

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)

634050, г. Томск, пр. Ленина, 40

E-mail: office@tusur.ru
http:// www.tusur.ru

«УТВЕРЖДАЮ»



Первый проректор ТУСУРа,
доктор технических наук,
профессор

 Ю.А. Шурыгин

» декабря 2015 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

ведущей организации ФГБОУ ВПО «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники» на диссертационную работу Конева В. Ю. «Фиксация фазы СВЧ-колебаний наносекундных генераторов Ганна трехсантиметрового диапазона фронтом модулирующего импульса», представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.04 – физическая электроника.

Актуальность темы диссертации

Известно, что чувствительность, скорость передачи информации, габариты и энергопотребление связных, радиолокационных и измерительных радиотехнических систем во многом зависят от уровня спектральной чистоты и частотной стабильности сигналов, формируемых соответствующими задающими системными автогенераторами (АГ). В качестве количественной оценки указанного показателя используется оценка $L(f_m)$ его спектральной плотности мощности в одиночной боковой полосе для заданной отстройки на величину f_m от несущей частоты f_0 АГ пересчитанной в полосу 1 Гц. Фундаментальные ограничения на уровень фазовых шумов $L(f_m)$ АГ, как известно, связаны со стохастическими флуктуациями токов и напряжений различной физической природы в его полупроводниковых элементах.

Генераторы с низким уровнем $L(f_m)$ и стабильной начальной фазой позволяют реализовать когерентное сложение СВЧ-мощности в нагрузке, и тем самым повысить энергетический бюджет системы в целом.

Один из известных способов стабилизации начальной фазы СВЧ-колебаний, формируемых АГ на диодах Ганна (АГ-ДГ) основан на возбуждении ДГ коротким фронтом модулирующего импульса напряжения, с длительностью фронта импульса, соизмеримой с периодом частоты f_0 . При этом, однако, до сих пор остаются не достаточно изученными факторы, определяющие ход зависимости $L(f_m)$, а также динамическую нестабильность начальной фазы $\Delta\phi$ сигнала АГ-ДГ с частотой f_0 .

Указанные пробелы в актуальной теории АГ-ДГ во многом определяются отсутствием завершенной физической математической модели данного устройства, позволяющей моделировать и оптимизировать его основные функциональные параметры.

Диссертационная работа Конева В.Ю. нацелена на решение именно этих задач, поэтому представляется актуальной и имеющей большое значение для науки и практики.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов, рекомендаций и заключений, полученных в диссертации Конева В.Ю., подтверждается корректным использованием экспериментальных и математических методов. Достоверность полученных результатов подтверждается также результатами расчетных компьютерных экспериментов, апробацией основных результатов на конференциях и семинарах, публикацией печатных работ в периодических изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

Новизна проведенных исследований и полученных результатов

Новизна диссертационной работы Конева В.Ю. заключается в разработке, теоретическом и экспериментальном обосновании, а также создании и внедрении в практику математических моделей, численных методов и программных средств по исследованию процесса возбуждения в АГ-ДГ импульсных СВЧ-колебаний трехсантиметрового диапазона и наносекундной длительности.

К числу наиболее существенных результатов диссертации следует отнести:

- предложенный автором метод и экспериментальные измерения зависимостей нестабильности начальной фазы СВЧ-колебаний указанных АГ-ДГ от длительности фронта модулирующего импульса τ_{ϕ} ;
- экспериментальные данные о снижении дисперсии начальной фазы $\Delta\phi$ сигнала АГ-ДГ при коротком фронте τ_{ϕ} модулирующего импульса генератора;
- результаты экспериментов по когерентному сложению волновых полей двух независимых АГ-ДГ, возбуждаемых общим источником модулирующих импульсов;
- результаты экспериментов по измерению динамических флуктуаций $\Delta\phi$ отдельного АГ-ДГ, а также динамические зависимости разности фаз двух генераторов трехсантиметрового диапазона на мощных диодах Ганна от τ_{ϕ} .

Значимость диссертационных результатов, для науки и практики

Научная значимость результатов диссертации Конева В.Ю. заключается том, что полученные автором новые сведения о влиянии формы модулирующего импульса АГ-ДГ на уровень его фазовых шумов.

Практическая значимость результатов Конева В.Ю. заключается в возможности совершенствования параметров импульсных АГ-ДГ, за счет снижения уровня фазового шума $L(f_m)$, а также в возможности формирования импульсного СВЧ- поля большой мощности за счет когерентного сложения волновых полей от множества таких генераторов.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Результаты диссертационных исследований Конева В.Ю. могут быть использованы в ОАО «НИИПП» (г.Томск), ФГУП «Калужский научно-исследовательский радиотехнический институт» (г.Калуга), ОАО концерн

ПВО «Алмаз-Антей» (г.Москва), ФГУП «Исток» (г.Фрязино, Московской обл.) и др. фирмах, разрабатывающих СВЧ- и радиолокационные системы.

Замечания по диссертационной работе

1. Прежде всего заметим, что фундаментальные ограничения на стабильность частоты АГ-ДГ, связанные, в частности, со стохастическим фактором - неравновесным тепловым шумом горячих носителей впереди и позади обедненных слоев дипольного домена в ДГ, были исследованы и описаны практически сразу после пионерских работ Дж.Б.Ганна [см., например, G.S.Hobson (1967) Source of F.M. noise in cavity controlled Gunn-effect oscillators, *Elect.Lett.*, 3, 63-64]. Исключение автором из рассмотрения указанных факторов для отыскания наиболее значимых физических процессов в импульсных СВЧ-АГ-ДГ, приводящих к снижению дисперсии $\Delta\phi$ сигнала генератора, а также для построения соответствующей физической (электрической, или физико-топологической) математической модели (ММ), в данной ситуации должно быть строго обосновано. Методика такого рода обоснований давно стала стандартной для экспериментальной науки. В данную методику входят процедуры идентификации параметров многофакторных моделей, оценки погрешностей идентификации, проверки адекватности ММ при заданных уровнях значимости и выбранного критерия проверки и др. Однако автор пренебрег указанным обоснованием, просто исключив все шумовые источники из разрабатываемой им математической модели. В результате, ММ автора свелась к упрощенной, адаптированной к студенческому уровню, детерминированной ММ [см. Веселов, Г.И. Микроэлектронные устройства СВЧ: учебное пособие для радиотехнических специальностей ВУЗов / М.: Высшая школа. -1988. - 280 с.]. Данная модель в принципе не предназначена для моделирования каких-либо стохастических процессов в АГ, в т.ч. для исследования «...наиболее значимых физических процессов в полупроводниковых структурах мощных наносекундных диодов Ганна трехсантиметрового диапазона, обуславливающих наличие механизма фиксации начальной фазы СВЧ- колебаний фронтом модулирующего импульса напряжения», как это заявлено в цели работы.

2. Сделанные в п.1, замечания указывают на то, что основная научная ценность диссертации Конева В.Ю. связана с полученными им экспериментальными результатами. Это обстоятельство делает важной правильную, убедительную обработку эмпирических данных полученных автором при решении им диссертационных задач, касающихся, в частности, экспериментального отыскания факторов, влияющих на нестабильность фазы одного и двух СВЧ-АГ-ДГ, возбуждаемых одним модулятором. Обработка такого рода данных требует корректного применения процедуры идентификации параметров многофакторных моделей, формированию матрицы планирования эксперимента, а также тщательной обработки результатов по их оценке - заданию уровня значимости, отыскание через распределение Стьюдента границ доверительных интервалов, оценки соответствующего числа необходимых измерений и пр. Все эти сведения автором не обсуждаются.

3. Утверждение второго защищаемого положения о том, что «...начальная фаза СВЧ-колебаний ... соответствует моменту возникновения режима отрицательного дифференциального сопротивления ...» представляется тривиальным. Оно известно в учебной литературе как необходимое условие работы любого АГ.

4. Не убедительным представляется и 3-е защищаемое положение диссертации, в котором сказано: «...При этом с увеличением длительности фронта основным фактором, приводящим к росту нестабильности фазы СВЧ - колебаний, является нестабильность амплитуды импульса....». Указанное утверждение противоречит общепризнанной теории фазовых шумов АГ, например модели Лисона [см. Rubiola, E. Phase Noise and Frequency Stability in Oscillators / NY:Cambridge University Press. – 2009. – 114 p.], и, очевидно, является следствием не критичного отношения автора к процедуре идентификации параметров собственной ММ.

5. Следует отметить, что результаты измерения спектрального распределения $L(f_m)$ СВЧ-АГ-ДГ, представленные на стр. 78 и 113 диссертации не согласуются с измерениями уровня джиттера $\Delta\phi$ генератора. Так оценка джиттера на стр.18 автореферата диссертации лежит в пределах

от 0,035 до 0,07 радиана. Отсюда, воспользовавшись формулой Карсона для ширины спектра ФМ-сигнала, находим, что соответствующее уширение спектра АГ должно лежать в пределах от 7 до 17 процентов. Судя по данным рис.4.14 необходимой точности спектральных измерений автор обеспечить не смог. В таком случае полученные им данные о $L(f_m)$ не являются информативными, что также указывает на ошибки в подборе оборудования и планировании эксперимента

6. К недостаткам работы можно отнести также и не глубокий литературный обзор, в котором, в основном, указаны публикации середины и конца прошлого века. Мало современных зарубежных публикаций по тематике диссертации принималось во внимание при оценке ее новизны.

7. Принципиальные схемы контроллеров АГ-ДГ приведены с нарушением действующего стандарта.

Общая оценка диссертационной работы

Указанные замечания не снижают общей положительной оценки диссертационной работы Конева В. Ю.

Основные результаты работы достаточно полно отражены в публикациях автора, шесть из которых из перечня ВАК и докладах на научных конференциях. Автореферат соответствует основному содержанию диссертации.

В целом диссертация Конева В. Ю. «Фиксация фазы СВЧ-колебаний наносекундных генераторов Ганна трехсантиметрового диапазона фронтом модулирующего импульса», является самостоятельным исследованием актуальной научной проблемы, отвечающим требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней, предъявляемым ВАК при Министерстве образования и науки РФ к кандидатским диссертациям, а ее автор - Конев Владимир Юрьевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.04 – физическая электроника.

Материалы диссертации и отзыв на нее заслушаны и обсуждены на межкафедральном научно-техническом семинаре заседании кафедр

«Радиоэлектроники и защиты информации» (РЗИ) и «Сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники» (СВЧКР) ФГБОУ ВПО «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники»
23.11.2015 г, протокол № 3.

Отзыв составил:

Заведующий кафедрой «Радиоэлектроники и защиты информации» ФГБОУ ВПО ТУСУРа,

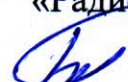
доктор физ.-мат наук, профессор  Анатолий Семенович Задорин

Электронный адрес: Anatoly.Zadorin@rzi.tusur.ru

634050, г. Томск, ул. Вершинина, 47, к. 413

Тел.: (3822)413365

Секретарь,

Доктор техн. наук, доцент кафедры «Радиоэлектроники и защиты информации» ФГБОУ ВПО ТУСУРа  Борис Иванович Авдоченко

Электронный адрес: AvdochenkoBI@rzi.tusur.ru

634050, г. Томск, ул. Вершинина, 47, к. 413

Тел.: (3822)413365

23 ноября 2015 г.