

**ԵՐԵՎԱՆԻ ՊԵՏԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ
ՖԻԶԻԿԱՅԻ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ**

• ՀՀ, քաղաք Երևան, 0025, Ըլեր Մանուկյան 1 • Республика Армения, Ереван, 0025, Алека Манукяна 1 • 1 Alex Manoogian, 0025, Yerevan, Republic of Armenia (+374 60) 710 302 (Tel.), phys.inst@ysu.am, www.yasu.am

ՕՏՅԻՎ

члена диссертационного совета Сааряна Арама Азатовича на диссертацию Симакова Евгения Сергеевича на тему «Излучение пучков заряженных частиц в присутствии проводящих гофрированных структур с малым периодом», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4 Радиофизика

В диссертационной работе Е.С. Симакова исследуется излучение пучков заряженных частиц в присутствии проводящих гофрированных структур. При этом рассматривается такой частотный диапазон, в котором характерные длины волн много больше периода структуры. Данный частотный диапазон очень редко рассматривался в теории излучения заряженных частиц в периодических структурах (как правило, анализировалось излучение на длинах волн порядка или меньше периода). Между тем такое исследование представляет значительный интерес как для развития теории излучения заряженных частиц, так и для возможных приложений в ускорительной физике и технике. Таким образом, тема работы представляется актуальной.

В двух первых главах работы исследуется излучение пучка частиц в присутствии планарной гофрированной структуры с прямоугольным профилем, период которой считается малым по сравнению с длинами волн рассматриваемого частотного диапазона. Это требование позволяет описывать влияние структуры на электромагнитное поле с помощью известных из литературы эквивалентных граничных условий. Данные условия имеют существенно разный вид в случае мелкой гофры, глубина гофрирования которой много меньше типичных длин волн, и в случае глубокой гофры, для которой глубина гофрирования сопоставима с длинами волн. Первая ситуация рассмотрена в главе 1, а вторая – в главе 2.

В каждой из двух первых глав рассмотрены два случая: (1) случай движения тонкого пучка заряженных частиц вдоль структуры перпендикулярно направлению гофрирования и (2) случай движения тонкого пучка заряженных частиц перпендикулярно плоскости структуры. Таким образом, первые две главы содержат решение четырех различных задач. Во всех задачах построены точные решения (в рамках рассматриваемого приближения) в виде сложных кратных интегралов и проведено их асимптотическое исследование. Изучено поведение поля в волновой области, проанализированы потери энергии пучка на излучение. Аналитические результаты сопровождаются подробными численными расчетами, представленными на графиках.

Как показано в главах 1 и 2, при движении пучка вдоль структуры в рассматриваемом (относительно низкочастотном) диапазоне генерируются только поверхностные волны. В случае движения заряда ортогонально плоскости структуры генерируются как поверхностные волны, так и объемное излучение. В обоих случаях оказалось, что по форме импульса поверхностного излучения можно судить о распределении зарядов в пучке. Было показано, что это соответствие наиболее ярко выражено в случае гофры с относительно малой глубиной. Данные результаты создают теоретическую основу для разработки новой методики диагностики пучков частиц.

В третьей главе анализируется излучение пучка заряженных частиц, движущегося по оси цилиндрического волновода с глубоко гофрированной стенкой, которая описывается с помощью эквивалентных граничных условий. При анализе случая бесконечного волновода показано, что излучение состоит из бесконечного числа симметричных поперечно магнитных волноводных мод. Оно образует волновое кильватерное поле позади движущегося заряда. Показано, что амплитуда основной моды этого поля сопоставима с амплитудой моды в волноводах с цилиндрическим диэлектрическим слоем. Поэтому гофрированные волноводы могут рассматриваться как альтернатива волноводам с цилиндрическими диэлектрическими слоями, которые используются в методе кильватерного ускорения заряженных частиц.

Далее в главе 3 исследуется дифракция симметричной поперечно магнитной моды на открытом конце цилиндрического глубоко гофрированного волновода с фланцем.

Подобные задачи (с открытым концом того или иного волновода) относятся к числу наиболее сложных задач теории дифракции. Отраженное от открытого конца волновода поле представлено в виде суммы волноводных мод. Аналитическое исследование проводится с помощью метода Винера-Хопфа-Фока. Получаемая бесконечная система уравнений решается методом редукции. Для поля вне волновода получены и исследованы интегральные представления. В качестве результатов финального численного расчета представлены типичные диаграммы направленности. На основании данных результатов можно сказать, что гофрированный волновод с открытым концом может рассматриваться как эффективный излучатель во внешнее пространство, причем путем изменения параметров структуры можно в значительной степени менять диаграмму направленности излучения.

Стоит подчеркнуть, что ранее в научной литературе излучение частиц в относительно длинноволновом диапазоне (о котором идет речь в диссертации) рассматривалось очень редко. В диссертации решено несколько не исследованных ранее задач теории излучения в периодических структурах, и все основные результаты работы являются новыми. В работе используются надежные аналитические методы (как строгие, так и асимптотические), известные в радиофизике, теоретической физике и математике. Результаты работы хорошо обоснованы, их достоверность не вызывает сомнений.

Научная значимость работы обусловлена тем, что в ней решен ряд новых задач теории излучения заряженных частиц, а полученные результаты существенно расширяют знания о процессах излучения при наличии периодических структур.

Значимость результатов работы для приложений заключается, во-первых, в том, что, как показано автором, планарные системы с относительно малым периодом гофрирования могут использоваться для разработки неразрушающего метода диагностики пучков частиц (определения их размеров и формы). В работе также показано, что рассмотренные волноводные структуры перспективны для применения в методе кильватерного ускорения заряженных частиц. Такие структуры с открытым концом могут быть использованы и как излучатели во внешнее пространство.

Мои замечания относительно содержания статьи заключаются в следующем.

1. Было бы желательно, хотя бы вкратце, остановиться на влиянии поперечных размеров пучка на характеристики излучения.
2. Было бы интересно обсудить возможность генерации поверхностных поляритонов в геометрии обсуждаемых задач.

Все основные результаты диссертации опубликованы в пяти статьях в журналах, входящих в базы WoS, Scopus и РИНЦ. Они докладывались на нескольких международных и российских конференциях.

Представленная работа соответствует требованиям, установленным Приказом от 19.11.2021 №11181/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете». Нарушения пунктов 9 и 11 указанного Порядка не обнаружено.

На основании всего сказанного выше можно заключить, что диссертация Симакова Евгения Сергеевича «Излучение пучков заряженных частиц в присутствии проводящих гофрированных структур с малым периодом» соответствует всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4 Радиофизика, а ее автор заслуживает присуждения данной ученой степени.

Член диссертационного совета,
заведующий кафедрой теоретической
физики Ереванского государственного университета,
доктор физико-математических наук, профессор

 Саарян А.А.

23 октября 2024 года

Подпись профессора Сааряна Арама Азатовича заверяю

Ученый секретарь Ереванского государственного университета
Оганнисян М. В.

