

## **Отзыв**

официального оппонента на диссертационную работу

Пеньялоса Овальес Дейвис Исаиас

«Композиционные материалы на основе оксидов алюминия и железа для защиты СВЧ устройств от электромагнитного излучения», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.27.06 – технология и оборудование для производства полупроводников, материалов и приборов электронной техники

### **1. Соответствие диссертации специальности и отрасли науки, по которым она представляется к защите**

В диссертационной работе Пеньялоса Овальес Дейвис Исаиас изучены вопросы создания композиционных материалов на основе диэлектрических порошков (электрокорунд, оксиды железа, ферриты и др.) и элементов электромагнитных экранов на их основе, предназначенных для снижения мощности электромагнитного излучения (ЭМИ) в части СВЧ-диапазона, который довольно интенсивно используется в современной технике.

Содержание диссертации соответствует отрасли наук - технические и специальности 05.27.06 – технология и оборудование для производства полупроводников, материалов и приборов электронной техники, 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), и 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. Актуальность темы диссертации**

Тема диссертации соответствует приоритетным направлениям фундаментальных и прикладных научных исследований Республики Беларусь на 2021-2025 годы, содержащимся в Указе Президента Республики Беларусь №156 от 07.05.2020, раздел 4: «Машиностроение и инновационные материалы: композиционные и многофункциональные материалы».

Композиционные материалы, благодаря своим широким возможностям, нашли применение в различных областях производства, технологии и науки, в

том числе для создания электромагнитных экранов и радиопоглопителей. Особенности условий применения электромагнитных экранов в различных областях определяют актуальность поиска и разработки новых материалов с высокой эффективностью и улучшенными эксплуатационными и механическими характеристиками, которые могут применяться, например, при строительстве защищенных помещений, нанесении покрытий на строительные конструкции или корпуса электрооборудования, а тема диссертационного исследования представляет научный и практический интерес.

### **3. Степень новизны результатов, научных положений, которые выносятся на защиту диссертации**

Научная новизна результатов, представленных в диссертационной работе, заключается в следующем:

1. Исследованы закономерности изменения характеристик отражения и передачи ЭМИ в диапазоне частот 0,7–17,0 ГГц порошкообразными алюмооксидами (электрокорунд, глинозем на основе  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ ) при формировании смеси с диэлектриками (вода, кварцевый песок, диоксид титана, оксид железа  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) и показано, что на основе таких материалов могут быть получены слои электромагнитных экранов, обеспечивающие коэффициент передачи ЭМИ от -3 до -16 дБ и коэффициент отражения до -16 дБ.

2. Установлены зависимости характеристик отражения и передачи электромагнитного излучения в диапазоне частот 0,7 – 17,0 ГГц композиционными материалами на основе порошкообразных алюмооксидов с ферритами от вида и концентрации и показано, что формирование слоя материала на основе смеси алюмооксид : феррит состава  $\text{BaO}_6 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 - 3:2$  обеспечивает снижение на 2,0–7,0 дБ коэффициента отражения электромагнитного излучения в диапазонах частот 0,7 – 2,0 ГГц и 8,0 – 11,0 ГГц по сравнению с другими видами ферритов.

3. Показано, что формирование слоя толщиной 3 мм на основе порошкообразных  $\text{Al}_2\text{O}_3$  с  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  в связующем в объемном соотношении 3:2:5 на металлической подложке позволяет снизить ее коэффициент отражения менее -10 дБ в диапазоне частот 3,3–4,75 ГГц, за счет формирования условий резонансного подавления отраженных волн в этом диапазоне.

### **4. Обоснованность и достоверность выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Обоснованность и достоверность выводов, сформулированных в

диссертации, подтверждается применением современных апробированных научных методов исследований и оборудования, непротиворечивостью результатов экспериментов, проведенных в соответствии со стандартизированными методиками и хорошо согласуются с известными результатами других авторов. Подготовленные на основе проведенных исследований материалы, представленные в научные журналы и на научные конференции, получили положительные рецензии специалистов и опубликованы в печатных изданиях.

## **5. Научная, практическая, экономическая и социальная значимость результатов**

*Научная значимость* результатов работы заключается в установлении зависимостей коэффициентов передачи и отражения ЭМИ в диапазоне частот 0,7–17,0 ГГц композиционными материалами на основе порошкообразных алюмооксидов с добавками диэлектрических и магнитных компонентов от их вида, свойств и концентрации, а также разработке электромагнитных экранов и их элементов на основе таких материалов с коэффициентом передачи до -40 дБ, коэффициентом отражения до -18,0 дБ, характеризующихся сниженной массой и трудновоспламеняемостью по сравнению с аналогами.

*Практическая значимость* результатов работы заключается в разработке прототипов технологических маршрутов получения электромагнитных экранов из исследованных композиционных материалов на основе порошкообразных алюмооксидов, обеспечивающих снижение до 2 раз дальности распространения ЭМИ приборов электронной техники, что представляются перспективным при разработке средств защиты СВЧ устройств от электромагнитного излучения.

*Экономическая значимость* полученных результатов заключается в развитии технологии получения диэлектрических материалов с применением доступных по стоимости и несложных технологических операций, на основе доступного и дешевого сырья, что позволяет снизить стоимость получаемых электромагнитных экранов.

*Социальная значимость* работы состоит в использовании полученных результатов в подготовке инженеров и исследователей, обладающих современными знаниями об экранах электромагнитного излучения, технологии их получения и возможности их применения для защиты помещений, персонала и аппаратуры от электромагнитного излучения в широком диапазоне частот.

## **6. Полнота опубликования основных положений, результатов**

## **диссертации в научной печати**

Изложенные в диссертационной работе материалы, основные положения и выводы получены соискателем самостоятельно или при его непосредственном участии и опубликованы в 14 научных работах. В их числе 3 статьи в рецензируемых научных журналах в соответствии с требованиями ВАК Республики Беларусь и в иностранных научных изданиях, 5 статей в других рецензируемых изданиях, 2 статьи в сборниках материалов научных конференций, 3 тезиса докладов конференций, получен 1 патент Республики Беларусь на полезную модель.

Материалы, опубликованные в перечисленных работах, и личный вклад в них соискателя достаточно полно отражают научные и практические результаты диссертации.

## **7. Соответствие оформления диссертации требованиям ВАК**

Оформление диссертации и автореферата соответствует Инструкции о порядке оформления диссертации, автореферата диссертации и публикаций по теме диссертации, утвержденной Постановлением Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь от 28.02.2014 №3.

Автореферат полностью соответствует содержанию диссертационной работы, включает выводы и положения, которые выносятся на защиту.

## **8. Соответствие научной квалификации соискателя ученой степени, на которую он претендует**

Анализ содержания диссертации и автореферата, включая степень новизны полученных результатов и защищаемых положений, обоснованность и достоверность выводов и рекомендаций, научную и практическую значимость работы, полноту опубликованности результатов в научной печати, позволяет сделать вывод о соответствии научной квалификации Пеньялоса Овальес Дейвис Исаиас ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.27.06 – технология и оборудование для производства полупроводников, материалов и приборов электронной техники.

## **9. Недостатки диссертационной работы**

В качестве недостатков диссертационной работы можно отметить следующие:

1. В тексте присутствуют некорректные формулировки и выражения:

- наименование п.2.4 – Влияние материалов на уровень электромагнитного излучения приборов электронной техники. Из результатов измерений (рисунок

4.6) становится ясно, что речь идет о снижении дальности распространения электромагнитного излучения, а не о самом уровне излучения;

- в главе 1 на стр.29 приведена фраза «Эффективность экранирования ЭМИ ...характеризуется коэффициентом отражения R», что представляется несправедливым, так как эффективность экранирования является показателем, определенным ГОСТ, и характеризуется отношением напряженностей ЭМ поля в точке без экрана и с экраном, измеряемым в дБ;

- «..изготовление композиционных покрытий..» (например, с.106).

2. В научных результатах (заключение) п.2 указано соотношение алюмооксид : ферриты 30% : 20%, при этом не указано, что составляет оставшиеся 50%.

3. Из описания методики п.2.4 неясно, почему в используемом приборе отсутствует индикация излучения при помещении в экранированный объем, ведь излучение внутри экранированного объема присутствует. Вероятно, в описании методики упущено наличие отражающего объекта, создающего отраженный сигнал.

4. Для приведенных результатов измерения коэффициентов передачи и отражения не указаны толщина слоев материалов и насыпная плотность порошков, не для всех образцов приведены концентрации.

5. В разделе 3.3.1 в качестве элемента экрана указано композиционное покрытие, однако из текста неясно, о каком именно покрытии идет речь.

6. В тексте используются выражения «поверхностный слой», «наружный слой», «согласующий слой» в отношении к расположению слоев в многослойных конструкциях экранов, однако нет общей схемы с названиями слоев и их назначением.

7. Раздел 3.4.1 назван «модификация состава композиционного покрытия», хотя на самом деле в нем идет речь о формировании конструкции из нескольких слоев разных материалов. Целесообразно было бы привести фото полученной конструкции.

8. В главе 4 не разъяснено, что имеется в виду под «Проверкой качества полученного композиционного покрытия» (рисунки 4.1, 4.2);

## **10. Заключение**

Диссертационная работа Пеньялоса Овальес Дейвис Исаиас «Композиционные материалы на основе оксидов алюминия и железа для защиты СВЧ устройств от электромагнитного излучения», представляет собой завершенную квалификационную работу, соответствует требованиям ВАК

Республики Беларусь и п.21 Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий.

Соискатель заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.27.06 – технология и оборудование для производства полупроводников, материалов и приборов электронной техники за новые научно обоснованные результаты, решающие важную научную задачу получения экранов электромагнитного излучения для защиты СВЧ устройств, включающие:

1. Экспериментально установленные зависимости характеристик отражения и передачи ЭМИ в диапазоне частот 0,7 – 17 ГГц композиционными материалами на основе порошкообразного электрокорунда с добавками диэлектриков (вода, кварцевый песок, диоксид титана, оксид железа  $Fe_2O_3$ ) от состава и концентрации добавок, что позволило предложить элементы электромагнитных экранов на основе таких материалов с коэффициентом передачи от -3 до -16 дБ и коэффициент отражения до -16 дБ и технологические маршруты их изготовления.

2. Экспериментально установленные закономерности изменения характеристик отражения и передачи ЭМИ в диапазоне частот 0,7 – 17,0 ГГц материалов на основе порошкообразных алюмооксидов с ферритами различного вида в различной концентрации, которые позволили предложить элемент электромагнитного экрана на основе смеси алюмооксид : феррит состава  $BaO_6 \cdot Fe_2O_3 - 3:2$  со сниженным на 2,0–7,0 дБ коэффициентом отражения электромагнитного излучения в диапазоне частот 8,0 – 11,0 ГГц по сравнению с другими видами ферритов с одновременным уменьшением в 1,5 раза массы на единицу площади.

3. Элемент электромагнитного экрана, полученный формированием композиционного материала на основе порошкообразных  $Al_2O_3$  с  $Fe_2O_3$  в связующем в объемном соотношении 3:2:5 в виде слоя толщиной 3 мм на металлической подложке, позволяет снизить ее коэффициент отражения менее -10 дБ в диапазоне частот 3,3-4,75 ГГц, за счет формирования условий резонансного подавления отраженных волн в этом диапазоне.

**Официальный оппонент:**

начальник научно-исследовательской  
лаборатории унитарного научно-внедренческого  
частного унитарного предприятия «НИИВТЭК»,  
д-р техн. наук, доцент  
25.05.2023

