

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
JOINT INSTITUTE FOR NUCLEAR RESEARCH

Дубна, Московская область, Россия 141980 Dubna Moscow Region Russia 141980
Telefax: (7-495) 632-78-80 Tel.: (7-49621) 65-059 AT: 205493 WOLNA RU E-mail: post@jinr.ru http://www.jinr.ru


_____ № _____
на № _____ от _____

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор Международной
межправительственной организации



«Объединенный институт ядерных исследований»
д.ф.-м.н., академик РАН, профессор,


Г.В. Трубников

«14» *ноября* 2022 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию

Арсентьевой Марии Васильевны

«Разработка структуры резонаторов W-диапазона»,
представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.18. Физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника

Актуальность темы диссертации

Получение качественных пучков заряженных частиц высокой энергии является ключевой задачей при создании новых ускорительных комплексов для установок масштаба МEGАСАЙЕНС. По этой причине повышение темпа ускорения (повышения градиентов ускоряющих полей) является одной из самых актуальных и приоритетных задач, решаемых в ведущих российских и зарубежных ускорительных центрах. Существенным препятствием в получении в ускоряющих структурах высоких градиентов ускоряющих полей

является возникновение высокочастотных пробоев. Однозначной теории механизмов возникновения ВЧ пробоев в настоящее время не существует, но тенденция к повышению «пробойного» значения величины напряжённости электрического поля с ростом частоты ВЧ колебаний является общепризнанным фактом. В ряду вариантов ускоряющих структур, открывающих новые возможности получения высоких градиентов ускоряющего поля, находятся структуры с повышенным значением рабочей частоты (десятки гигагерц и выше).

Диссертация М.В. Арсентьевой «Разработка структуры резонаторов W-диапазона» посвящена расчётам и проектированию ускоряющей структуры на основе слабосвязанных резонаторов, предназначенной для ускорения коротких плотных сгустков электронов в линейных ускорителях нового поколения. Диссертационная работа выполнена в Институте ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН (г. Новосибирск), в котором пилотные исследования ускоряющих структур СВЧ диапазона (5.6 ГГц) были выполнены более сорока лет назад, а исследования структур диапазона 14 ГГц выполнены около тридцати лет назад и в течение нескольких десятков лет накоплен практический опыт разработки и создания СВЧ структур, работающих в различных частотных диапазонах.

Оценка структуры и содержания диссертации

Диссертация Арсентьевой М.В. состоит из введения, трех глав, заключения и списка литературы. Общий объем работы составляет 100 страниц, включая 57 рисунков и 15 таблиц, библиография содержит 51 наименование.

Во введении приводится обзор исследований в области металлических структур с высоким значением рабочей частоты, в которых возможно получение повышенных ускоряющих градиентов. Обосновывается актуальность диссертационной работы, сформулированы цели и задачи,

показаны новизна и практическая значимость проводимого исследования, а также представлены выносимые на защиту положения.

Первая глава посвящена исследованию возбуждения резонаторов структуры пучками заряженных частиц. На основе аналитических оценок амплитуд наводимых пучком полей показаны зависимости напряженности продольного электрического поля как от параметров возбуждающего пучка, так и от электродинамических характеристик отдельных резонаторов. Приводятся спектры возбуждаемых мод, полученные в ходе моделирования возбуждения резонаторов структуры при различных значениях длительности пучка электронов. В режиме возбуждения резонаторов последовательностью сгустков частиц показано ее влияние на возбуждаемые поля с учётом возможной расстройки частоты отдельных резонаторов относительно ее проектного значения. На основе выполненного анализа с учётом конструктивных характеристик и обеспечения слабой связи между резонаторами осуществлён выбор параметров структуры, сформулированы требования к параметрам возбуждающего пучка.

Вторая глава посвящена анализу возможности получения электронного пучка для планируемых в ИЯФ СО РАН экспериментов по возбуждению структуры W-диапазона. В качестве перспективной установки для таких экспериментов рассмотрен создаваемый в ИЯФ СО РАН исследовательский стенд линейного ускорителя - инжектора Сибирского кольцевого источника фотонов (СКИФ). В главе приводится описание его ключевых элементов, включая электронную пушку, ускоряющие структуры, магнитную систему и систему диагностики. Результаты моделирования динамики пучка, представленные во второй главе, демонстрируют возможность проведения на стенде ускорителя СКИФ экспериментов по возбуждению структуры из резонаторов W - диапазона.

Третья глава содержит описание конструкции ускоряющей структуры из резонаторов W - диапазона. Для иллюстрации геометрии отдельных ячеек и структуры в целом представлены фрагменты конструкторской документации,

а также описание технологических этапов изготовления структуры, в том числе ее сборки в технологической оснастке с последующей пайкой. В конце главы приводится оценка ожидаемых результатов тестирования структуры на ускорительном стенде с учетом измеренных параметров отдельных резонаторов структуры.

В заключении диссертации представлены итоги диссертационной работы, сформулированы её результаты.

Основные результаты, представленные к защите, заключаются в следующем:

1. Проведен теоретический анализ механизма возбуждения структуры из слабосвязанных резонаторов W -диапазона отдельным сгустком заряженных частиц, на основе которого:

- произведены оценки значений амплитуды наведенного в резонаторах поля,
- показано, что при возбуждении исследуемой структуры из резонаторов W -диапазона последовательностью сгустков оптимальным выбором соотношения периода следования сгустков и времени затухания поля возможно увеличение амплитуды наведенных полей по сравнению с величинами полей, полученных при возбуждении структуры одиночным сгустком.

3. Предложена схема возбуждения разрабатываемой ускоряющей структуры на слабосвязанных резонаторах W – диапазона пучком электронов на исследовательском стенде линейного ускорителя СКИФ в ИЯФ СО РАН. На основе анализа возбуждения волн в резонаторах структуры определены требования к параметрам возбуждающего пучка.

4. Разработана схема тестирования исследуемой ускоряющей структуры на стенде линейного ускорителя СКИФ, выполнен полный цикл моделирования динамики пучка электронов стенда от ВЧ пушки до ускоряющей секции.

5. Разработаны конструкторская документация и технология изготовления ускоряющей структуры из слабосвязанных резонаторов W -диапазона.

Изготовлен полный комплект резонаторов, отвечающих заданным требованиям по всему комплексу необходимых параметров. Спаянная структура подготовлена к тестированию на стенде ускорителя СКИФ в Институте ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН.

Сформулированные в заключении результаты соответствуют положениям, представленным для защиты во введении диссертации.

Научная новизна диссертационной работы

Научная новизна диссертационной работы, прежде всего, заключается в выборе рабочей частоты ускоряющей структуры (W -диапазон, 86 ГГц). Предложение использования в ускоряющей структуре слабосвязанных резонаторов также обладает признаками приоритетной новизны.

Впервые разработана конструкция ускоряющей структуры на основе резонаторов W – диапазона со слабой связью. Тестовый экземпляр предложенной ускоряющей структуры также изготовлен впервые.

Научная и практическая значимость полученных результатов

1. Изложенные в первой главе результаты анализа и моделирования возбуждения независимых резонаторов W -диапазона могут быть востребованы при разработке ускоряющих структур с высоким значением рабочей частоты, возбуждение которых предполагается осуществлять при помощи пучков заряженных частиц.
2. Анализ влияния ошибок изготовления резонаторов на параметры полей, возбуждаемых в разработанной структуре, создаёт добротную основу формирования методической базы для расчётов допусков на изготовление ускоряющих структур и точность их монтажа в ускорительных установках для формирования так называемых тестовых пучков, обладающих прецизионными характеристиками.
3. Результаты моделирования динамики пучка на ускорительном стенде, отраженные во второй главе, могут быть использованы при запуске

линейного ускорителя СКИФ с целью оптимизации его работы, а также при проектировании аналогичных линейных ускорителей электронов.

4. Разработанные для производства структуры резонаторов W-диапазона конструкторские и технологические решения являются фундаментальными. Они внедрены в производство и могут быть востребованы при создании в ИЯФ СО РАН ускоряющих структур с повышенным градиентом.

Замечания по диссертационной работе

При обсуждении сообщения Арсентьевой М.В. по материалам диссертации на заседании Секции физики пучков заряженных частиц и ускорительной техники Общеинститутского семинара ОИЯИ автору были заданы вопросы и высказаны конкретные замечания как по теме, так и по тексту диссертации, на которые соискатель дала убедительные ответы или разъяснения.

В частности, было указано на некоторую произвольность формулирования критерия оценки «независимости» смежных резонаторов по уровню поля, возбуждённого в соседнем от базового резонаторе ($< 10\%$ от поля базового). В силу наличия в соседнем резонаторе отличных от нуля полей, наведённых от базового резонатора, более корректно использовать в названии структуры адекватную терминологию: не «структура независимых резонаторов», а «структура на основе резонаторов ... со слабой связью». Именно такая терминология использована в тексте данного отзыва.

Следует подчеркнуть, что отмеченные неточности текста и терминологии не снижают качества диссертационной работы и значимости её результатов.

Заключение ускорительной секции Семинара ОИЯИ

1. Содержание диссертационной работы Арсентьевой Марии Васильевны «Разработка структуры резонаторов W-диапазона» соответствует паспорту научной специальности 1.3.18. Физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника (пункты 2, 3, 4, 6 раздела «Направления исследований»). Диссертация относится к классу поисковых работ,

направленных на разработку и исследование ускоряющих структур с повышенными градиентами ускоряющих полей (по сравнению с градиентами полей традиционных и широко используемых ускоряющих структур). В то же время диссертация представляет собой выполненную на очень высоком научном уровне законченную научно - исследовательскую работу, результаты которой несомненно будут востребованы как в аналитических исследованиях в области ускорительной физики, так и в практических разработках ускорителей электронов нового поколения.

2. Представленные в работе результаты исследований актуальны, убедительны, обладают признаками новизны и оригинальности, выводы и заключения аргументированы и обоснованы.
3. Судя по публикациям и по докладу соискателя на семинаре, вклад автора в результаты представленной работы является определяющим. Выносимые на защиту положения подтверждают персональный вклад автора в представленную работу.
4. Автореферат оформлен в соответствии с требованиями Высшей аттестационной комиссии и в достаточной мере отражает содержание диссертации.
5. Диссертация Арсентьевой Марии Васильевны «Разработка структуры резонаторов W-диапазона» соответствует требованиям и критериям, предъявляемым к диссертационным работам на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук, установленным в п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, а её автор, Арсентьева Мария Васильевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.18, Физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника.

Отзыв составил:

начальник сектора № 5 Научно-экспериментального отдела инжектора и кольца Нуклотрона Ускорительного отделения Лаборатории физики высоких

энергий ОИЯИ, кандидат технических наук, специальность 1.3.18. (01.04.20)
Физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника
Кобец Валерий Васильевич
e-mail: vkobets@jinr.ru ; тел.: +7(925)275-70-29

Подпись 

Дата 14.11.2022

Материалы диссертации Арсентьевой М.В. «Разработка структуры резонаторов W-диапазона», а также отзыв на диссертацию рассмотрены и одобрены на заседании Секции физики пучков заряженных частиц и ускорительной техники Общеинститутского семинара Международной межправительственной организации «Объединённый институт ядерных исследований ОИЯИ» 07 ноября 2022 г. (протокол заседания № 87).

Председатель Секции физики пучков заряженных частиц и ускорительной техники Общеинститутского семинара ОИЯИ,
специальный представитель директора Института по сотрудничеству с международными и российскими научными организациями
академик РАН, доктор ф.-м. наук, специальность 1.3.18. (01.04.20)
Физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника
Шарков Борис Юрьевич.
e-mail: sharkov@jinr.ru , тел. 496-21-650-60

Подпись 

Дата 14.11.2022

Подпись Шаркова Б.Ю. заверяю:
главный учёный секретарь ОИЯИ,
кандидат физико – математических наук
Неделько Сергей Николаевич

Почтовый адрес:
Московская область, г. Дубна, ул. Жолио-Кюри, 6.
Тел. 496-21-65940, 496-21-62221
e-mail main@jinr.ru

Подпись 

Дата 14.11.2022