



**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ М.В. ЛОМОНОСОВА**

**Заключение диссертационного совета МГУ.013.6
по диссертации на соискание учёной степени кандидата наук**

Решение диссертационного совета от 10 ноября 2022 года № 16

О присуждении Ву Кириллу Тхе Чуеновичу, гражданину Российской Федерации 1993 года рождения, учёной степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Преобразование терагерцового излучения в электрический ток» по специальности 1.3.4. «Радиофизика» принята к защите 23 сентября 2022 года, протокол № 10, диссертационным советом МГУ.013.6.

Соискатель Ву Кирилл Тхе Чуенович в 2017 году окончил магистратуру физического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова по специальности «Физика» со специализацией «Радиофизика». С 2017 года по 2021 год обучался в очной аспирантуре Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова по специальности «Радиофизика». В период подготовки диссертации Ву К.Т.Ч. работал и по настоящее время работает в должности инженера-разработчика ООО «Лаборатория радиосвязи», 107023, город Москва, улица Электrozаводская, дом 27, строение 5, этаж 1, помещение II.

Диссертация выполнена в лаборатории беспроводной передачи энергии и микроволновой электроники на кафедре фотоники и физики микроволн физического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова

Научный руководитель — Саввин Владимир Леонидович, кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры фотоники и физики микроволн физического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Официальные оппоненты:

Корженевский Александр Владимирович, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории математических методов в радиофизике и биомедицине Института радиотехники и электроники имени В.А. Котельникова Российской академии наук (ИРЭ РАН),

Шешин Евгений Павлович, доктор физико-математических наук, профессор, заместитель заведующего кафедрой вакуумной электроники факультета физической и квантовой электроники Московского физико-технического института (национального исследовательского университета),

Макаров Валерий Николаевич, доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры биокрибернетических систем и технологий Института искусственного интеллекта МИРЭА — Российского технологического университета, —

дали положительные отзывы на диссертацию.

Соискатель имеет 16 опубликованных работ, все по теме диссертации, из них 7 научных публикаций в рецензируемых научных изданиях, удовлетворяющих Положению о присуждении ученых степеней в МГУ имени М.В. Ломоносова и рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальности 1.3.4. «Радиофизика». Все представленные в работе результаты получены автором лично или при его определяющем участии:

1. **Ву К.Т.Ч.**, Егоров Р.В., Михеев Д.А., Саввин В.Л., *Модель решетки спиралеобразных ректени, обладающих круговой диаграммой направленности* // Известия Российской

- академии наук. Серия физическая. — 2015. — Т. 79, № 12. — С. 1687–1690. **IF = 0,628 (РИНЦ).**
2. Казарян Г.М., **Ву К.Т.Ч.**, Саввин В.Л., Пеклевский А.В., *Перспективы преобразования солнечного излучения в терагерцовом и инфракрасном диапазонах* // Космонавтика и ракетостроение. — 2017. — № 2 (95). — С. 70–77. **IF = 0,269 (РИНЦ).**
 3. **Ву К.Т.Ч.**, Казарян Г.М., Саввин В.Л., *Процессы при преобразовании терагерцового излучения в электрический ток* // Известия Российской академии наук. Серия физическая. — 2019. — Т. 83, № 1. — С. 46–49. **IF = 0,628 (РИНЦ).**
 4. **Ву К.Т.Ч.**, Казарян Г.М., Саввин В.Л., *Детектирование терагерцового излучения при помощи ректенн* // Известия Российской академии наук. Серия физическая. — 2020. — Т. 84, № 1. — С. 73–76. **IF = 0,628 (РИНЦ).**
 5. **Ву К.Т.Ч.**, Казарян Г.М., Саввин В.Л., *Моделирование структур типа металл-диэлектрик-металл для детектирования терагерцового излучения* // Известия Российской академии наук. Серия физическая. — 2021. — Т. 85, № 1. — С. 85–90. **IF = 0,628 (РИНЦ).**
 6. **Ву К.Т.Ч.**, Казарян Г.М., Саввин В.Л., *Планарные антенные решетки со спиралевидными элементами для терагерцовой ректенны* // Журнал радиоэлектроники [электронный журнал]. — 2021. — № 2. DOI: 10.30898/1684-1719.2021.2.5. **IF = 0,368 (РИНЦ).**
 7. **Ву К.Т.Ч.**, Зиненко А.С., Казарян Г.М., Саввин В.Л., *Терагерцовая ректенная решетка с объединением элементов вне плоскости расположения антенн* // Журнал радиоэлектроники [электронный журнал]. — 2021. — № 5. DOI: 10.30898/1684-1719.2021.5.3. **IF = 0,368 (РИНЦ).**

На автореферат диссертации поступило 4 отзыва, все положительные.

Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что они являются специалистами в области радиофизики и имеют публикации по тематике диссертации. Указанные оппоненты не имеют совместных проектов и публикаций с соискателем.

Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований впервые изучены физические характеристики терагерцовой антенны в виде квадратной спирали, обладающая несколькими узкими резонансами и высокой степенью равномерности диаграммы направленности на этих резонансах, исследованы новые схемы построения антенной решетки для терагерцовой ректенны с объединением элементов для повышения эффективности преобразования, впервые предложена модель расчета выпрямляющего элемента терагерцовой ректенны на примере одномерного МДМ-диода при помощи метода конечных элементов в формализме неравновесной функции Грина.

Результаты диссертации могут быть использованы в МГУ имени М.В. Ломоносова и других высших учебных заведениях в основных образовательных программах при создании новых и обновлении имеющихся материалов учебных курсов. Внедрение результатов работы позволит создавать терагерцовые антенны для применения в устройствах сбора энергии с высокой равномерностью диаграммы направленности, а также для изготовления узкополосных детекторов терагерцового излучения. Предложенная автором модель выпрямляющего элемента может использоваться для расчета одномерных терагерцовых диодов типа металл-диэлектрик-металл и структур со сходным механизмом переноса заряда.

Диссертация представляет собой самостоятельное законченное исследование, обладающее внутренним единством. Положения, выносимые на защиту, содержат новые научные результаты и свидетельствуют о личном вкладе автора в науку. Получено, что:

1. Использование в терагерцовых ректенных антенн в виде квадратной спирали позволяет добиться на рабочей частоте, выбранной 20,54 ТГц, узкой ширины резонанса ($\Delta f/f = 2,34 \cdot 10^{-6}$) и высокой равномерности диаграммы направленности (перепад не более 0,2 дБ на низшей моде).
2. Решетки антенн с соединением элементов в плоскости решетки с минимизацией длин соединительных дорожек позволяет достичь увеличения напряжения на выходе антенной решетки не хуже кратного числу антенных элементов в решетке. При добавлении в решетку антенных элементов можно добиться сохранения рабочей частоты и равномерности диаграммы направленности при помощи оптимизации длин соединительных дорожек.
3. Расположение соединительных проводников вне плоскости антенны позволяет единообразно добавлять элементы в антенную решетку, независимо от их количества. Использование такого способа построения решетки также ведет к более предсказуемому поведению характеристик получаемой структуры.
4. Решения задачи на собственные значения, возникающей при моделировании МДМ-диодов методом конечных элементов в формализме неравновесной функции Грина, близко соответствуют пикам зависимости коэффициента пропускания от энергии, что может быть использовано при расчете вольт-амперной характеристики МДМ-диодов при проведении численного интегрирования по энергии.

На заседании 10 ноября 2022 года диссертационный совет принял решение присудить Ву Кириллу Тхе Чуеновичу учёную степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве **15** человек, из них **5** докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из **22** человек, входящих в состав совета, проголосовали: «за» — **15**, «против» — **нет**, недействительных голосов — **нет**.

Председатель
диссертационного совета МГУ.013.6
доктор физико-математических наук,
профессор

Салецкий Александр Михайлович

Учёный секретарь
диссертационного совета МГУ.013.6
доктор физико-математических наук,
доцент

Косарева Ольга Григорьевна

Дата оформления заключения: 10 ноября 2022 года.