

ОТЗЫВ официального оппонента

на диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук Булейко Аллы Борисовны

на тему: «Плазменные релятивистские усилители шума»

Диссертация посвящена экспериментальному исследованию черенковских плазменных источников электромагнитного излучения на импульсных релятивистских электронных пучках.

Актуальность тематики исследования связана с тем, что, несмотря на впечатляющие успехи теоретической и экспериментальной плазменной СВЧ электроники, основные ее преимущества перед вакуумной СВЧ электроникой до сих пор реализовать не удалось. Диссертационная работа Булейко Аллы Борисовны направлена на реализацию двух основных преимуществ плазменной СВЧ электроники: возможность освоения больших токов релятивистского электронного пучка и использование принципиальной широкополосности черенковских плазменных излучателей на ленгмюровских волнах трубчатой плазмы.

Работа состоит из трех глав, введения, заключения и списка литературы. Во введении дан, хотя и краткий, но довольно содержательный обзор современного состояния исследований в плазменной СВЧ электронике. Особенно важно, что автор четко обрисовал место своих исследований и результатов среди современных работ по данной тематике.

Первая глава посвящена созданию и исследованию широкополосного черенковского плазменного СВЧ генератора с инверсным расположением электронного пучка. Поскольку пучок проходит между плазмой и стенкой волновода имеется возможность вывода пучка на легко охлаждаемую наружную поверхность генератора, а также повышается предельный ток такого пучка. Данные факторы позволяют повысить мощность плазменного генератора. В первой главе показана принципиальная возможность успешной реализации плазменного генератора с инверсным расположением электронного пучка.

Вторая глава диссертации посвящена созданию и исследованию плазменного излучателя, работающего в режиме усиления шума. Причем под шумом понимается входной электромагнитный сигнал, вносимый в электродинамическую систему излучателя релятивистским пучком. Большая спектральная ширина входного сигнала в принципе обеспечивает и широкополосность усиленного сигнала на выходе. Согласно концепции автора широкополосность обеспечивается только режимом усиления, а в режиме генерации ширина спектра излучения на выходе существенно уже. Режим усиления обеспечивается использованием СВЧ поглотителей. Исследован переход при увеличении длины пространства взаимодействия от режима усиления шума к режиму генерации. Впервые экспериментально измерен коэффициент усиления плазменной волны и проведены сравнения экспериментальных данных с результатами известных теоретических исследований.

В третьей главе реализован и исследован короткоимпульсный черенковский плазменный усилитель шума. Поскольку длительность импульса тока пучка не превосходит удвоенное время прохождения плазменной волной длины резонатора, обратная связь, а значит и генерация, в такой системе невозможна. Показана высокая эффективность (до 26%) и довольно большая широкополосность короткоимпульсного черенковского усилителя шума.

Несмотря на положительную в целом оценку диссертационной работы, считаю необходимым сделать некоторые замечания, а именно:

1. Ссылка на работу [26] при оценке эффективности преобразования энергии пучка в энергию плазменной волны при черенковской пучково-плазменной неустойчивости неуместна, поскольку в [26] не учтены эффекты, связанные с существенной непотенциальностью плазменной волны. В результате формула (4) содержит неверную зависимость от релятивистского фактора электрона пучка.

2. Известны два режима черенковского пучково-плазменного взаимодействия: одночастичный вынужденный эффект Черенкова (комптоновский режим) и коллективный вынужденный эффект Черенкова (рамановский ре-

жим). Автор, по-видимому, при оценках коэффициентов усиления исходит из того, что в его экспериментах реализовался одночастичный режим, что далеко не очевидно. Частота довольно высокая, а зазор между трубчатым пучком и плазмой составляет более 0.1 см, поэтому возможен и коллективный режим взаимодействия. Этот вопрос следовало бы в работе обсудить.

3. Как явствует из текста под «шумом» в диссертации понимается тот начальный электромагнитный сигнал, который вносится в систему вместе с сильноточным электронным пучком. Следовало хотя бы качественно обсудить природу этого шума, что тем более важно, поскольку, как отмечает сам автор, измеренный начальный уровень этого шума «существенно больше результатов других авторов».

4. Ключевым параметром плазменного излучателя является плотность плазмы, поскольку именно плазменная частота во многом определяет рабочую частоту и спектр излучения прибора. Автор пишет, что «из-за физических ограничений - наличия сильных СВЧ-полей и интенсивного света от взрывоэмиссионного катода - концентрацию плазмы можно было определить лишь по спектру СВЧ-излучения, т.е. сравнением с численным моделированием». Не ясно, почему нельзя было попытаться как-то определить плотность плазмы из холодных измерений, т.е. без сильноточного пучка, когда и сильные поля и засветка отсутствуют.

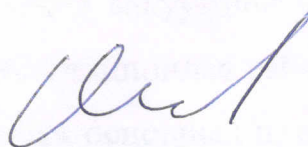
5. Последнее замечание носит характер рекомендации. Третья глава диссертации Булейко Аллы Борисовны может открыть новый этап в развитии плазменной СВЧ электроники, важный не только в прикладном, но и в фундаментальном аспекте. Переход к короткоимпульсным электронным пучкам позволяет приступить к изучению абсолютно неисследованного в плазменной СВЧ электронике явления - черенковского сверхизлучения в плазме. Можно пожелать автору заняться этой проблемой в дальнейшем.

Вместе с тем, указанные замечания не умаляют значимости диссертационного исследования, выполненного на высоком научном уровне и содержащего важные научные результаты принципиального характера. Диссертация

ция отвечает требованиям, установленным ВАК к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 1.3.9 – «физика плазмы», автореферат диссертации правильно отражает ее содержание. Таким образом, соискатель Булейко Алла Борисовна заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.9 – «физика плазмы».

Официальный оппонент:

Доктор физико-математических наук,
профессор
Кузелев Михаил Викторович



31.10.2021

Контактные данные:

e-mail: kuzelev@mail.ru, рабочий телефон: 8(495)939-25-47

Кафедра физической электроники, физический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова.

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена диссертация:

01.04.02 – «Теоретическая и математическая физика»

Адрес места работы:

119991, ГСП-1, Москва Ленинские горы, дом 1, строение 2, Физический Факультет

Декан физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова

Профессор



 Н.Н. Сысоев