



УТВЕРЖДАЮ

Ректор Белорусского национального
технического университета

С.В.Харитончик

« 24 » мая 2023

ОТЗЫВ

оппонирующей организации – Белорусского национального технического университета на диссертационную работу Пеньялоса Овальес Дейвис Исаиас «Композиционные материалы на основе оксидов алюминия и железа для защиты СВЧ устройств от электромагнитного излучения», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.27.06 – технология и оборудование для производства полупроводников, материалов и приборов электронной техники

Экспертиза диссертации проводилась в соответствии с требованиями «Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий», утвержденного Указом Президента Республики Беларусь от 17.11.2004 № 560 (в ред. Указа Президента Республики Беларусь от 02.06.2022 № 190), и «Положения о совете по защите диссертаций», утвержденного постановлением Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь от 22.02.2005 № 19 (в ред. постановления ВАК от 19.08.2022 № 2).

Диссертация Пеньялоса Овальес Дейвис Исаиас выполнена в учреждении образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» под научным руководством доктора технических наук, доцента Тумиловича Мирослава Викторовича.

Тема диссертации соответствует приоритетным направлениям научных исследований Республики Беларусь, в частности пункту 4 «Машиностроение, машиностроительные технологии, приборостроение и инновационные материалы» перечня приоритетных направлений научной, научно-технической и инновационной деятельности на 2021-2025 гг., утвержденным Указом Президента Республики Беларусь №156 от 07.05.2020.

1. Соответствие содержания диссертации заявленной специальности и отрасли науки

Одним из важнейших вопросов современного физического материаловедения является создание композиционных материалов в том числе, обеспечивающих снижение радиолокационной заметности различных объектов электроники путем создания радиопоглощающих материалов,

покрытий и экранов на их основе, эффективно ослабляющих и поглощающих электромагнитные излучения (ЭМИ) в СВЧ – диапазоне (0,5 ГГц – 30 ГГц). Такие композиционные материалы могут применяться при создании электромагнитных экранов для защиты приборов электронной техники от ЭМИ в указанном диапазоне. Представленная на рассмотрение диссертация Пеньялоса О.Д.И. посвящена исследованиям в указанной выше важной области современной науки и технологий.

Содержание диссертации соответствует отрасли «технические науки» и специальности 05.27.06 – технология и оборудование для производства полупроводников, материалов и приборов электронной техники технической отрасли наук. Область исследования (разработка научных основ создания новых перспективных материалов для твердотельной электроники, нелинейной оптики, квантовой электроники, оптоэлектроники, радиотехники, техники СВЧ и других отраслей экономики республики) – соответствует пункту 5 паспорта специальности (исследование взаимодействия материалов, пленок и гетероструктур с электромагнитным излучением), а также пункту 14 (технология производства оборудования для изготовления полупроводников, материалов, приборов и компонентов электронной техники).

2. Научный вклад соискателя в решение научной задачи с оценкой его значимости

Основной целью диссертационного исследования являлось исследование закономерностей взаимодействия электромагнитного излучения с композиционными материалами, содержащими порошкообразные оксиды различного состава (в том числе оксид алюминия и оксид железа) и разработка на основе полученных материалов технологических маршрутов изготовления электромагнитных экранов и покрытий для защиты СВЧ устройств от электромагнитного излучения.

Представленные в диссертации результаты являются новыми и находятся в русле современных мировых тенденций разработки электромагнитных экранов из композиционных материалов.

Научная и практическая значимость результатов диссертационной работы определяется перспективностью их использования при разработке электромагнитных экранов, так как они обеспечивают снижение значений коэффициентов отражения и передачи электромагнитного излучения от $-2,0$ до $-18,0$ дБ и от $-10,0$ до $-30,0$ дБ соответственно в диапазонах частот $2,0 - 5,0$ ГГц, $11,0 - 17,0$ ГГц, и снижение до 2 раз дальности распространения электромагнитного излучения СВЧ-устройств. Разработанные композиционные покрытия с добавками оксида железа обеспечивают защиту СВЧ устройств от электромагнитных помех.

Публикации автора диссертации и содержание диссертационной работы демонстрируют, что Пеньялоса Овальес Дейвис Исаиас внес значимый научный вклад в успешное решение поставленной научной задачи и получил результаты, важные для понимания исследуемых процессов и перспективные для возможного практического использования.

3. Конкретные научные результаты, за которые соискателю может быть присуждена искомая ученая степень

Соискателю может быть присуждена ученая степень кандидата технических наук за получение следующих новых научных результатов:

экспериментально установленные зависимости изменения характеристик отражения и передачи электромагнитного излучения от состава композиционных материалов на основе порошкообразных оксидов алюминия, пропитанных водой или водными растворами электролитов (CaCl_2) при их содержании до 20 об. %, и разработку технологических маршрутов изготовления из этих материалов электромагнитных экранов, обеспечивающих снижение коэффициента передачи на 2,0 – 5,0 дБ в диапазоне частот 12,0 – 17,0 ГГц, снижение коэффициента отражения на 1,0 – 4,0 дБ в диапазонах частот 6,0 – 9,5 ГГц и 12,5 – 17,0 ГГц за счет увеличения удельной электропроводности, а также снижение коэффициента отражения от -2,0 до -18,0 дБ в диапазоне частот 0,7 – 17,0 ГГц при условии закрепления таких экранов на металлических подложках, что позволяет применять их для защиты помещений, используемых для настройки или тестирования СВЧ устройств;

установленный эффект изменения характеристик отражения и передачи электромагнитного излучения в диапазоне частот 0,7 – 17,0 ГГц композиционных материалов на основе железо-бариевых ферритов М-типа при введении в их состав порошков оксидов алюминия (при соотношении ферритов и оксидов алюминия 30 об.% и 20 об.%, соответственно), обеспечивающий возможность снижения на 2,0 – 7,0 дБ коэффициента отражения в диапазонах частот 0,7 – 2,0 ГГц и 8,0 – 11,0 ГГц при условии нанесения таких материалов на металлические подложки, и снижение на 1,0 – 10,0 дБ их коэффициента передачи в диапазоне частот 0,7 – 17 ГГц (исключая частоты 0,8 ГГц, 0,9 ГГц и 1,2 ГГц) за счет снижения волнового сопротивления таких материалов, а также снижения до 1,5 раз удельной массы, что позволяет использовать такие экраны для обеспечения электромагнитной совместимости СВЧ устройств;

предложенный и экспериментально подтвержденный способ улучшения за счет явления естественного ферромагнитного резонанса экранирующих свойств (снижение коэффициентов отражения (от -2,0 до -18,0 дБ) и передачи

(от -10,0 до -30,0 дБ) электромагнитного излучения) композиционных материалов и покрытий на основе порошков оксидов алюминия (электрокорунд, глинозем) путем введения до 20 об.% порошков Fe_2O_3 , обеспечивающий снижение до 2 раз дальности распространения электромагнитного излучения СВЧ устройств в воздушной среде.

4. Рекомендации по практическому использованию результатов диссертации

Результаты диссертационной работы представляются перспективными для применения при создании электромагнитных экранов, так как предложенные материалы обеспечивают снижение значений коэффициентов отражения и передачи электромагнитного излучения от -2,0 до -18,0 дБ и от -10,0 до -30,0 дБ соответственно в диапазонах частот 2,0 – 5,0 ГГц, 11,0 – 17,0 ГГц, и снижение до 2 раз дальности распространения электромагнитного излучения средств вычислительной техники. Разработанные композиционные покрытия с добавками оксида железа обеспечивают защиту СВЧ устройств от электромагнитных помех и могут иметь практическое применение при решении ряда прикладных проблем современных СВЧ устройств.

5. Замечания и предложения по диссертации

1. Имеется ряд замечаний по терминологии. В диссертационной работе используется термин «алюмооксид», в то время как общепринятыми являются термины «алюмооксидная керамика», но оксид алюминия. Использование в работе термина «модификация» не соответствует его традиционному материаловедческому толкованию – в диссертации имеется в виду применение добавок, причем в значительных количествах.

2. В главе 3, разделы 3.1 и 3.2, представлены результаты исследования коэффициентов передачи и отражения электромагнитного излучения композиционных материалов, содержащих порошкообразный электрокорунд, который находится в состоянии свободной насыпки. Однако в диссертации не приведены сведения о возможном влиянии пористости на результаты экранирования.

3. В диссертации отсутствуют сведения о том, каким образом влияют свойства исходных порошкообразных материалов на конечные свойства композиционных материалов.

4. В тексте диссертации отсутствуют сведения об условиях съемки при рентгенофазовом анализе, о точности измерений коэффициентов отражения и передачи на используемом оборудовании, присутствует ряд опечаток.

Вместе с тем указанные замечания не влияют на качество и значимость диссертационной работы.

6. Соответствие научной квалификации соискателя ученой степени, на которую он претендует

Применение современных методов исследования, высокий научный уровень диссертационной работы, качественное ее оформление в полном соответствии с требованиями ВАК, новизна полученных результатов, публикации в рецензируемых журналах, теоретическая и практическая значимость полученных результатов дают основание утверждать о соответствии научной квалификации Пеньялоса О.Д.И. ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.27.06 – технология и оборудование для производства полупроводников, материалов и приборов электронной техники.

Диссертационная работа Пеньялоса О.Д.И. представляет собой самостоятельно выполненное законченное научное исследование и соответствует всем требованиям Высшей аттестационной комиссии, предъявляемым к диссертациям, а ее автор, заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук.

Отзыв составлен на основании заключения эксперта – Талако Татьяны Леонидовны, доктора технических наук, профессора.

Отзыв обсужден после заслушивания доклада соискателя и его ответов на вопросы на расширенном заседании кафедры порошковой металлургии, сварки и технологии материалов БНТУ, проведенного в соответствии с приказом ректора от 10.05.2023 № 341, и утвержден открытым голосованием (присутствовало 15 человек, в том числе 6 докторов и 4 кандидата наук). Протокол заседания научного собрания от 17 мая 2023 г. № 09. Отзыв принят открытым голосованием. В голосовании участвовали члены научного собрания, имеющие ученые степени.

Результаты голосования:

За – 10.

Против – нет.

Воздержались – нет.

Председатель научного собрания

Ф.И. Пантелеенко

Секретарь научного собрания

Н.И. Урбанович

Эксперт оппонировавшей организации

Т.Л. Талако

230523