертации результативно использован комплекс экспериментальных методик и современных методов исследования, обеспечивший получение обладающих новизной результатов;

- изучены термические превращения в прекурсорах нанокompозитов на основе разных полимеров и нитратов трех металлов одновременно, что позволило предложить механизм формирования наночастиц FeCoNi;

- изучено влияние на состав и структуру нанокompозитов FeCoNi/C основных условий процесса синтеза (температура ИК-нагрева, тип полимера, соотношение концентраций металлов между собой), что важно как теоретических основ технологических разработок, так и для их практической реализации;

- представлен значительный объем экспериментальных данных, позволяющий выявить взаимосвязь условий синтеза, структуры и состава нанокompозитов и их функциональных свойств, что в перспективе может позволить разработать модели процесса формирования сложносоставных композиционных наноматериалов в процессе пиролиза металлоорганических гибридных прекурсоров.

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

- Разработаны основы технологии получения металлоуглеродных нанокompозитов FeCoNi/C на основе различных полимеров (полиакрилонитрила, поливинилового спирта) и нитратов солей соответствующих металлов с использованием ИК-нагрева, что открывает возможность использования нового класса наноматериалов для различных областей применения, в т.ч. для радиоэлектроники.

- Установлена возможность управления магнитными, электромагнитными и радиопоглощающими свойствами нанокompозитов FeCoNi/C путем выбора полимера, температурного режима синтеза, соотношения металлов в прекуроре, ИК-нагрева. Проведено сравнение свойств МУНК, синтезированных на основе различных полимеров, и сделаны рекомендации по их использованию.

- Созданы демонстрационные образцы радиопоглощающих материалов, в которых в качестве дисперсного компонента наполнителя используется FeCoNi/C и показана эффективность его использования в СВЧ-приборах (усилитель-клистрон).

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- результаты экспериментов и исследований свойств нанокompозитов выполнены на сертифицированном оборудовании, получены с помощью стандартных методик и подтверждаются с помощью различных методов исследования структуры и свойств металлоуглеродных нанокompозитов FeCoNi/C;

- расчеты выполнены с помощью общеизвестных и признанных методов и программных комплексов, полученные данные коррелируют с результатами литературных источников;

- обоснованность основных положений и выводов диссертационной работы подтверждается расчетами, воспроизводимостью результатов эксперимента, применением современных методов исследований (РФА, ТГА и ДСК, электронная микроскопия, КР- и мессбауэровская спектроскопия, магнитометрия и импедансометрия), согласованием полученных результатов с литературными данными, а также практической апробацией, подтвержденной актом использования.

Личный вклад соискателя:

Автором выполнен анализ современного состояния в области получения наночастиц материалов и применения данных материалов, совместно с научным руководителем выбраны направления исследования, сформулированы задачи и намечены пути их решения. Соискатель разработал методики синтеза нанокомпозитов с использованием различных полимеров и синтезировал большое количество образцов нанокомпозитов FeCoNi/C. Результаты, составившие основу диссертации, получены лично автором или при его определяющем участии. Автор принимал участие в исследованиях и непосредственное участие в обработке и интерпретации результатов исследований, формулировке выводов по проделанной работе.

Соискатель представил 2 опубликованные работы в рецензируемых научных изданиях из перечня, утвержденного Минобрнауки России, из которых 1 - в базах данных Web of Science, Scopus.

Пункт 2.6 Положения присуждения ученой степени кандидата наук, ученой степени доктора наук НИТУ «МИСиС» соискателем ученой степени не нарушен.

Диссертация Казаряна Тиграна Месроповича соответствует критериям п. 2 Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ «МИСиС», так как в ней на основании выполненных автором исследований решен ряд задач, имеющих существенное значение в области наноматериалов и нанотехнологий для электроники и радиоэлектроники в части создания технологических основ получения высокоэффективных радиопоглощающих материалов СВЧ-диапазона. Полученные в работе результаты имеют важное научное значение и являются перспективными в решении практических задач.

Экспертная комиссия приняла решение о возможности присуждения Казаряну Тиграну Месроповичу ученой степени кандидата технических наук по специальности

05.27.06 – «Технология и оборудование для производства полупроводников, материалов и приборов электронной техники».

Результаты голосования: при проведении тайного голосования экспертная комиссия в количестве 4 человек, участвовавших в заседании, из 5 человек, входящих в состав комиссии, проголосовала: за 4, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель Экспертной комиссии



подпись

В.Г. Костишин

10.02.2022 г.