

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Романченко Ильи Викторовича «Генерирование мощных наносекундных импульсов электромагнитного излучения на основе линий с ферритом», представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.04 – физическая электроника.

Актуальность темы диссертации

Актуальность темы диссертационной работы Романченко И.В. обусловлена тем, что в ней рассматриваются и решаются задачи применительно к генерированию мощных импульсов электромагнитного излучения, параметры которых соответствуют возможности их применения для электромагнитного противодействия объектам, функциональные блоки которых содержат современные электронные компоненты. В данном случае, генерация наносекундных электромагнитных импульсов базируется на использовании нелинейных и дисперсионных свойств феррита, заполняющего коаксиальную передающую линию, по которой передаётся наносекундный импульс с амплитудой в несколько сотен киловольт. В сфере противодействия объектам, содержащим электронные компоненты, получаемые на выходе передающей линии наносекундные импульсы, в определенных условиях, могут конкурировать с импульсами СВЧ-излучения, генерируемыми традиционными вакуумными приборами, использующими релятивистские электронные пучки.

В рамках представленной теоретической модели, в диссертации рассмотрена динамика перемагничивания феррита при протекании по передающей линии наносекундного сильноточного импульса, а также соответствующее возбуждение в ней высокочастотных электромагнитных колебаний. Большое место в диссертации занимают проведенные автором всесторонние экспериментальных исследований. Это позволило автору достигнуть в созданных источниках эффективности преобразования сильноточного моно-полярного импульса в наносекундный импульс широкополосного излучения с центральной частотой в области одного-двух гигагерц на уровне 10%, что приближается к вычисленному теоретическому пределу. Кроме того, за счёт использования передающей линии с ферритом в качестве управляемой линии задержки диссертантом решена задача по синфазному сложению излучения от нескольких мощных источников СВЧ излучения, что, без сомнения, также является весьма актуальной задачей.

Степень обоснованности, научная новизна и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций

Научные положения, выводы и рекомендации обладают научной новизной, хорошо обоснованы, ясно и грамотно сформулированы как в публикациях автора,

так и в диссертации. Большая часть научных положений, выводов и рекомендаций сформулированы в ходе проведенных экспериментов и анализа полученных экспериментальных результатов. При выполнении экспериментальных исследований использована современная диагностическая аппаратура, но применены традиционные, хорошо проверенные методики проведения измерений. Представленные в работе результаты неоднократно докладывались на авторитетных международных конференциях и симпозиумах, опубликованы в ведущих рецензируемых научных отечественных и зарубежных журналах. Таким образом, достоверность полученных автором результатов не вызывает сомнений.

Научная новизна представленных в диссертации результатов связана прежде всего с экспериментальным определением закономерностей преобразования монополярного наносекундного сильноточного импульса в высокочастотные колебания в коаксиальной передающей линии, которая заполнена ферритом в продольном намагниченном состоянии, и нахождением параметров передающей линии, обеспечивающих наибольшую эффективность такого преобразования. Выявленная в рамках модельного описания возможность перестройки частоты электромагнитных колебаний, возбуждаемых в передающей линии с ферритом, подтверждена в измерениях частоты излучаемых наносекундных радиоимпульсов. Созданные источники широкополосного излучения в диапазоне от 0.6 до 2.5 ГГц на основе линий с ферритом характеризуются суб-гигаваттным уровнем мощности. Использование дополнительной секции с ферритом в качестве управляемой линии задержки позволило реализовать синфазное сложение колебаний потоков излучения от нескольких генераторов широкополосных импульсов на основе линий с ферритом и релятивистских СВЧ генераторов, а также осуществить управление максимумом диаграммы направленности излучения.

Практическая значимость работы

Практическая значимость работы определяется разработкой макетов источников мощных наносекундных электромагнитных импульсов с высокой мощностью, высокой частотой повторений и управляемым спектром. В эксперименте продемонстрировано, что в случае высокой амплитуды подаваемого на передающую линию импульса, энергия излученного импульса на частоте в области 1 ГГц, оцененная по спектру импульса напряжения и КСВН антенны, равна 1.15 Дж при энергетической эффективности источника около 4.5%. Также продемонстрировано когерентное сложение потоков излучения с частотой 38 ГГц от четырех релятивистских ламп обратной волны, питание которых осуществляется передающими линиями с ферритом. В итоге достигнуты экстремально высокие значения плотности электромагнитной энергии в максимуме диаграммы направленности, приближающиеся к 10 МВт/см² на расстоянии 1 метр от излучающих рупоров.

Оценка содержания диссертации, ее завершенность, соответствие указанной специальности

В диссертационной работе представлены результаты исследований по возбуждению СВЧ колебаний субнаносекундным фронтом сильноточного импульса, распространяющегося по коаксиальной передающей линии частично заполненной ферритовым материалом в условиях взаимодействия электромагнитных и спиновых волн. Описанию теоретических основ этого процесса посвящена первая глава диссертации. Во второй и третьей главе приводятся результаты всестороннего экспериментального исследования возбуждения СВЧ колебаний в таких линиях с ферритовым заполнением. В четвертой главе описаны источники широкополосных наносекундных электромагнитных импульсов излучения, которые были созданы на основе результатов проведенных исследований. В пятой, заключительной главе приводятся результаты по когерентному сложению потоков излучения с частотой 38 ГГц от четырех релятивистских ламп обратной волны, питание которых осуществляется от одного высоковольтного источника передающими линиями с ферритовым заполнением. Автореферат в полной мере передает содержание диссертации. Таким образом, диссертационная работа Романченко И.В. представляет собой завершенное научное исследование, характеризующееся согласованностью теоретических и экспериментальных выводов, а также доведением полученных результатов до реально востребованных, практически значимых макетов твердотельных генераторов мощных СВЧ импульсов. Генерация СВЧ колебаний в этих генераторах связана с возбуждением волн намагниченности в насыщенном феррите, иначе называемыми спиновыми волнами. В соответствии с паспортом специальности такие работы относятся к специальности 01.04.04 – физическая электроника.

Критические замечания

1. Первая глава диссертации, содержащая теоретический анализ процесса формирования наносекундного электромагнитного импульса в рамках упрощенного модельного описания, занимает довольно много страниц текста. В то же время, здесь не приведено обоснование выбора пространственного масштаба, на котором автор использует понятия удельной индуктивности и удельной емкости на единицу длины передающей линии

2. В тексте диссертации в явном виде не описана процедура вычисления усредненной величины напряженности азимутальной компоненты магнитного поля, создаваемой сильноточным импульсом, проходящим по коаксиальной линии. При этом, в выводах по третьей главе написано: «Основным параметром, определяющим частоту возбуждаемых колебаний, является средняя по радиусу феррита напряженность азимутального магнитного поля питающего высоковольтного импульса».

3. Из текста неясно, почему при описании ферритового заполнения в коаксиальной передающей линии для его радиального размагничивающего фактора использованы два предельных случая, а именно: $Nr = 1$ и $Nr = 0$.

4. В тексте можно найти рисунки, на которых весьма затруднительно воспринять в деталях представленное изображение. В качестве примера отметим Рис. 4.26.

5. Имеются стилистические шероховатости текста. Так, на странице 86 можно прочесть «Более высокие магнитные поля ... лишают феррит магнитного отклика», а на следующей странице - «... падающий импульс имеет затянутый фронт около 4 нс, что связано с расплыванием фронта в касторовом масле». Ещё пример со страницы 93: «В качестве соленоида использовался внешний проводник коаксиала с намоткой от Геометрии 1, внутрь которого на поддерживающих диафрагмах помещалась нелинейная линия». На странице 83 вначале используются два термина для описания эволюции волнового процесса: этапы, стадии, которые затем, чуть ниже по тексту, переходят в термин «составляющие процесса».

Заключение

Диссертация И.В. Романченко, представленная на соискание ученой степени доктора физико-математических наук, выполнена на высоком научном уровне и является законченной научно-квалификационной работой. Представленные в диссертации результаты теоретических и экспериментальных исследований возбуждения высокочастотных колебаний в линиях с ферритом воплощены в виде действующих макетов источников излучения, которые доведены по эксплуатационным характеристикам до уровня коммерческого образца. Эти исследования заложили основы нового научного направления – гиромагнитные нелинейные передающие линии. По данному научному направлению неоднократно организовывались специальные секции на известных международных конференциях, где автор выступал с приглашенными докладами. Найденное автором решение задачи по генерированию мощных широкополосных импульсов излучения имеет важное значение для развития мощной СВЧ электроники. Сделанные замечания по тексту диссертации не снижают общую значимость диссертационной работы. Таким образом, диссертационная работа Романченко И.В. соответствует требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, а ее автор, безусловно, достоин присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.04 – физическая электроника.

Официальный оппонент Аржанников Андрей Васильевич,
д.ф.-м.н., профессор,
главный научный сотрудник,

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера Сибирского отделения Российской академии наук,
Новосибирск, проспект Академика Лаврентьева, д. 11
8 (383) 330-60-31
arzhan1@ngs.ru
23.04.2019 г.



Аржанников А.В.

Подпись Аржанникова А.В. удостоверяю
Ученый секретарь ИЯФ СО РАН



Аракчеев А.С.