

ОТЗЫВ

Доктора физико-математических наук, профессора, Тарана Владимира Николаевича, на диссертацию Черепанова Владимира Владимировича "Электродинамический анализ плазмонных устройств на основе графена в ТГц и ИК диапазоне", представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4 – Радиофизика.

Актуальность. Телекоммуникационные системы непрерывно развиваются потому что увеличивается объем передаваемой информации, что требует от оборудования и сетей связи расширения диапазона частот. В терагерцовом (ТГц) диапазоне многие традиционные материалы являются диэлектриками, а потому их использование в качестве проводников ограничено. Поэтому применение графена открывает широкие перспективы в создании генераторов, модуляторов, преобразователей частоты, дифракционных решеток и другой аппаратуры. Свойства графена таковы, что он обладает высокой проводимостью, вследствие подвижности носителей заряда в ТГц диапазоне, высокой нелинейностью, которой легко можно управлять, меняя внешнее электрическое поле, и способен поддерживать распространение на границе графена и подложки сверх поляризованного поверхностного плазмон-поляритона.

Проектирование и внедрение графеновой электроники значительно сдерживается отсутствием программных продуктов. Существующие коммерческие проекты не в состоянии производить расчеты в ТГц диапазоне в силу значительного количества конечных элементов. Дело в том, что в графеновой электронике не работает принцип масштабируемости. Поэтому необходимо нарабатывать новые подходы к расчету свойств и характеристик устройств на основе графена. Общеизвестно, что уменьшение объема вычислений можно достичь на пути использования симбиоза численных и аналитических методов. Данная работа направлена на решение этой актуальной задачи.

Автор успешно продвинулся в достижении сформулированной цели, и получил **новые научные результаты**, среди которых логично выделить два основополагающих:

1. Синтез математической модели численно-аналитического характера, основанного на базисных полиномах Лежандра и Гегенбаура, а также интегральных парных сумматорных уравнений с использованием импедансных граничных условий.
2. Предложена новая математическая модель решения нелинейной задачи дифракции для графена, основанная на методе возмущения.

Достоверность основных результатов и выводов диссертации.

Обоснованность и достоверность полученных результатов зиждется на строгой постановке электродинамической задачи и верификации решения путем сравнения с другим решением, полученным в результате использования метода объемных интегральных уравнений

Публикации. Диссертация широко освещена в публичном пространстве и содержит 24 научных работы, включая 5 работ в журналах из перечня ВАК по профилю специальности.

Личный вклад автора. Личный вклад автора достаточно весом, а потому можно утверждать, что диссертация соответствует требованиям самостоятельного выполнения квалификационной работы.

Основные результаты и положения, выносимые на защиту в полной мере, отвечают паспорту специальности 1.3.4. Радиофизика по пунктам 1, 2 и 6.

Недостатки работы. В формулах описывающих метод возмущения для дифракционной решетки графена не учитывается инерционность процессов. Эта инерционность обусловлена наличием электрического и магнитного полей и проявляется в появлении дополнительного набега фазы между плотностью тока и напряженностью электрического поля (формула (1.8) стр.34, (1.9) стр. 35, (2.26) и (2.27) стр. 70 и далее, где речь идет о нелинейных явлениях).

Методы численно-аналитического расчета, представленные в диссертации, не могут создать программные продукты для областей графена, имеющего некоординатные границы.

Отмечая данные недостатки, автор отзыва скорее хотел бы обратить внимание на важность решения этих вопросов. Поэтому указанные недостатки лежат за рамками проведенного исследования и не снижают научную ценность работы.

Общая оценка работы. По существу работы можно сделать несколько суждений. Свойства графена достаточно хорошо представлены в введении, в первой и второй главе. Показана физика линейного и нелинейного поведения графена и представлена проводимость для соответствующих случаев. При анализе процессов в линейном и особенно в нелинейном режиме автор ссылается на работы Михайлова [85, 86] (см. список литературы диссертации). Важно подчеркнуть, что нелинейное поведение графена подтверждается многочисленными экспериментальными данными [87, 89, 90] (см. список литературы диссертации). Далее автор исследовал поведение графена в форме прямоугольных лент с чередующимися диэлектрическими слоями и, используя полином Лежандра и Гегенбаура, обеспечивающих нули тока на краях лент, получил в результате систему линейных

алгебраических уравнений. Решение последних позволяет найти компоненты поля. Для учета импедансных граничных условий использованы полиномы Чебышева первого и второго рода.

Автореферат адекватно отражает основные положения и выводы диссертации. Подводя итог, можно с уверенностью заключить, что по совокупности признаков диссертационная работа Черепанова Владимира Владимировича соответствует требованиям, установленным Положением о присуждении ученых степеней в ФГАОУ ВО ЮФУ (приказ ЮФУ № 260-ОД от 30 ноября 2021), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Черепанов Владимир Владимирович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4 – «Радиофизика» (физико-математические науки).

«13» сентября 2023 года

Согласен на обработку моих персональных данных.

Профессор



В.Н. Таран

Доктор физ.-мат. наук (спец., 01.04.03-радиофизика.), профессор (уч. зв. *профессор связи на железнодорожном транспорте*). Профессор кафедры «Связь на железнодорожном транспорте» Федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Ростовский государственный университет путей сообщения» (ФГБОУ ВО РГУПС)

Официальный оппонент. Почтовый адрес (рабочий): 344038, Россия. г. Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, д. 2, кафедра «Связь на ж.д.т.» Телефон рабочий: +7 (863) 272-64-39 E-mail: vladitaran@ Rambler.ru

Подпись Таран В. Н.

УДОСТОВЕРЯЮ

Зам. Начальника управления делами
ФГБОУ ВО РГУПС

« 13 » 09 2023 г.



Э.Н. Кирсанова