

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Сельского А.О.  
«ФОРМИРОВАНИЕ И ЭВОЛЮЦИЯ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ  
СТРУКТУР В МОДЕЛЬНОЙ НЕЛИНЕЙНОЙ АКТИВНОЙ  
РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СРЕДЕ, СОДЕРЖАЩЕЙ НОСИТЕЛИ ЗАРЯДА»,

представленную на соискание ученой степени

кандидата физико-математических наук

по специальностям 01.04.03 – радиофизика,

01.04.04 – физическая электроника

Диссертационная работа Сельского А.О. посвящена исследованию динамики электронных структур в пространственно-распределенной активной среде, имеющей нелинейную зависимость скорости носителей заряда от напряженности электрического поля.

Задача изучения процессов формирования таких электронных структур и управления ими является актуальной задачей радиофизики и физической электроники, имеющей многочисленные практические приложения. Сложные режимы динамики электронных структур могут быть использованы, например, в ряде приборов и устройств микроволновой электроники для генерации и управления высокочастотными колебаниями в терагерцевом диапазоне.

В диссертационной работе подробно рассматривается влияние вида нелинейной зависимости скорости носителей заряда от величины электрического поля на пространственно-временную динамику электронных структур в модельных активных распределенных средах. Исследован случай монотонного возрастания скорости носителей заряда в области высоких значений напряженности электрического поля, который возможен в полупроводниковых гетероструктурах. В связи со сказанным, актуальность и важность темы дис-

сертации, а также ее соответствие обеим специальностям не вызывают сомнений.

Диссертационная работа состоит из введения, трех глав и заключения. Во введении обосновывается актуальность работы, ее новизна, научная и практическая значимость, а также намечаются пути и методы решения поставленных задач. В первой главе диссертации рассматриваются общие механизмы, приводящие к появлению нескольких максимумов на зависимости скорости носителей заряда от напряженности электрического поля в активной распределенной среде. Важным результатом в данной главе является демонстрация возможности управления относительными величинами максимумов с помощью управляющего параметра в случае, если максимумы имеют разные механизмы появления. Вторая глава посвящена исследованию динамики пространственно-временных структур в модельной нелинейной активной распределенной среде с помощью решения самосогласованных уравнений непрерывности и Пуассона. При этом исследуется как распространение областей высокой концентрации заряда на плоскости пространство – время, так и характеристики генерации колебаний тока. Третья глава содержит результаты исследования пространственно-временных структур для модифицированной модельной системы с несколькими максимумами и локальным минимумом на характеристике зависимости скорости носителей заряда от напряженности электрического поля для различных значений управляющих параметров.

Представленные в диссертационной работе результаты обладают существенной научной новизной. В частности,

– изучены зависимости среднего значения, амплитуды и частоты тока, протекающего в нелинейной активной распределенной среде, от приложенного к ней напряжения для различных нелинейных характеристик зависимости скорости носителей заряда от напряженности электрического поля;

– впервые обнаружено явление бифуркации удвоения периода при генерации колебаний тока в модельной нелинейной активной распределенной среде, содержащей носители заряда;

– подробно исследована сложная пространственно-временная динамика электронных структур в рассматриваемой модельной системе для различных типов зависимости скорости направленного движения электронов от напряженности электрического поля.

Полученные результаты свидетельствуют о высокой квалификации автора работы, от которого потребовалось хорошее владение математическим аппаратом и методами компьютерного эксперимента. Достоверность научных выводов подтверждается их согласованностью между собой и с известными результатами других исследователей, а также хорошим совпадением результатов аналитического рассмотрения и численного эксперимента.

Научная и практическая значимость результатов диссертационной работы определяется их высокой степенью общности, так как зависимость скорости носителей заряда от напряженности электрического поля с несколькими максимумами, подробно рассмотренная в работе, может быть характерна для ряда приборов, способных генерировать колебания сверхвысокочастотного (а в перспективе и субтерагерцевого) диапазона.

К недостаткам работы, на мой взгляд, относится следующее:

1) Результаты, сформулированные в виде положений 2 и 3, выносимых на защиту, очень кратко описаны в тексте диссертации. Они даже не отражены в выводах к главам и в заключении диссертации. Результату, изложенному в положении 2, уделена лишь одна страница текста диссертации и один рисунок. Похожая ситуация и с положением 3. Диссертационная работа содержит ряд других, более ярких и детально представленных результатов, которые можно было бы сформулировать в качестве положений, выносимых на защиту.

2) Во второй главе работы и в заключении утверждается, что «с ростом значения параметра  $\Theta$  амплитуда и частота колебаний тока уменьшается». Однако это не всегда так. Например, при  $\theta=0$  частота тока растет с ростом  $\Theta$ , см. рис. 2.11(a) и 2.12(a). Также утверждается, что «для нелинейных зависимостей скорости носителей заряда от напряженности электрического поля с несколькими максимумами и частота и амплитуда колебаний оказываются выше, чем при единственном экстремуме». Этот тезис тоже не всегда выполняется. Например, при  $\Theta=2.7$  частота колебаний тока при  $\theta=40^\circ$  (несколько максимумов) меньше, чем при  $\theta=0$  (один максимум), см. рис. 2.12(a) и 2.14(a).

3) В ряде случаев автор не объясняет выбор значений тех или иных управляющих параметров при исследовании модельной системы. Было бы уместно уделить больше внимания обоснованию выбора используемых значений параметров.

4) Диссертационная работа содержит много опечаток.

Несмотря на отмеченные недостатки, в целом диссертационная работа производит хорошее впечатление. Работа выглядит единым, цельным произведением, развивающим современные направления исследований, и содержит ряд новых интересных результатов. Автореферат правильно отражает ее содержание.

Работа представляет собой законченное научное исследование, в котором содержится решение задачи, имеющей существенное значение для радиофизики и физической электроники. Результаты диссертационной работы могут быть использованы в СГУ, Н-НГУ и МГУ в учебных курсах по сложной динамике нелинейных систем, а также в научных лабораториях ИРЭ РАН и ИПФ РАН, занимающихся теоретическими и экспериментальными исследованиями в области радиофизики и физической электроники.

Результаты диссертации достаточно полно представлены публикациями в солидных отечественных и зарубежных научных журналах, входящих в пе-

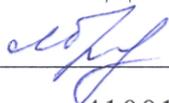
речень ВАК для публикации основных материалов кандидатских и докторских диссертаций (ЖЭТФ, Phys. Rev. B, Известия ВУЗов «Прикладная нелинейная динамика»), неоднократно докладывались на международных и российских научных конференциях.

Считаю, что диссертационная работа Сельского Антона Олеговича удовлетворяет всем требованиям «Положения о присуждении ученых степеней» (п. 9-14), утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года, № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а автор работы заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальностям 01.04.03 – радиофизика и 01.04.04 – физическая электроника.

30.09.2014

Официальный оппонент

Прохоров Михаил Дмитриевич

  
\_\_\_\_\_

Почтовый адрес: 410019, г. Саратов, ул. Зеленая, 38; Телефон: +79063105531;  
e-mail: mdprokhorov@yandex.ru

Саратовский филиал Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН, д.ф.–м.н., заведующий лабораторией моделирования в нелинейной динамике.

Подпись Прохорова М.Д. заверяю

Инспектор отдела кадров

СФ ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН



И.М. Толмачева