ISSN 1813-8586

НАНО- И МИКРОСИСТЕМНАЯ ТЕХНИКА

- Нанотехнологии
- Зондовая нанотехнология
- Микромашины и наносистемы
- Молекулярная электроника
- Биоактивные нанотехнологии
- Элементы датчиков и биочипы
- Микроэлектромеханические системы
- Нанороботехнические системы
- Биомикроэлектромеханические системы

7 (168)
2014

НАНО- и МИКРОСИСТЕМНАЯ ТЕХНИКА

№ 7(168) ✧ 2014

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЙ ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ И ПРИКЛАДНОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Журнал выпускается при научно-методическом руководстве Отделения нанотехнологий и информационных технологий Российской академии наук

Журнал включен в перечень научных и научно-технических изданий ВАК России, в систему Российского индекса научного цитирования и международную базу данных Scopus

Издается с 1999 г.

Главный редактор
Мальцев П. П., д.т.н, проф.

Зам. гл. редактора
Лучинин В. В., д.т.н. проф.
Шур М., д.ф.-м.н., проф. (США)

Редакционный совет:
Арутов В. В., д.ф.-м.н., проф., чл.-кор. РАН
Асеев А. Л., д.ф.-м.н., проф., акад. РАН
Гапонов С. В., д.ф.-м.н., проф., акад. РАН
Каляев И. А., д.т.н., проф., чл.-кор. РАН
Квардаков В. В., д.ф.-м.н., проф., чл.-кор. РАН
Климов Д. М., д.т.н., проф., акад. РАН
Ковальчук М. В., д.ф.-м.н., проф., чл.-кор. РАН
Нарайкин О. С., д.т.н., проф., чл.-кор. РАН
Низов С. А., д.ф.-м.н., проф., чл.-кор. РАН
Рыжий В. И., д.ф.-м.н., проф., чл.-кор. РАН (Япония)
Сауров А. Н., д.т.н., проф., чл.-кор. РАН
Сигов А. С., д.ф.-м.н., проф., акад. РАН
Чаплыгин Ю. А., д.т.н., проф., чл.-кор. РАН
Шевченко В. Я., д.х.н., проф., акад. РАН

Редакционная коллегия:
Абрамов И. И., д.ф.-м.н., проф. (Беларусь)
Андреев А., к.ф.-м.н., (Великобритания)
Андриевский Р. А., д.х.н., проф.
Антонов Б. И.
Астахов М. В., д.х.н., проф.
Быков В. А., д.т.н., проф.
Волчихин В. И., д.т.н., проф.
Горнев Е. С., д.т.н., проф.
Градецкий В. Г., д.т.н., проф.
Кальнов В. А., к.т.н.
Каракин А. А., д.х.н., проф.
Колобов Ю. Р., д.т.н., проф.
Кузин А. Ю., д.т.н., проф.
Мокров Е. А., д.т.н.
Панич А. Е., д.т.н., проф.
Пантелеев К. В., д.т.н., проф.
Петросянц К. О., д.т.н., проф.
Петрунин В. Ф., д.ф.-м.н., проф.
Пожела К., д.ф.-м.н. (Литва)
Путилов А. В., д.т.н., проф.
Пятышев Е. Н., к.ф.-м.н.
Стриханов М. Н., д.ф.-м.н., проф.
Телец В. А., д.т.н., проф.
Тимошенков С. П., д.т.н., проф.
Тодуа П. А., д.т.н., проф.
Шубарев В. А., д.т.н., проф.

Отв. секретарь
Лысенко А. В.

Редакция:
Григорин-Рябова Е. В.
Чугунова А. В.

Учредитель:
Издательство "Новые технологии"

СОДЕРЖАНИЕ

НАНОТЕХНОЛОГИИ И ЗОНДОВАЯ МИКРОСКОПИЯ

Самойлович М. И., Бовтун В., Белянин А. Ф., Кемпа М., Нужный Д., Клешева С. М., Савинов М. Диэлектрические свойства опаловых матриц с заполнением межсферических нанополостей оксидом цинка . . . 3

МОДЕЛИРОВАНИЕ И КОНСТРУИРОВАНИЕ МНСТ

Тимошенков С. П., Анчутин С. А., Рубчиц В. Г., Зарянкин Н. М., Виноградов А. И., Дернов И. С., Кочурина Е. С. Особенности проектирования и изготовления чувствительного элемента микромеханического акселерометра на КНИ-структурах . . . 10

Вишняков А. В., Ерохин В. В., Иванова Е. М. Автоматизация процедуры выбора микроконтроллера . . . 14

Молодцова Г. В., Милованов Р. А., Зубов Д. Н., Кельм Е. А. Подходы к разделению кристаллов стеклянных сборок при анализе отказов многокристальных интегральных схем . . . 22

Спирин В. Г. Конструкция и технология многоуровневой платы с полимерной изоляцией . . . 24

Глухова О. Е., Колесникова А. С., Слепченков М. М., Шмытин Д. С. Управление движением фосфолипида во внешнем электрическом поле . . . 30

Артемова А. И., Михайлов Ю. А., Панков В. В., Суханов В. С. Оптимизация конструкции чувствительного элемента давления с распределенным жестким центром с помощью компьютерного трехмерного моделирования . . . 34

МАТЕРИАЛОВЕДЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МНСТ

Грицыш Е. А., Жукова С. А., Обижаев Д. Ю., Тютюгин А. В., Турков В. Е. Кинетика травления неорганического "жертвенного" слоя при изготовлении чувствительных элементов инерциальных датчиков по технологии кремний-на-изоляторе . . . 38

Фирсова Н. Ю., Елишин А. С., Марченкова М. А., Болотов А. К., Иванов М. С., Пронин И. П., Сенкевич С. В., Киселев Д. А., Мишина Е. Д. Переключаемость перовскитных микрообластей пленок ЦТС, локально отожженных фемтосекундным лазером инфракрасного диапазона . . . 43

Аверин И. А., Пронин И. А., Мошников В. А., Димитров Д. Ц., Якушова Н. Д., Карманов А. А., Кузнецова М. В. Анализ каталитических и адсорбционных свойств *d*-металлов-модификаторов диоксида олова . . . 47

ЭЛЕМЕНТЫ МНСТ

Новиков С. Г., Гурин Н. Т., Беринцев А. В., Родионов В. А., Штапько А. А., Федоров И. С. Полупроводниковые приборы с S-образной передаточной вольт-амперной характеристикой . . . 52

Аннотации на русском и английском языках с 1999 г. по настоящее время находятся в свободном доступе на сайте журнала (http://microsystems.ru; http://novtex.ru/nmst/) и научной электронной библиотеки (http://elibrary.ru). Электронные версии полнотекстовых статей расположены на сайте журнала: с 1999 по 2012 г. в разделе "АРХИВ".

ПОДПИСКА
по каталогу Роспечати (индекс 79493);
по каталогу "Пресса России" (индекс 27849)
в редакции журнала (тел./факс: (499) 269-55-10)

Адрес для переписки:
107076 Москва,
Стромынский пер., д. 4
e-mail: nmst@novtex.ru

© Издательство "Новые технологии", "Нано- и микросистемная техника", 2014

INTERDISCIPLINARY, SCIENTIFIC, TECHNIQUE AND PRODUCTION JOURNAL

Journal of NANO- and MICROSYSTEM TECHNIQUE

NANO- I MIKROSISTEMNAYA TEHNIKA

ISSN 1813-8586

№ 7 (168) 2014

Maltsev P. P., Dr. Sci. (Tech.), Prof. — **EDITOR IN CHIEF**
Luchinin V. V., Dr. Sci. (Tech.), Prof.
DEPUTY OF EDITOR IN CHIEF
Shur M. S., Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof. (USA) —
DEPUTY OF EDITOR IN CHIEF

Editorial council:

Aristov V. V., Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof., Cor.-Mem. RAS
Aseev A. L., Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof., Acad. RAS
Chaplygin Ju. A., Dr. Sci. (Tech.), Prof., Cor.-Mem. RAS
Gaponov S. V., Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof., Cor.-Mem. RAS
Kaljaev I. A., Dr. Sci. (Tech.), Prof., Cor.-Mem. RAS
Klimov D. M., Dr. Sci. (Tech.), Prof., Acad. RAS
Kovalchuk M. V., Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof., Cor.-Mem. RAS
Kvardakov V. V., Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof., Cor.-Mem. RAS
Narajkin O. S., Dr. Sci. (Tech.), Prof., Cor.-Mem. RAS
Nikitov S. A., Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof., Cor.-Mem. RAS
Ryzhii V. I. (Japan), Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof., Cor.-Mem. RAS
Saurov A. N., Dr. Sci. (Tech.), Prof., Cor.-Mem. RAS
Shevchenko V. Ya., Dr. Sci. (Chem.), Prof., Acad. RAS
Sigov A. S., Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof., Acad. RAS

Editorial board:

Abramov I. I. (Belorussia), Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof.
Andreev A. (UK), Cand. Sci. (Phys.-Math.), Prof.
Andrievskii R. A., Dr. Sci. (Chem.), Prof.
Antonov B. I.
Astahov M. V., Dr. Sci. (Chem.), Prof.
Bykov V. A., Dr. Sci. (Tech.), Prof.
Gornev E. S., Dr. Sci. (Tech.), Prof.
Gradetskiy V. G., Dr. Sci. (Tech.), Prof.
Kalnov V. A., Cand. Sci. (Tech.)
Karjakin A. A., Dr. Sci. (Chem.), Prof.
Kolobov Ju. R., Dr. Sci. (Tech.), Prof.
Kuzin A. U., Dr. Sci. (Tech.), Prof.
Mokrov E. A., Dr. Sci. (Tech.)
Panfilov Ju. V., Dr. Sci. (Tech.), Prof.
Panich A. E., Dr. Sci. (Tech.), Prof.
Petrosjants C. O., Dr. Sci. (Tech.), Prof.
Petrunin V. F., Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof.
Piatishev E. N., Cand. Sci. (Phys.-Math.), Prof.
Pozhela K.(Lithuania), Dr. Sci. (Phys.-Math.)
Putilov A. V., Dr. Sci. (Tech.), Prof.
Strikhanov M. N., Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof.
Shubarev V. A., Dr. Sci. (Tech.), Prof.
Telets V. A., Dr. Sci. (Tech.), Prof.
Timoshenkov S. P., Dr. Sci. (Tech.), Prof.
Todua P. A., Dr. Sci. (Tech.), Prof.
Volchihin V. I., Dr. Sci. (Tech.), Prof.

Executive secretary:

Lysenko A. V.

Editorial staff:

Chugunova A. V.
Grigorin-Ryabova E. V.

Address:

4, Stromynsky Lane, Moscow, 107076, Russia.
Tel/Fax: +7(499)269-55-10. Web: www.microsistems.ru/eng;
e-mail: nmst@novtex.ru

The Journal is included in the list of the Higher Attestation Commission of the Russian Federation, in the Russian system of science citation index and international data base Scopus

Published since November 1999

CONTENTS

NANOTECHNOLOGY AND SCANNING PROBE MICROSCOPY

Samoylovich M. I., Bovtun V., Belyanin A. F., Nuzhnyy D., Kempa M., Klescheva S. M., Savinov M. Dielectric Properties of the Opal Matrix with Filled Interspherical Nanospacing Zinc Oxide 1

MODELLING AND DESIGNING OF MNST

Timoshenkov S. P., Anchutin S. A., Rubchic V. G., Zaryankin N. M., Vinogradov A. I., Dernov I. S., Kochurina E. S. Features of the Design and Manufacturing of Micromechanical Accelerometer Sensor for SOI Structures 10

Vishnekov A. V., Erokhin V. V., Ivanova E. M. Automation of Microcontroller Choice Procedure 14

Molodtsova G. V., Milovanov R. A., Zubov D. N., Kelm E. A. Approaches to a Die Decoupling during Failure Analysys of the 3D Package Integrated Circuits 23

Spirin V. G. Design and Technology of the Layered Charge with Polymeric Insulation 28

Glukhova O. E., Kolesnikova A. S., Slepchenkov M. M., Shmygin D. S. Motion Control Phospholipids in the Electric Field 30

Artemova A. I., Mikhailov Y. A., Pankov V. V., Sukhanov V. S. Optimization of Pressure Sensing Element Construction with Distributed Rigid Center Using 3D Computer Modeling 34

SCIENCE OF MATERIALS AND TECHNOLOGICAL BASICS OF MNST

Grinkin E. A., Zhukova S. A., Obizhaev D. Yu., Tyutyugin A. V., Turkov V. E. Kinetics of Inorganic Sacrificial Layer Etching in the Manufacture of Inertial Sensors Sensing Elements Using Silicon-on-Insulator Technology 38

Firsova N. I., Elshin A. S., Marchenkova M. A., Bolotov A. K., Ivanov M. S., Pronin I. P., Senkevich S. V., Kiselev D. A., Mishina E. D. Switching of Perovskite Micro Regions in Amorphous PZT Thin Films. Annealed with Femtosecond IR Laser 43

Averin I. A., Pronin I. A., Moshnikov V. A., Dimitrov D. Tz., Yakushova N. D., Karmanov A. A., Kuznetcova M. V. Analysis Catalytic and Adsorption Properties of D-Modifier Metal Tin Dioxide 47

MICRO- AND NANOSYSTEM TECHNIQUE ELEMENTS

Novikov S. G., Gurin N. T., Beriutsev A. V., Rodionov V. A., Shtan'ko A. A., Fedorov I. S. Semiconductor Devices with an S-Shaped Transfer Current-Voltage Characteristics 52

УДК 621.383.5

С. Г. Новиков, канд. техн. наук, доц., **Н. Т. Гурин**, д-р физ.-мат. наук, проф., зав. каф., первый проректор, проректор по учебной работе, **А. В. Беринцев**, инженер, **В. А. Родионов**, аспирант, **А. А. Штанько**, науч. сотр., **И. С. Федоров**, студент
E-mail: novikovsg@ulsu.ru
Ульяновский государственный университет

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ПРИБОРЫ С S-ОБРАЗНОЙ ПЕРЕДАТОЧНОЙ ВОЛЬТ-АМПЕРНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКОЙ

Поступила в редакцию 26.02.2014

Рассмотрен новый класс полупроводниковых приборов с передаточными вольт-амперными характеристиками, содержащими участок отрицательного дифференциального сопротивления. Предложены способы описания и реализации приборов с передаточными S-образными вольт-амперными характеристиками. Проведено моделирование передаточных характеристик данных приборов. Показано, что рассмотренные приборы обладают встроенной защитой от перегрузки по напряжению на входе. Такие приборы могут найти применение в различных областях электроники, микроэлектроники, мехатроники и микросистемной техники.

Ключевые слова: *отрицательное сопротивление, моделирование, передаточная вольт-амперная характеристика*

Введение

Современные полупроводниковые приборы с положительной обратной связью (ПОС) [1], имеющие широкие функциональные возможности, принято делить по типу обратной связи (по току или по напряжению) на два класса: полупроводниковые приборы с отрицательным дифференциальным сопротивлением (ОДС) и приборы с отрицательной дифференциальной проводимостью (ОДП). Кроме того, существуют полупроводниковые приборы, обладающие одновременно характеристиками, содержащими как участки ОДС, так и участки ОДП. Эти участки могут наблюдаться одновременно во входных и выходных цепях, например, у тиристора [2], симистора [3], *N*-транзистора [4] и некоторых биполярно-полевых приборов [5]. Также участки ОДС и ОДП можно наблюдать одновременно на выходной ВАХ прибора [6—8]. Кроме того участки, например ОДП, могут быть и на передаточных характеристиках полупроводниковых приборов [9, 10]. При этом в известных источниках отсутствуют данные, связанные с рассмотрением передаточных характеристик четырехполюсников, которые также могут содержать и участки ОДС. Такие приборы имеют встроенную защиту от перегрузки по напряжению на входе.

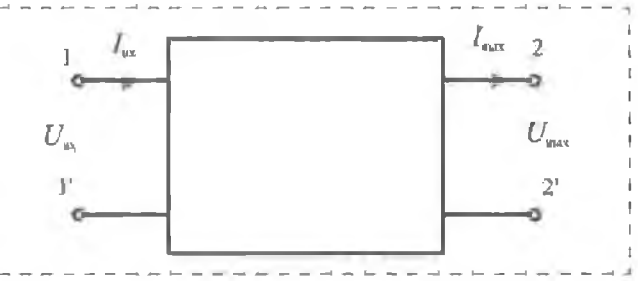
Постановка задачи

Задачи, решаемые в данной работе, касаются разработки, моделирования и исследования приборов с передаточными ВАХ, содержащими участок ОДС. Моделирование выполняли с использованием пакета PSPICE и моделей биполярных и полевых транзисторов.

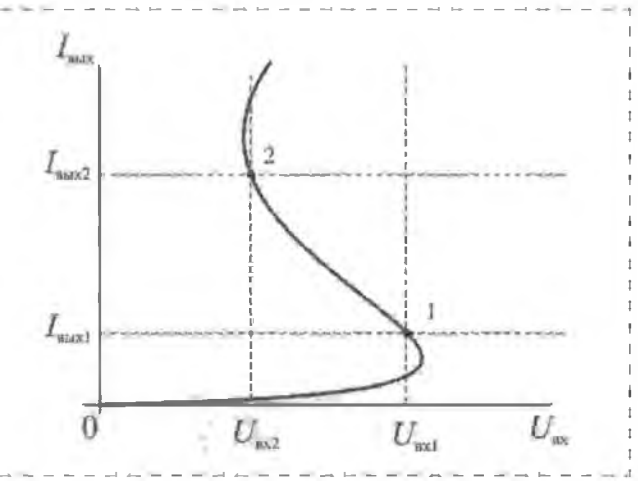
Исследование полупроводниковых приборов с передаточной ВАХ *S*-типа

При исследованиях ПОС полупроводниковый прибор обычно представляется в виде четырехполюсника с внешней или внутренней цепью положительной обратной связи и рассмотрение проводится в рамках классической теории четырехполюсников и теории систем автоматического управления. Для анализа характера отрицательного сопротивления на передаточных характеристиках четырехполюсников с ПОС можно рассмотреть варианты их схемной реализации на основе приборов, имеющих во входной и выходной цепях ВАХ, содержащие участки ОДС и ОДП.

Рассмотрим четырехполюсник (рис. 1), для которого определим условия появления ОДС на передаточных ВАХ.



ис. 1. Четырехполюсник с ОДС и ОДП во входных и выходных епях



ис. 2. Передаточная вольт-амперная характеристика четырехолюсника в случае $U_{вх1} > U_{вх2}$ и $I_{вых1} < I_{вых2}$

В качестве исследуемых характеристик рассмотим передаточные сопротивления с входа на выход с выхода на вход:

$$\Delta Z_{пер12} = \frac{\Delta U_{вх}}{\Delta I_{вых}} = \frac{U_{вх1} - U_{вх2}}{I_{вых1} - I_{вых2}},$$

$$\Delta Z_{пер21} = \frac{\Delta U_{вых}}{\Delta I_{вх}} = \frac{U_{вых1} - U_{вых2}}{I_{вх1} - I_{вх2}}.$$

Индексы 1 и 2 во входных и выходных напряжениях и токах соответствуют точкам на участке ОДС, последовательно появляющимся на кривой ВАХ при движении от начала координат (рис. 2).

Каждое из этих дифференциальных сопротивлений может иметь отрицательное значение, в частности, для $\Delta Z_{пер12}$ при $U_{вх1} > U_{вх2}$ и $I_{вых1} < I_{вых2}$ передаточная ВАХ имеет *S*-образный вид и участок ОДС (рис. 2).

Для передаточного сопротивления с выхода на вход $Z_{пер21}$ при условии $U_{вых1} > U_{вых2}$ и $I_{вх1} < I_{вх2}$ характеристика будет выглядеть аналогично.

Для реализации четырехполюсников с передаточными ВАХ, содержащими участки ОДС, можно воспользоваться известной элементной базой (биполярные и полевые транзисторы) и схемотехническими решениями [11], позволяющими образовать *S*- и *N*-образные характеристики во входных и выходных цепях четырехполюсника.

Как показывает анализ, возможны два варианта получения передаточных *S*-образных ВАХ, которые реализуются при использовании в качестве управляемого элемента прибора с выходной *S*-образной ВАХ.

В первом случае (рис. 3), в качестве управляемого элемента используется трехэлектродный управляемый током прибор с выходной *S*-образной характеристикой (тиристор или симистор [12, 13]). В качестве управляющего прибора можно использовать любой двухэлектродный *N*-прибор или его схемотехнический аналог [11]. В результате такой комбинации происходит следующее. При первоначальном росте тока управления, протекающего через *N*-прибор, включенный в цепь управления *S*-прибора, у последнего наблюдается снижение напряжения переключения. При снижении рабочего тока, протекающего через *N*-прибор (на участке ОДП) происходит снижение тока управления *S*-прибора, и на выходной ВАХ *S*-прибора происходит рост напряжения переключения. Таким образом можно реализовать встроенную защиту от перенапряжения во входной цепи.

Зависимость выходного напряжения от входного тока прибора, реализованного по структурной схеме, изображенной на рис. 3, *а*, имеет участок отрицательного дифференциального сопротивления.

На рис. 3, *б* изображена модельная схема комбинированного прибора такого типа. В качестве управляемого *S*-прибора использован двухтранзисторный схемотехнический аналог тиристора, а в качестве управляющего прибора — схемотехнический аналог λ-диода. Дополнительные резистивные элементы в схеме обеспечивают режим согласования токов и напряжений для этих двух аналогов в составе схемы комбинированного прибора с *S*-образной передаточной ВАХ.

На рис. 3, *в* приведены выходные и передаточные характеристики такого прибора, полученные в результате SPICE-моделирования. График представляет собой поверхность, сечения которой плоскостью ($U_{Э1Э2}$, $I_{Э2}$) являются типичными выходными характеристиками *S*-прибора, управляемого током, а сечения плоскостью ($U_{Э1Э2}$, $U_{Э1Э3}$) являются передаточными ВАХ.

Особенностью представленной на рис. 3, *в* характеристики является то, что поверхность является неограничивающей. Для нахождения рабочих режимов данного прибора необходимо искусственно ограничить области входных напряжений для предотвращения перехода выходной характеристики *N*-прибора в область вторичной положительной ветви и пробоя.

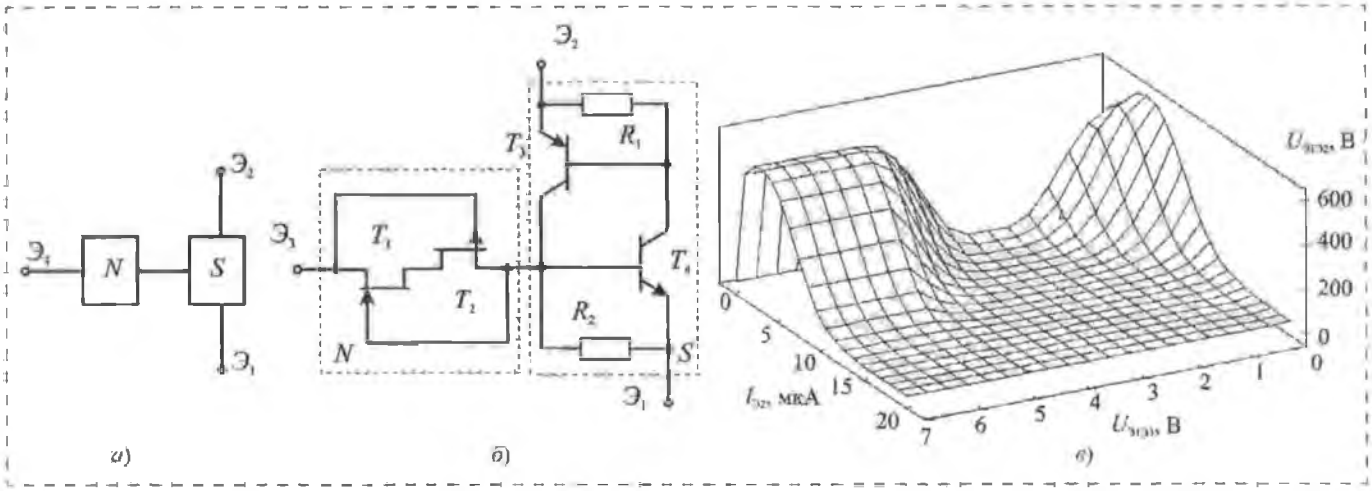


Рис. 3. Структурная (*а*), принципиальная (*б*) схемы комбинированного прибора с передаточными *S*-образными ВАХ и семейство его ВАХ (*в*)

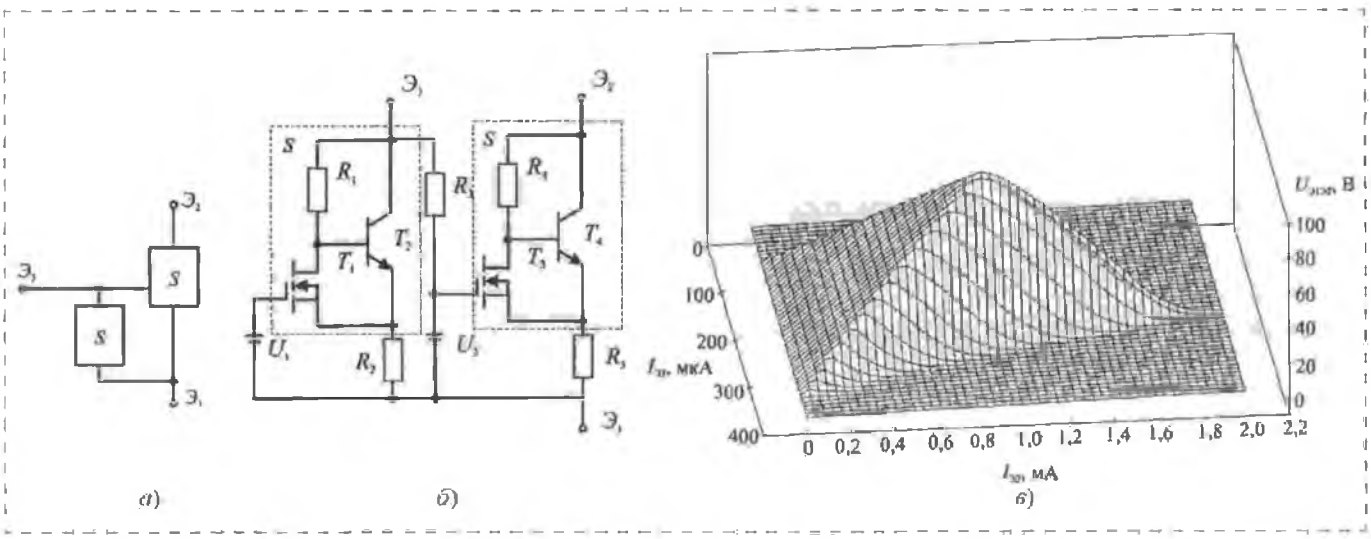


Рис. 4. Структурная (*а*) и принципиальная (*б*) схемы комбинированного прибора с *S*-образными передаточными ВАХ и семейства его ВАХ (*в*)

Другой вариант прибора с *S*-образной передаточной ВАХ представляет собой комбинированный трехэлектродный прибор с выходной *S*-образной ВАХ, управляемый двухэлектродным прибором также с *S*-образной выходной ВАХ (рис. 4, *а*). В результате такого взаимодействия на передаточной ВАХ также наблюдается участок отрицательного дифференциального сопротивления.

При использовании такой комбинации начальный рост входного напряжения, а затем его уменьшение обеспечивают первоначальный рост выходного напряжения, а затем его уменьшение, и появление таким образом передаточной ВАХ *S*-типа.

В качестве модели такого прибора рассмотрена схема, представленная на рис. 4, *б*.

Для построения *S*-приборов использована схема, включающая в себя полевой транзистор с изолированным затвором и биполярный транзистор [11]. Полевой транзистор выполняет роль управляемого шунта, включенного параллельно база-эмиттерному переходу биполярного транзистора. Для получения выходной ВАХ с участком отрицательного дифференциального сопротивления у такого прибора необходимо наличие дополнительного источника напряжения, подключенного к затвору полевого транзистора. При реализации комбинированного прибора с передаточной *S*-образной ВАХ использованы два одинаковых *S*-прибора, включенных по схеме, приведенной на рис. 4, *б*, с дополнительно введенными в схему резистивными делителями напряжения для согласования уровней входных и выходных напряжений *S*-приборов.

Выходные и передаточные характеристики, полученные в результате SPICE-моделирования, рассмотренной схемы в одном поле представляют собой поверхность, представленную на рис. 4, *в*.

Сечения поверхности плоскостью ($U_{Э2}$, $U_{Э1Э2}$) представляют собой типичные выходные характеристики *S*-прибора, а сечения плоскостью ($I_{Э3}$, $U_{Э1Э2}$) являются передаточными ВАХ. Передаточные ВАХ также имеют участок отрицательного дифференциального сопротивления, т. е. являются *S*-образными.

Заключение

Приведенные примеры реализации приборов с передаточными ВАХ *S*-типа указывают на существование отдельного класса приборов — приборов с *S*-образными передаточными ВАХ, у которых помимо входных и выходных статических вольт-амперных характеристик с участками отрицательного сопротивления и отрицательной проводимости и передаточные вольт-амперные характеристиками имеют участок ОДС, в результате чего, для проведения полного анализа работы подобных приборов необходимо рассматривать входные, выходные и передаточные характеристики. Наличие участка ОДС на этих характеристиках значительно расширяет функциональные возможности полупроводниковых приборов.

Таким образом, результаты исследования, представленные в данной работе, указывают на перспективу дальнейшего развития физики и техники полупроводниковых приборов с ОДС и ОДП в направлении создания твердотельных и интегральных приборов с участками отрицательного сопротивления на передаточных ВАХ, аналогичных прибору, описанному в [14], а также исследования влияния различных полей и излучений на свойства таких приборов, что может привести к созданию новой элементной и компонентной базы современной электроники.

Применение таких приборов возможно в различных областях электроники, микроэлектроники, мехатроники и микросистемной техники.

Список литературы

1. **Гаряинов С. А., Абезгауз И. Д.** Полупроводниковые приборы с отрицательным сопротивлением. М.: Энергия, 1970. С. 320.
2. **Гаряинов С. А., Тиходеев Ю. С.** Физические модели полупроводниковых приборов с отрицательным сопротивлением. М.: Радио и связь, 1997. 216 с.
3. **Бакланов С. Б., Гурин Н. Т., Льгчагин Е. В.** и др. Полярно-чувствительные N-образные входные вольт-амперные характеристики симисторной структуры // Изв. вузов Электроника. 2003. № 6. С. 17—21.
4. **Стафеев В. И., Ван-Шоу-Цзюе, Филина Л. В.** Триоды с N-образной характеристикой // Радиотехника и электроника. 1962. Т. 7, № 8. С. 1404—1408.
5. **Two-terminal** negative resistance device employing bipolar-unipolar transistor combination: пат. 3670183 : / Ager D. J., Stanley I. W.; June. 1972.
6. **Многоустойчивый** полупроводниковый прибор: пат. 1095409: / Корабельников А. Т. — № 3503218; заявл. 14.10.1982; опубл. 30.05.1984. Бюл. № 20.
7. **Многоустойчивый** полупроводниковый прибор (его варианты): пат. 1129720: / Корабельников А. Т. — № 3546515; заявл. 28.01.1983; опубл. 15.12.1984, Бюл. № 46.
8. **Семенов А. А., Усанов Д. А.** Активный двухполюсник с S- и N-образной вольт-амперной характеристикой // Изв. вузов. Электроника. 2009. № 2. С. 17—21.
9. **Новиков С. Г., Гурин Н. Т., Корнеев И. В.** Моделирование и исследование биполярного транзистора с передаточной n-образной вольт-амперной характеристикой // Изв. вузов Электроника. 2010. № 4. С. 14—19.
10. **Новиков С. Г., Гурин Н. Т., Корнеев И. В.** Моделирование и исследование негатрона с передаточной N-образной вольт-амперной характеристикой // Нано- и микросистемная техника. 2010. № 4. С. 17— 24.
11. **Chua L., Yu Juebang, Yu Youying.** Bipolar — JFET — MOSFET negative resistance devices // IEEE Transactions on Circuits and Systems. 1985. Vol. 32. P. 46—61.
12. **Герлах В.** Тиристоры: пер. с нем. М.: Энергоатомиздат, 1985. 328 с.
13. **Тейлор П.** Расчет и проектирование тиристоров: пер. с англ. М.: Энергоатомиздат, 1990. 208 с.
14. **Полупроводниковый** прибор со встроенной защитой в цепях управления и нагрузки: пат. 2428765 Российская Федерация: / Новиков С. Г., Гурин Н. Т., Корнеев И. В.; заявитель и патентообладатель УлГУ. — № 2010116561/28; заявл. 26.04.2010; опубл. 10.09.2011, Бюл. № 25.

S. G. Novikov, Associate Professor of the Radiophysics and Electronics Department, Ulyanovsk State University,
N. T. Gurin, Professor, Head of the Radiophysics and Electronics Department, Vice-Rector of Ulyanovsk State University, **A. V. Berintsev**, Engineer, **V. A. Rodionov**, Researcher, **A. A. Shtau'ko**, Researcher,
I. S. Fedorov, Researcher
E-mail: novikovsg@ulsu.ru
Federal State-funded Institution of Higher Professional Education Ulyanovsk State University

Semiconductor Devices with an S-Shaped Transfer Current-Voltage Characteristics

We study a novel class of semiconductor devices with transfer current-voltage characteristics comprising a section exhibiting negative differential resistance. A method to describe and develop various devices with S-shaped current-voltage characteristics has been proposed. Simulation of transfer characteristics in this class of devices has been performed. It is shown that the considered devices have built-in over-voltage protection in the input. Such devices can be used in various fields of electronics, microelectronics, mechatronics and microsystem technics.

Keywords: *negative resistance, modeling, transfer current-voltage characteristic*

References

1. **Garyainov S. A., Abezgauz I. D.** Poluprovodnikovy'e pribory' s otricatel'ny'm soprotivleniem (Semiconductor devices with negative resistance). Moscow: E'nergiya. 1970. 320 p.

2. **Garyainoy S. A., Tixodeey Yu. S.** Fizicheskie modeli poluprovodnikovy'x priborov s otricatel'ny'm soprotivleniem (Physical models of semiconductor devices with negative resistance). Moscow: Radio i svyaz'. 1997. 276 p.

3. **Baklanov S. B., Gurin N. T., Ly'chagin E. V., Novikov S. G., Kartavenko A. V., Kosty'lov M. A.** Polyarno-chuvstvitel'ny'e N-obrazny'e vxodny'e vol't-amperny'e xarakteristiki simistornoj struktury' (Structure of triac with N-shaped polar-sensitive input current-voltage characteristic). *Izvestiya vuzov E'lektronika.* 2003. No. 6. P. 17—21.

4. **Stafeev V. I., Van-Shou-Czyue, Filina L. V.** Triody's N-obraznoj xarakteristikoj (Triodes with an N-shaped characteristic). *Radiotexnika i e'lektronika.* 1962. Vol. 7, No. 8. P. 1404—1408.

5. **Two-terminal** negative resistance device employing bipolar-unipolar transistor combination: пат. 3670183 : / Ager David Joseph, Stanley Ian William: June. 1972.

6. **Korabel'nikov A. T.** Mnogoustojchivy'j poluprovodnikovy'j pribor (Multi stable semiconductor device). Patent RF, No. 1095409, 1984.

7. **Korabel'nikov A. T.** Mnogoustojchivy'j poluprovodnikovy'j pribor (Multi stable semiconductor device (variants thereof)). Patent RF, No. 1129720, 1984.

8. **Semyonov A. A., Usanov D. A.** Aktivny'j dvuxpolyusnik s S- i N-obraznoj vol't-ampernoj xarakteristikoj (Active impedor with the S-and N-shaped current-voltage characteristic). *Izvestiya vuzov E'lektronika.* 2009. No. 2. P. 17—21.

9. **Novikov S. G., Gurin N. T., Korneev I. V.** Modelirovanie i issledovanie bipolyarnogo tranzistora s peredatochnoj n-obraznoj vol't-ampernoj xarakteristikoj (Simulation and research of a bipolar transistor with a transfer N-shaped currentvoltage characteristic). *Izvestiya vuzov E'lektronika.* 2010. No. 4. P. 14—19.

10. **Novikov S. G., Gurin N. T., Korneev I. V.** Modelirovanie i issledovanie negatrona s peredatochnoj N-obraznoj vol't-ampernoj xarakteristikoj (Simulation and research of a negatron with the transfer N-shaped current-voltage characteristic). *Nano- i mikrosistemnaya texnika.* 2010. No. 4. P. 17—24.

11. **Chua L., Yu. Juebang, Yu. Youying.** Bipolar — JFET — MOSFET negative resistance devices. *IEEE Transactions on Circuits and Systems.* 1985. Vol. 32. P. 46—61.

12. **Gerlax V.** Tiristory' (Thyristors). Moscow: E'nergoatomizdat, 1985. 328 p.

13. **Tejlor P.** Raschet i proektirovanie tiristorov (Calculation and design of thyristors). Moscow: E'nergoatomizdat, 1990. 208 p.

14. **Novikov S. G., Gurin N. T., Korneev I. V.** Poluprovodnikovy'j pribor so vstroennoj zashhitoj v cepyax upravleniya i nagruzki (Semiconductor device with integrated protection in control circuits and load). Patent RF, No. 2428765, 2011.

Новая книга

Igor I. Abramov. Brain as an Object of Electronics. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013.

In the monograph the full interpretation of human brain functioning as an object of electronics is first presented. Three hypotheses are formulated, which on the one hand, enable to explain perception, thinking and other important mental functions and, on the other hand, to propose a perspective combined approach of detailed analysis of the brain, based on multilevel simulation in conjunction with experimental methods. The principles of brain functioning are explained from the point of view of a specialist in electronics. A clear definition of what is the thought is first proposed. The monograph will be of interest to a wide range of readers, including specialists in neurophysiology, neuropsychology, neurocybernetics, electronics, etc., as well as students, as it is written in a clear language without new terms.

Ознакомиться и приобрести книгу можно на сайтах:
http://www.amazon.com/
https://www.ljubljuknigi.ru/

Адрес редакции журнала: 107076, Москва, Стромынский пер., 4. Телефон редакции журнала **(499) 269-5510. E-mail: nmst@novtex.ru**
Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия. Свидетельство о регистрации ПИ № 77-18289 от 06.09.04.

Дизайнер *Т. Н. Погорелова.* Технический редактор *Е. М. Патрушева.* Корректор *Е. В. Комиссарова*

Сдано в набор 20.05.2014. Подписано в печать 24.06.2014. Формат 60×88 1/8. Заказ MC614. Цена договорная
Оригинал-макет ООО «Адвансед солюшнз». Отпечатано в ООО «Адвансед солюшнз». 119071, г. Москва, Ленинский пр-т, д. 19, стр. 1.