

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе
ФГБОУ ВО «Рязанский
государственный радиотехнический
университет»



Д.т.н., проф. А.И. Таганов

« 11 » _____ 2016 г.

Отзыв

ведущей организации федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный радиотехнический университет» на диссертацию Лэ Куанг Тук «Эффекты воздействия сверхкоротких импульсных перегрузок на биполярные транзисторы с гетеропереходом и малошумящие усилители на их основе», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальностям 01.04.03 – Радиофизика

В настоящее время сверхкороткие видеоимпульсы находят все большее применение в системах радиосвязи и локации, что обусловлено рядом их преимуществ перед узкополосными. Такие сигналы могут обладать сравнительно большими амплитудами, составляющими десятки, сотни и даже тысячи вольт при длительности порядка единиц наносекунд и менее. Воздействию сверхкоротких импульсных электроперегрузок на различные узлы и элементы радиоэлектронной аппаратуры посвящено немало работ. Исследование эффектов, возникающих в полупроводниковой структуре активных элементов во входных трактах приемных устройств под действием таких помех, позволяет выяснить условия их работы, обеспечивающие наилучшую помехоустойчивость радиоустройства в целом. Несмотря на большое количество публикаций в указанном научном направлении, особенностям работы биполярных транзисторов с гетеропереходом и малошумящих усилителей на их основе в условиях мощных импульсных электроперегрузок до сих пор практически не уделялось внимания.

В результате воздействия сверхкоротких импульсных перегрузок по входным цепям усилителя могут наблюдаться эффекты обратимой деградации, представляющие собой временное ухудшение функциональных параметров исследуемого транзистора. Такое поведение активного элемента и малошумящего усилителя на его основе должно рассматриваться еще и с позиций теории электромагнитной совместимости.

С учетом сказанного, необходимо отметить **актуальность** темы диссертационной работы Лэ Куанг Тук, посвященной исследованию особенностей работы биполярных транзисторов с гетеропереходом и малошумящих усилителей на их основе, а также решению актуальной задачи радиофизики – обеспечение помехозащищенности и устойчивого

функционирования радиоэлектронной аппаратуры в условиях импульсных помех субнаносекундной длительности.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы, включающего 82 наименований. Текст диссертации изложен на 118 страницах, включающих 54 иллюстрации. По структуре и объему соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

Автором рассматриваются эффекты, возникающие во входных малошумящих усилителях сверхвысокочастотного диапазона на основе кремний-германиевых биполярных транзисторов с гетеропереходом при воздействии сверхкоротких видеоимпульсов. В результате экспериментальных исследований показано, что эти эффекты выражаются во временном уменьшении тока коллектора транзистора и коэффициента усиления усилителя на его основе. В диссертации приведены результаты теоретического исследования, позволившие автору дать физическую интерпретацию наблюдаемым в эксперименте явлениям. Для выяснения условий работы, обеспечивающих повышение помехоустойчивости малошумящего усилителя при действии импульсных помех, автором проведены экспериментальные исследования в соответствии с известными методами теории электромагнитной совместимости.

Наиболее важными и представляющими **научный и практический интерес** результатами, с нашей точки зрения, являются:

1. Предложенная автором физическая интерпретация эффектов обратимой деградации биполярного транзистора с гетеропереходом. Автором показано, что с сильным ростом напряжения база-эмиттер резко увеличиваются потери в полупроводниковой структуре транзистора, связанные с увеличением ширины базы (эффект Кирка) и рекомбинацией в базе. В первой главе диссертации приведены аналитические выражения, описывающие эти эффекты.

2. По предложенной методике экспериментального исследования влияния сверхкоротких импульсных электроперегрузок на биполярные транзисторы с гетеропереходом разработаны и реализованы алгоритмы автоматизированного измерительного комплекса. В тексте диссертации автор привел подробное описание постановки экспериментальных исследований, алгоритмов их автоматизации и функционирования основных узлов измерительной установки. Помимо получения экспериментальных зависимостей основных характеристик малошумящих усилителей на базе биполярных транзисторов с гетеропереходом в условиях мощных импульсных помех предложенный комплекс может применяться для проведения отбора транзисторов, наиболее стойких к рассматриваемым воздействиям.

3. Результаты экспериментального исследования зависимостей тока коллектора от режимов работы кремний-германиевого биполярного транзистора с гетеропереходом ВФР640 под воздействием сверхкоротких импульсов. Проведенное экспериментальное исследование показано, что степень проявления эффектов деградации статических характеристик исследуемых транзисторов зависит от режима работы по напряжению база-эмиттер и почти не зависит от напряжения коллектор-эмиттер. По полученным в работе зависимостям относительного тока коллектора от указанных напряжений выработаны

рекомендации по выбору режима работы транзистора для обеспечения большей стойкости малошумящего усилителя к действию импульсных помех.

4. Результаты экспериментального исследования характеристик электромагнитной совместимости малошумящего усилителя на базе кремний-германиевого биполярного транзистора с гетеропереходом ВРР640 в зависимости от напряжений база-эмиттер и коллектор-эмиттер. Показано, что выбором режима также можно добиться снижения степени проявления эффектов обратимой деградации. Помимо этого, в работе проведено сравнение характеристик электромагнитной совместимости при воздействии гармонических и сверхкоротких импульсных помех. Исходя из сравнения сделан вывод, что для уменьшения коэффициента усиления малошумящего усилителя на основе исследуемых транзисторов на одинаковую величину под действием гармонической и импульсной помех, средняя мощность последней должна быть значительно выше.

Достоверность результатов диссертации обеспечивается корректным применением используемых математических моделей, качественным соответствием теоретических выводов экспериментально полученным результатам. Достоверность экспериментальных результатов обеспечена применением стандартизированной измерительной аппаратуры, обработкой экспериментальных данных с использованием стандартных методов.

Однако в работе имеется ряд **недостатков**:

1. В теоретическом обосновании физической интерпретации эффектов обратимой деградации биполярных транзисторов с гетеропереходом не приведена их количественная оценка.

2. Результаты экспериментального исследования, приведенные в диссертации, были получены для одного типа транзистора. Сравнение эффектов деградации транзисторов различных типов имело бы большой практический интерес.

3. Диссертационное исследование проведено для схемы включения транзистора с общим эмиттером. Не рассмотрены эффекты деградации для других схемы включения.

4. По тексту диссертации имеется ряд стилистических неточностей и орфографических ошибок.

Несмотря на указанные недостатки, результаты диссертации являются новыми, положения сформулированы на основе проведения большого количества экспериментальных исследований. В целом диссертационная работа оценивается **положительно**.

Основные результаты диссертационной работы Лэ Куанг Тук были опубликованы в 9 печатных работах, из которых: 3 статьи в журналах, входящих в перечень рекомендованных ВАК. Помимо этого, результаты прошли апробацию на всероссийских и международных конференциях. Содержание автореферата находится в соответствии с основными положениями диссертации.

Результаты представленных в диссертации исследований могут быть рекомендованы к использованию на предприятиях и в организациях: ОАО «Концерн «Созвездие» г. Воронеж, ФГУП «Ростовский-на-Дону научно-исследовательский институт радиосвязи» г. Ростов-на-Дону, ФГУП «НПП

Исток» г. Фрязино, Московская область, НИРФИ г. Нижний Новгород, институтах Российской академии Наук: СФИРЭ РАН г. Саратов, ФИРЭ РАН г. Фрязино, Московская область, в высших учебных заведениях Министерства образования и науки Российской Федерации: Воронежском государственном университете, ГОИ ВПО «Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского», Московском энергетическом институте (технический университет) г. Москва, Волгоградском государственном университете г. Волгоград, Рязанском государственном радиотехническом университете г. Рязань.

В целом характеризуя диссертационную работу Лэ Куанг Тук, представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, необходимо отметить, что она является законченным научным исследованием. В ходе ее выполнения решена, имеющая существенное значение для современной радиофизики, задача повышения помехоустойчивости малошумящих усилителей на биполярных транзисторах с гетеропереходом при действии импульсных помех сверхкороткой длительности.

Можно заключить, что диссертационная работа Лэ Куанг Тук «Эффекты воздействия сверхкоротких импульсных перегрузок на биполярные транзисторы с гетеропереходом и малошумящие усилители на их основе» соответствует критериям п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а автор диссертации Лэ Куанг Тук заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальностям 01.04.03 – Радиофизика.

Отзыв ведущей организации на диссертацию обсужден и одобрен на заседании кафедры радиотехнических устройств федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Рязанский государственный радиотехнический университет» протокол № 3 от 3 ноября 2016 г.

Отзыв составили:

Заведующий кафедрой радиотехнических устройств, доктор технических наук,
профессор
Паршин Юрий Николаевич

Доцент кафедры радиотехнических устройств, кандидат технических наук,
доцент
Васильев Евгений Викторович

Подписи Ю.Н. Паршина, Е.В. Васильева заверяю.

Почтовый адрес: 390005, г. Рязань, ул. Гагарина, 59

Телефоны: 8-4912-46-03-48

e-mail: rtu@rsreu.ru

