

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Болдырева Николая Алексеевича на тему:
«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

Актуальность темы диссертации и с научной, и с практической точки зрения очевидна: снижение радиолокационной заметности объектов и экранирование радиоэлектронной аппаратуры от электромагнитных помех связаны с необходимостью разработки эффективных радиопоглощающих и рассеивающих покрытий, в данном случае на основе планарных метаповерхностей. Использование периодических поверхностных наноструктур позволяет подойти к решению проблемы эффективного подавления паразитного обратного рассеяния радиопоглощающих покрытий.

Научная новизна результатов работы главным образом состоит в том, что автору удалось установить, что частотная характеристика двусоставных шахматных метаповерхностей является суперпозицией частотных свойств составляющих однонаправленных элементов. Это позволяет управлять полосой и глубиной ослабления обратно рассеянного излучения путём изменения симметрии элементарной ячейки и их пространственной ориентации. Автором также показано, что добавление резистивного нанометрового слоя к рассеивающей метаструктуре позволяет дополнительно ослабить нормальную составляющую отражённой волны и подавить боковые лепестки диаграммы рассеяния на углах 20° и 51° .

Значимость для науки и практики полученных результатов работы состоит в том, что автором разработаны электродинамические модели планарных метаповерхностей, позволяющие определять их частотные свойства и угловое распределение отраженных волн в зависимости от значений частотных коэффициентов. Кроме того, в работе предложена оптимальная форма комбинированного ослабляющего покрытия К-диапазона, состоящая из спиралевидных планарных метаструктур и поглощающих пленок алюминия, позволяющих ослаблять отраженную волну от -18 до -26 дБ.

Основные результаты работы опубликованы в 9 рецензируемых научных изданиях: из них 2 статьи в изданиях, реферируемых базами Scopus и Web of Science, 7 работ в журналах, рекомендованных ВАК; и были апробированы на профильных российских и международных научно-технических конференциях.

Автореферат написан понятным языком, изложенный материал в полной мере отражает, каким образом достигнута поставленная цель работы. Основные результаты работы соответствуют формуле и областям исследований

специальности 1.3.4. Радиофизика, а именно области: «Изучение линейных и нелинейных процессов излучения, распространения, дифракции, рассеяния, взаимодействия и трансформации волн в естественных и искусственных средах».

В качестве замечания отмечу следующее.

1. В 4-ой главе автор диссертации связывает максимумы коэффициента поглощения нанометровых алюминиевых плёнок при толщине 5-7 нм и поверхностном сопротивлении 300-400 Ом с формированием плёнки в виде отдельных островковых преципитатов без прямой гальванической связи между ними. Однако, это лишь гипотеза, не доказанная прямыми микроскопическими исследованиями (например, методами атомно-силовой или туннельной микроскопии). В автореферате такие данные отсутствуют, а вывод об островковом механизме делается на основе косвенных результатов - из зависимости $A(f)$ от поверхностного сопротивления (см. рис. 7).

2. В автореферате не обсуждается технологический процесс формирования плёнок (метод нанесения, скорость осаждения, требования к подложке и т.п.), хотя именно эти параметры определяют реальную морфологию островковой структуры и, соответственно, воспроизводимость заявленного максимума поглощения при переходе от образца к образцу.

3. Подписи к рис. 7 и 9 сформулированы некорректно. К примеру, на рис. 7 представлены частотные зависимости коэффициента поглощения металлических пленок для различных значений их поверхностного сопротивления, а не «Коэффициент поглощения ... в зависимости от ... поверхностного сопротивления».

Однако указанные замечания не влияют на научную новизну и не снижают практической значимости результатов работы, не затрагивают научных положений, выносимых на защиту.

Диссертация на тему «Ослабление отраженной СВЧ волны структурой планарного метаматериала, содержащего тонкие пленки», представленная на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4 - Радиофизика, является законченным самостоятельным исследованием, содержит новые научные результаты, имеет практическую значимость и соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор - Болдырев Николай Алексеевич, заслуживает присуждения указанной ученой степени.

«08» сентября 2026 г.

/Вишняков Н.В./

электронная почта: rcrm@rsreu.ru

/Вишняков Н.В./

/В.А. Богер/

