



УТВЕРЖДАЮ:

Директор ИСЭ СО РАН

Романченко И.В.

» \_\_\_\_\_ 2022г.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки  
Института сильноточной электроники Сибирского отделения Российской академии наук  
(ИСЭ СО РАН)

Диссертация "Повышение качества моделирования РЭА за счет использования эквивалентной схемы полупроводникового диода с неквазистатическими эффектами прямого и обратного восстановления" выполнена в лаборатории нелинейной видеоимпульсной локации (ЛВНЛ) ИСЭ СО РАН.

В период подготовки диссертации соискатель Шевченко Глеб Михайлович работал в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте сильноточной электроники Сибирского отделения Российской академии наук, в лаборатории нелинейной видеоимпульсной локации, в должности младшего научного сотрудника.

В 2019 г. окончил Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники по направлению подготовки 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника».

Справка о сдаче кандидатских экзаменов выдана в 2022 г. в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники» (ТУСУР).

Научный руководитель — Семенов Эдуард Валерьевич, доктор технических наук, доцент.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

### **Оценка выполненной соискателем работы.**

Диссертация Шевченко Г.М. относится к области радиотехники и посвящена повышению качества моделирования радиоэлектронных устройств путем реализации нелинейно-инерционной модели диода с неквазистатическими эффектами прямого и обратного восстановления. Такие модели широко используются при проектировании усилителей, генераторов высокой мощности и защитных устройств.

**Личный вклад автора** состоит в получении нелинейно-инерционной эквивалентной схемы диода с учетом зависимости последовательного сопротивления потерь и времени жизни от прямого тока. Автором лично предложено математическое описание зависимостей: время жизни неравновесных носители от прямого тока и последовательное сопротивление потерь от диффузионного заряда. Автором также проведен анализ состояния научно-технических решений, выполнение расчётов, проведение и анализ экспериментов, и разработка программного обеспечения для управления вспомогательными аппаратными средствами. Автором выдвинуты защищаемые научные положения, сделаны выводы по работе. Обсуждение задач исследований,

методов их решения, анализ полученных результатов и формулировка выводов проводилась совместно с научным руководителем. Совместно с научным руководителем поставлены задачи исследования.

**Научная новизна** диссертационной работы заключается в следующем:

1. Предложена неквазистатическая модель переходных процессов в прямом смещенном  $p-n$ -переходе в виде эквивалентной схемы, позволяющая получать существенно меньшую погрешность моделирования относительно квазистатической модели за счет использования зависимости последовательного сопротивления потерь от прямого тока.

2. Предложена неквазистатическая эквивалентная схема  $p-n$ -перехода, учитывающая зависимость времени жизни неравновесных носителей заряда от прямого тока при высоком уровне инжекции, позволяющая с меньшей погрешностью описывать фактическое поведение  $p-n$ -перехода в прямом и обратном смещении.

3. Продемонстрирована неквазистатическая модель  $p-n$ -перехода в виде эквивалентной схемы, которая позволяет получать существенно меньшую погрешность моделирования различных радиоэлектронных устройств относительно квазистатической модели.

**Практическая значимость** диссертационной работы заключается в законченной неквазистатической эквивалентной схеме диода, позволяющей сократить время и стоимость проектирования радиоэлектронного устройства, с возможностью беспрепятственной реализации ее в современных САПР на пользовательском уровне.

**Достоверность научных положений и выводов**, содержащихся в диссертационной работе, подтверждаются согласованностью полученных результатов с известными теоретическими и экспериментальными данными. Достоверность экспериментальных данных обеспечивается современными средствами измерений и стандартными методиками проведения исследований, а также методами статистической обработки данных.

**Результаты диссертационной работы**, внедрены на предприятия АО «Научно-исследовательский институт полупроводниковых приборов», ФГБОУ ВО «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники» и ООО «50 Ом ТЕХНОЛОДЖИС», а также при выполнении НИР:

1. Конкурс «Участник молодежного научно-инновационного конкурса» («УМНИК-2019»);
2. Государственное задание Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, проект № FWRM-2021-0015;
3. Российского научного фонда, грант № 22-29-00605 "Характеризация нелинейно-инерционных свойств и динамического диапазона систем со сложными и импульсными широкополосными сигналами".

Материалы диссертации адекватно и полно изложены в научных работах соискателя.

Диссертация "Повышение качества моделирования РЭА за счет использования эквивалентной схемы полупроводникового диода с неквазистатическими эффектами прямого и обратного восстановления" Шевченко Глеба Михайловича рекомендуется к защите на соискание

ученной степени кандидата технических наук по 2.2.13 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения».

Заключение принято на расширенном заседании лаборатории нелинейной видеоимпульсной локации.

Присутствовали: 22 человека (список прилагается), из них 14 человек с правом голоса.

Право решающего голоса имели 14 штатных научных сотрудников ЛНВЛ.

Результаты голосования: «за» – 14 человек, «против» – 0 человек, «воздержалось» – 0 человек, протокол №4 от 26.09.2022

Заведующий лабораторией нелинейной  
видеоимпульсной локации ИСЭ СО РАН,  
кандидат технических наук, доцент



Фатеев Алексей Викторович



УТВЕРЖДАЮ

Ректор ТУСУР,

д.т.н., доцент

В.М. Рулевский

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 г.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники» («ТУСУР»)

Диссертация "Повышение качества моделирования РЭА за счет использования эквивалентной схемы полупроводникового диода с неквазистатическими эффектами прямого и обратного восстановления" выполнена в ТУСУРе на кафедре радиоэлектроники и систем связи (РСС).

Соискатель Шевченко Глеб Михайлович обучается в очной аспирантуре ТУСУРа.

В 2017 г. окончил бакалавриат ТУСУРа по профилю «Электроника и наноэлектроника».

В 2019 г. окончил магистратуру ТУСУРа по профилю «Электроника и наноэлектроника».

В 2019 г. поступил в аспирантуру ТУСУРа по профилю «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения».

Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов выдано в 2022г. ТУСУРОм.

Научный руководитель – Семенов Эдуард Валерьевич, д.т.н, доцент, профессор кафедры РСС ТУСУРа.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

### Оценка выполненной соискателем работы

Диссертация Шевченко Глеба Михайловича является научно-квалификационной работой, в которой описано решение по повышению качества моделирования радиоэлектронных устройств путем реализации нелинейно-инерционной модели диода с неквазистатическими эффектами прямого и обратного восстановления. Такие модели широко используются при проектировании усилителей, генераторов высокой мощности и защитных устройств.

### Личный вклад автора

Получение нелинейно-инерционной эквивалентной схемы диода с учетом зависимости последовательного сопротивления потерь и времени жизни от прямого тока. Автором лично предложено математическое описание зависимостей:

время жизни неравновесных носители от прямого тока и последовательное сопротивление потерь от диффузионного заряда. Автором также проведен анализ состояния научно-технических решений, выполнение расчётов, проведение и анализ экспериментов, и разработка программного обеспечения для управления вспомогательными аппаратными средствами. Автором выдвинуты защищаемые научные положения, сделаны выводы по работе. Обсуждение задач исследований, методов их решения, анализ полученных результатов и формулировка выводов проводилась совместно с научным руководителем.

### **Научная новизна диссертационной работы**

1. Предложена неквазистатическая модель переходных процессов в прямосмещенном  $p-n$ -переходе в виде эквивалентной схемы, позволяющая получать существенно меньшую погрешность моделирования относительно квазистатической модели за счет использования зависимости последовательного сопротивления потерь от прямого тока.

2. Предложена неквазистатическая эквивалентная схема  $p-n$ -перехода, учитывающая зависимость времени жизни неравновесных носителей заряда от прямого тока при высоком уровне инжекции, позволяющая с меньшей погрешностью описывать фактическое поведение  $p-n$ -перехода в прямом и обратном смещении.

3. Продемонстрирована неквазистатическая модель  $p-n$ -перехода в виде эквивалентной схемы, которая позволяет получать существенно меньшую погрешность моделирования различных радиоэлектронных устройств относительно квазистатической модели.

### **Практическая значимость диссертационной работы**

Предложена законченная неквазистатическая эквивалентная схема диода, позволяющая сократить время и стоимость проектирования радиоэлектронного устройства, с возможностью беспрепятственной реализации ее в современных САПР на пользовательском уровне.

### **Достоверность научных положений и выводов**

Подтверждаются согласованностью полученных результатов с известными теоретическими и экспериментальными данными. Достоверность экспериментальных данных обеспечивается современными средствами измерений и стандартными методиками проведения исследований, а также методами статистической обработки данных.

**Результаты диссертационной работы, внедрены на предприятия АО «Научно-исследовательский институт полупроводниковых приборов», ФГБОУ ВО «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники» и ООО «500М ТЕХНОЛОДЖИЗ», а также при выполнении НИР:**

1. Конкурс «Участник молодежного научно-инновационного конкурса» («УМНИК-2019»);

2. Государственное задание Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, проект № FWRM-2021-0015;

3. Российского научного фонда, грант № 22-29-00605 "Характеризация нелинейно-инерционных свойств и динамического диапазона систем со сложными и импульсными широкополосными сигналами".

Материалы диссертации адекватно и полно изложены в научных работах соискателя, выполненных соискателем в соавторстве с его научным руководителем.

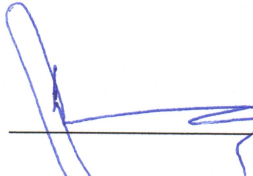
Диссертация "Повышение качества моделирования РЭА за счет использования эквивалентной схемы полупроводникового диода с неквазистатическими эффектами прямого и обратного восстановления" Шевченко Глеба Михайловича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по 2.2.13 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения».

Заключение принято на заседании кафедры РСС.


Присутствовало на заседании 8 человек. Результаты голосования:

«за» - 8 чел., «против» - 0 чел., «воздержалось» - 0 чел., протокол № 3 от «29» 09 2022 г.

Председатель,  
д.т.н., зам. заведующего кафедры РСС

  
\_\_\_\_\_ А.С. Задорин

Секретарь,  
д.т.н., профессор кафедры РСС

  
\_\_\_\_\_ Б.И. Авдоченко