

ОТЗЫВ

научного руководителя диссертации Болдырева Николая Алексеевича
«Ослабление отраженной СВЧ волны структурой планарного
метаматериала, содержащего тонкие пленки»,
представленной на соискание ученой степени кандидата физико-
математических наук
по специальности 1.3.4. Радиофизика.

Современное развитие технологий в области радиофизики и, в частности, совершенствование радиопоглощающих покрытий в СВЧ-диапазоне диктует необходимость создания новых материалов и структур, способных эффективно подавлять отражённое электромагнитное излучение. Причём такие структуры должны не только обеспечивать требуемый уровень ослабления сигнала, но и быть пригодными к практическому применению: иметь устойчивые характеристики, простую и воспроизводимую технологию изготовления, а также малые массогабаритные параметры. В этой связи актуальность диссертационного исследования Болдырева Николая Алексеевича не вызывает сомнений, так как оно направлено на решение важной прикладной задачи, представляющей интерес для таких областей, как оборонные технологии, беспроводная связь, радиолокация и системы ЭМС.

Работа Болдырева Н.А. посвящена всестороннему исследованию плоских метаструктур, включающих тонкопленочные поглотители и элементы метаматериалов, обеспечивающих направленное управление отражением и рассеянием СВЧ волн. Автором предложен и реализован комплексный подход к моделированию, изготовлению и экспериментальному изучению комбинированных металлодиэлектрических структур (МДС), способных эффективно снижать уровень отражённого сигнала в заданном диапазоне частот.

Считаю, что в диссертации Николаем Алексеевичем успешно решены ключевые научно-технические задачи, направленные на оптимизацию конструкции метаструктур для максимального поглощения и рассеяния энергии электромагнитной волны, включая подбор геометрических параметров и материалов слоев.

Основные научные результаты, полученные в рамках работы:

1. Разработана и экспериментально верифицирована новая концепция поверхностных структур, объединяющих в себе резонансные свойства метаматериалов и поглощающее поведение тонкопленочных покрытий. Данный подход позволил достичь высокого уровня ослабления сигнала без значительного увеличения толщины и массы конструкции.

2. Проведено систематическое исследование параметров металлodieлектрических пленок, включая проводимость, dieлектрическую проницаемость и толщину, и выявлены оптимальные условия для достижения максимального поглощения СВЧ-излучения в заданном частотном диапазоне.

3. На основе численного анализа и экспериментальных данных создано комбинированное покрытие, демонстрирующее:

- подавление отражённой волны до 97,8% на резонансных частотах (вблизи 19.5 ГГц);
- стабильное широкополосное ослабление сигнала в диапазоне 18–25 дБ;
- заметное снижение уровня бокового рассеяния, вплоть до его практически полного подавления, что важно для снижения радиолокационной заметности объектов.

Научная новизна диссертационной работы выражается в:

1. Впервые реализованном сочетании в единой структуре резонансных метаповерхностей и пленочных поглотителей с контролируемыми электрофизическими характеристиками;

2. Установлении устойчивых закономерностей влияния толщины проводящего слоя, его формы и топологии на характер взаимодействия с падающей электромагнитной волной;

3. Применении оригинальных численных моделей, учитывающих как ближнепольные взаимодействия между элементами массива, так и паразитные ёмкости, возникающие между сегментами проводящего рисунка, что обеспечивает более точную оценку характеристик устройства.

Методология исследования включала следующие этапы:

1. Трёхмерное моделирование электромагнитных процессов в средах с заданной сложной геометрией в программных комплексах CST Studio Suite и ANSYS HFSS;
2. Физическое изготовление опытных образцов разработанных структур с использованием фотолитографии и послойного нанесения материалов;
3. Проведение измерений частотных зависимостей коэффициентов отражения, прохождения и ослабления искусственных сред, а также диаграмм обратного рассеивания, полученных с использованием профессионального ВАЦ-оборудования;
4. Сопоставление результатов численного моделирования и экспериментальных данных, включая количественную оценку отклонений и причин расхождений.

Практическая значимость результатов:

Разработанные соискателем структуры могут быть использованы в реальных технических системах радиолокационного подавления, в покрытиях для снижения электромагнитной заметности различных объектов, включая летательные аппараты и наземную технику. Важными преимуществами разработок являются технологическая реализуемость, возможность масштабирования конструкции под конкретные задачи, стабильность параметров в диапазоне температур и частот, а также совместимость с существующими СВЧ-решениями.

Апробация и публикационная активность:

Основные результаты диссертационного исследования представлены в 9 рецензируемых научных изданиях, включая публикации в журналах, входящих в перечень ВАК, Scopus, RSCI. Результаты его исследований были представлены на всероссийских и международных конференциях. Отдельно стоит отметить личный вклад соискателя в формулировку научных задач, разработку методики исследований, а также в интерпретацию полученных данных и подготовку научных публикаций.

Оценка профессиональных и исследовательских компетенций:

Болдырев Николай Алексеевич проявил себя как самостоятельный, вдумчивый и технически подкованный исследователь, обладающий высоким уровнем знаний в области

радиофизики, численного моделирования, анализа СВЧ-структур и методов экспериментального контроля. Уверенно владеет специализированными программными средствами, демонстрирует широкий кругозор и способность к решению нестандартных научно-технических задач, а также аккуратность и настойчивость при доведении работы до практического результата.

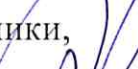
Заключение:

Диссертационная работа Болдырева Н.А. полностью соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, как по уровню проработки, так и по научной значимости результатов. Полученные в ходе работы материалы представляют ценность как для фундаментальных исследований в области взаимодействия СВЧ волн с метаструктурами, так и для создания прикладных устройств, отвечающих требованиям современной техники. Считаю, что Болдырев Николай Алексеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4. Радиофизика.

«01» 02 20 25 г.

Научный руководитель:
заведующий кафедрой радиофизики и электроники,
доктор физико-математических наук, доцент
Физико-технического института
КФУ им. В.И. Вернадского

гроники,
ИТ

 / Мазинов А.С. /

Контактная информация:

Республика Крым, г. Симферополь,
проспект Академика Вернадского, 4,
тел.: +7(3652) 60-80-70,
email: mazinov@cfuv.ru

