

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ НАУК

Том 7. IT-технологии и электроника

Сборник научных трудов
XIX Международной конференции студентов, аспирантов
и молодых ученых

26–29 апреля 2022 г.

PROSPECTS OF FUNDAMENTAL SCIENCES DEVELOPMENT

Volume 7. IT-technologies and Electronics

Abstracts

XIX International Conference of students, graduate students
and young scientists

April 26–29, 2022



ТОМСКИЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ



Национальный
исследовательский

Томский
государственный
университет



ТТАСУ



Томский государственный университет
систем управления и радиоэлектроники



ТОМСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
МЕДИЦИНСКИЙ ЦЕНТР
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

Томск 2022

УДК 501:004(063)
ББК 72:32.81.л0
П27

Перспективы развития фундаментальных наук : сборник трудов XIX Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (Томск, 26–29 апреля 2022 г.) : в 7 томах. Том 7. IT-технологии и электроника / под ред. И.А. Курзиной, Г.А. Вороновой. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2022. – 71 с.

ISBN 978-5-4387-1088-2 (т. 7)
ISBN 978-5-4387-1081-3

Сборник содержит труды участников XIX Международной конференции студентов, аспирантов и молодых учёных «Перспективы развития фундаментальных наук», представленные на секции «IT-технологии и электроника».

Предназначен для студентов, аспирантов, молодых ученых и преподавателей, специализирующихся в области интеллектуальных систем управления, автоматизированных систем обработки информации и управления, информационной безопасности, наноэлектроники, получения и исследования наноматериалов, оптоэлектроники и нанофотоники, плазменной эмиссионной электроники, интеллектуальной силовой электроники, СВЧ электроники, систем радиолокации, телевидения, радиосвязи, радиометрии и распространения волн радиочастотного и акустического диапазонов, а также импульсных и радиочастотных измерениях.

УДК 501:004(063)
ББК 72:32.81.л0

Редакционная коллегия

И.А. Курзина, доктор физико-математических наук, доцент;
Г.А. Воронова, кандидат химических наук, доцент;
С.А. Поробова.

ISBN 978-5-4387-1088-2 (т. 7)
ISBN 978-5-4387-1081-3

© ФГАОУ ВО НИ ТПУ, 2022

Tomsk International Science Program (TISP) «Molecular engineering»



The program is related to biological systems engineering. With the application of the concepts and methods of biology (and, secondly, physics, chemistry, mathematics and computer science) to solve actual problems related to the sciences of living organisms or their applications, using analytical and synthetic methodologies of engineering. Biological engineering mainly uses the rapidly developing field of molecular biology and chemoinformatics to study and develop the applications of living organisms.

Studying under this educational program is carried out in the form of full-time studying, including online studying and distance learning technologies. The program is based on problem-based learning (PBL) approach, which is more effective than traditional way of education. Students will actively acquire knowledge and skills needed for your career prospects, your future. With PBL, students are solving complex, interdisciplinary and real-life academic problems.

Full-time form of education

Duration of study - 4 years

Areas of professional activity: healthcare, food industry, chemical, chemical-technological production, cross-cutting professional activities in industry

Study language - English

Tuition fees: 289,510 rubles a year

Admission exams: 2 exams, of which mathematics (mandatory) and a choice of chemistry, physics or computer science. Taking exams online from January to August 2022

Program Application Deadlines: January 10 - August 20, 2022. **Application Link** <https://admissions.tsu.ru/>

Objective of the program: Training of a specialist in the field of molecular engineering, capable of conducting applied research focused on development for a specific task of the enterprise. The program is aimed at training specialists with good mathematical, chemical, biological and IT fundamental background.

Basic disciplines: chemistry, biology, bioinformatics, biochemistry, mathematics, computer science and basic programming, metabolomics, organic synthesis, biomaterials science, applied medical biotechnology, large workshop on medical biotechnology.

The objects of professional activity of graduates are: microorganisms, cellular structures of animals and plants, viruses, enzymes, biologically active chemicals; devices and equipment for studying the properties of used microorganisms, cellular structures and substances obtained with their help in laboratory and industrial conditions; plants and equipment for biotechnological processes; means of quality control of raw materials, semi-finished products and finished products. The field of activity of graduates extends from the creation of artificial organs using technical means or the search for ways to grow organs and tissues using regenerative medicine methods to compensate for reduced or lost physiological functions (biomedical engineering) and to the development of genetically modified organisms, for example, agricultural plants and animals (genetic engineering), as well as molecular design of compounds with desired properties (chemoinformatics, protein engineering, engineering enzymology).

Places for internships for students and subsequent employment of graduates:

Pharmaceutical companies, biotechnology companies, Research Medical Centers, scientific laboratories. Graduates of the undergraduate program can continue their studies at the master's program at TSU or other universities. From the 4th year there is a selection for the double degree program (TSU-France, ParisTech University) «Translational chemical and biomedical technologies» of the master's level.



tisp_tsu



tisp.tsu



tsuTISP

tisp.tsu.ru/apply/



АВТОНОМНАЯ МАГИСТЕРСКАЯ ПРОГРАММА «ТРАНСЛЯЦИОННЫЕ ХИМИЧЕСКИЕ И БИМЕДИЦИНСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ»



Химический факультет



САЕ Институт «Умные материалы и технологии»

Направление подготовки	Химия
Факультет	Химический факультет
Форма обучения	Смешанный формат обучения
Продолжительность программы	2 года
Язык обучения	Русский
Бюджетные места	20

Условия приёма

Приём на первый курс магистратуры проводится на конкурсной основе по заявлениям лиц, имеющих высшее образование. Победители и призеры олимпиад («Магистр ТГУ»), «Химия биотехнологий», («Я - профессионал») имеют возможность получить максимальный балл за вступительный экзамен.

Вступительные испытания: экзамен по химии, собеседование.

Магистерская программа включает возможность обучения по программе двойного диплома совместно с университетом Chimie ParisTech (Франция). За период обучения по одной программе магистратуры можно получить дипломы двух Университетов, углублено освоить курсы химической технологии и инженерии материалов.

КЛЮЧЕВЫЕ ДИСЦИПЛИНЫ ПРОГРАММЫ

Основы общей иммунологии	Введение в медицинскую биологическую химию	Молекулярные методы в биомедицинских исследованиях
Основы клеточной биологии и диагностики клеточных систем	Химические технологии в медицине	Основы биоинформатики
Физико-химические методы анализа органических соединений и фармацевтических субстанций	Биоматериаловедение	Прикладная биоинформатика
		Молекулярная онкология

Магистратура «Трансляционные химические и биомедицинские технологии» – ЭТО:

- междисциплинарные знания на стыке химии, биологии, фармакологии, клеточной и молекулярной биомедицины
- компетенции по проведению доклинических и клинических испытаний, разработка технологического регламента, сертификации, маркетингу и малотоннажному производству продукта
- стажировки в ведущих мировых университетах
- диплом международного уровня
- работа с новыми технологиями
- освоение полного цикла получения продукта: синтез-исследование, доклинические исследования, сертификация, маркетинг

КОНТАКТЫ

Менеджер программы: **Шаповалова Елена**, +7 (953) 928 15 49, egshapovalova@yandex.ru
Заявки оставляйте на сайте: chembiomed.ru или через telegram-бота @smfi_tsu_bot

chembiomed.ru [chembiomed](https://t.me/smfi_tsu_bot)



ПРЕИМУЩЕСТВА ПРОГРАММЫ

- Обучение на базе научных центров ТГУ и Томского НИЦМ, университетов Гейдельберга и Мюнстера (Германия)
- Ведущие зарубежные и российские специалисты
- Индивидуальная образовательная траектория
- Более 30% учебных дисциплин составляют курсы по выбору
- Виртуальные лаборатории Labster (Технический университет Дании)
- Востребованность специалистов по трансляционным химическим и биомедицинским технологиям

ВЕДУЩИЕ ПРЕПОДАВАТЕЛИ



Куркина Ирина Александровна
Руководитель магистерской программы; д.ф.-м.н., доцент, заведующая базовой кафедрой природных соединений, фармацевтической и медицинской химии ХФ ТГУ, зам. заведующего лабораторией трансляционной клеточной и молекулярной биомедицины, НИ ТГУ, Томск, Россия.



Клышкова Юлия Георгиевна
Соруководитель магистерской программы; д.б.н., профессор, зав. лабораторией трансляционной клеточной и молекулярной биомедицины, НИ ТГУ, Томск, Россия. Университет Гейдельберга, Медицинский факультет, Заведующая Отделом Врожденного Иммуитета и Иммунологической Толерантности Института Трансфузионной Медицины и Иммунологии, Мангейм, Германия.



Рыбов Вячеслав Валерьевич
д.м.н., заместитель директора по научной и лечебной работе НИИ кардиологии Томского НИМЦ, и. о. руководителя отделения неотложной кардиологии, профессор кафедры кардиологии ФПК и ППС СибГМУ, в. н. с. лаборатории трансляционной и клеточной биомедицины НИ ТГУ.



Чурина Елена Георгиевна
д.м.н., профессор кафедры органической химии ХФ ТГУ, врач иммунолог-аллерголог, профессор кафедры патофизиологии СибГМУ, член российской ассоциации аллергологов и клинических иммунологов, Томск, Россия.



Хайнрих Лотар Альфред
д.х.н., в.н.с. лаборатории трансляционной клеточной и молекулярной биомедицины НИ ТГУ, Томск, Россия. President of marcotech oHG, Honorary professor of the Westphalian Wilhelms University, Muenster. Руководитель блока инновационных материалов для регенеративной медицины, Мюнстер, Германия



Инженер-технолог

Инженер-разработчик

Инженер-исследователь



СОРБЕНТЫ • ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА • НАНОСТРУКТУРНЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ
ХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ • НОВЫЕ ТИПЫ МАТЕРИАЛОВ
ЭЛЕКТРОННЫЙ УЧЕБНЫЙ КУРС • ВИРТУАЛЬНЫЕ ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Дополнительная профессиональная образовательная программа профессиональной переподготовки по теме

«МЕТОДЫ РАЗРАБОТКИ И ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ПЕРСПЕКТИВНЫХ НАНОСТРУКТУРНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ И СОРБЕНТОВ ДЛЯ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА»

- Основана на компетентностном подходе
- Использует вариативно-модульный принцип построения образовательного процесса
- Выбор модуля обеспечивает формирование требуемых профессиональных компетенций
- Содержание программы разработано в соответствии с потребностями предприятий-производителей катализаторов и сорбентов.

Руководитель программы:

Курзина Ирина Александровна

Kurzina99@mail.ru

Томский государственный университет

САЕ Институт «Умные материалы и технологии»

г. Томск, пр. Ленина, 36



САЕ Институт «Умные материалы и технологии»



ФОНД ИНФРАСТРУКТУРНЫХ И ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ
Группа РОСНАНО

г. Томск

СОДЕРЖАНИЕ

УГРОЗЫ БЕЗОПАСНОСТИ ИНФОРМАЦИИ, ВОЗНИКАЮЩИЕ В РАМКАХ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ В.С. Агеева	8
ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ СФОКУСИРОВАННОГО ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА НА ЕГО ПРОХОЖДЕНИЕ В УЗКОЙ ПРОТЯЖЕННОЙ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ТРУБКЕ В ФОРВАКУУМНОЙ ОБЛАСТИ ДАВЛЕНИЙ И.Ю. Бакеев, Е.А. Иваненко, В.Т. Чан	11
УЯЗВИМОСТИ ПРОТОКОЛОВ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ СИСТЕМ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ Д.А. Баранов, А.О. Терехин, Д.С. Брагин	14
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ БЛАГОНАДЁЖНОСТИ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЕЙ А.А. Гриценко, Е.И. Васильев, Д.Е. Мануилова	17
АНАЛИЗ УГРОЗ ИБ И СПОСОБЫ ИХ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ДЛЯ БД ИАС «EQLENT» ПО ПРОВЕРКЕ КОНТРАГЕНТОВ А.В. Осипенко, Г.Р. Егле, Д.Е. Мануилова	20
МЕТОДЫ ОБНАРУЖЕНИЯ DDOS-АТАК А.С. Звиденцева	23
ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ АЛЮМОХРОМНОЙ КЕРАМИКИ ПРИ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОМ СПЕКАНИИ А.А. Зенин, Г.Ф. Марчук	26
НАНОРАЗМЕРНЫЕ ПЛЕНКИ ИТО ДЛЯ БИОСЕНСОРОВ А.А. Иванова	29
ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ ПУЧКОВОЙ ПЛАЗМЫ ИМПУЛЬСНЫМ ЭЛЕКТРОННЫМ ПУЧКОМ В ФОРВАКУУМНОМ ДИАПАЗОНЕ ДАВЛЕНИЙ ВБЛИЗИ ИЗОЛИРОВАННОЙ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ МИШЕНИ А.В. Казаков, А.В. Никоненко, Н.А. Панченко	32
ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ДОКУМЕНТАМИ ОРГАНИЗАЦИИ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ А.С. Коробко	35
РОБОТИЗАЦИЯ ДЕМОСТРАЦИОННОЙ МОДЕЛИ МАЯТНИКА ЦЕЛЬНЕРА И.Д. Кравцов, Д.А. Лузянин	38
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЕ ГЕНЕРАЦИИ ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА НА ВЕРОЯТНОСТЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ КОНТРАГИРОВАННОГО ДУГОВОГО РАЗРЯДА БЕЗ ПЕРЕХОДА В КАСКАДНЫЙ РЕЖИМ В ФОРВАКУУМНОМ ИСТОЧНИКЕ ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА А.В. Казаков, А.С. Кузьмин, Н.А. Панченко	41
СРАВНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ТЕКСТА С ИЗОБРАЖЕНИЙ П.Ю. Лаптев, С.А. Литовкин, С.А. Давыденко	44
ИССЛЕДОВАНИЕ ОБРАБОТКИ ПОЛИПРОПИЛЕНА ПУЧКОВОЙ ПЛАЗМОЙ, СОЗДАВАЕМОЙ ИМПУЛЬСНЫМ ПУЧКОМ ЭЛЕКТРОНОВ В ФОРВАКУУМНОМ ДИАПАЗОНЕ ДАВЛЕНИЙ А.В. Казаков, А.В. Никоненко, Н.А. Панченко	47
РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ЛАБОРАТОРНОГО ТГЦ СПЕКТРОМЕТРА С ВРЕМЕННЫМ РАЗРЕШЕНИЕМ А.И. Олехнович, Д.М. Ежов	50
МОДЕЛИРОВАНИЕ ОТКАЗОВ ЭЛЕМЕНТОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОНТОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ М.Н. Полковская, Н.В. Бендик	53
ВЛИЯНИЕ АТАК ПО ТЕПЛОВЫМ КАНАЛАМ НА КОМПОНЕНТЫ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ Е.А. Прозорова, И.Е. Вдовина	56
ДЕРЕВО РЕШЕНИЙ ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ СЛУЧАЕВ ИНФИЦИРОВАНИЯ ПАЦИЕНТОВ	59

ИКСОДОВЫМИ КЛЕЩАМИ

В.С. Сафронов, Е.В. Сафронова

ФОРМИРОВАНИЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ НА ПОЛИПРОПИЛЕНЕ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВЫМ МЕТОДОМ В ФОРМВАКУУМНОЙ ОБЛАСТИ ДАВЛЕНИЙ

В.Т. Чан, А.С. Климов

62

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ОМИЧЕСКОГО КОНТАКТА К n-GaAs НА ОСНОВЕ СТРУКТУР Ge/Au/Ni/Au и Ni/Ge/Au/Ni/Au

А.Е. Шестериков, Д.А. Шестерикова

65

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ПЛАЗМЫ В ДЛИННОЙ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ТРУБКЕ ПРИ ИНЖЕКЦИИ ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА

Д.В. Эйгус, К.И. Карпов, Л.Ж. Нгон А Кики

68

УДК 004.056.53

**УГРОЗЫ БЕЗОПАСНОСТИ ИНФОРМАЦИИ, ВОЗНИКАЮЩИЕ В РАМКАХ
ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ**В.С. Агеева

Научный руководитель: Доцент, к.т.н. А.А. Конев

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники

Россия, г. Томск, пр-т Ленина, 40, 634050

E-mail: avsl@fb.tusur.ru

**THREATS TO THE SECURITY OF INFORMATION THAT ARISE WITHIN THE INFORMATION
SYSTEM**V.S. Ageeva

Scientific supervisor: Ass. Pr., A.A. Konev

Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, Russia, Tomsk, 40 Lenin Pr., 634050

E-mail: avsl@fb.tusur.ru

***Abstract.** Information security is one of the most important attributes of distributed systems that often operate on unreliable networks. Enabling security features during the development of a distributed system requires careful analysis of potential attacks or threats in different contexts, a process often referred to as «threat modeling».*

Введение. Потребность в защите информации не вызывает сомнений, а любая спроектированная и сданная в эксплуатацию система должна нести в себе адекватные существующим угрозам функции защиты. Защита информации должна носить комплексный характер, но необходимо учитывать и возможность возникновения угроз, специфичных для конкретной информационной системы. На этапе анализа важно не упустить существенных деталей, но и не переоценить некоторые из них, поскольку это может повлечь неоправданные финансовые и материальные расходы. На стадии проектирования системы необходимо определить, какой уровень защищенности должна иметь конечная система, а на этапе тестирования - уметь оценить параметры безопасности конечной системы и сопоставить их с начальным заданием по безопасности.

Цель исследования: сформировать формальное описание систему и список угроз, возникающих при передаче информации, и сопоставить их с типовой угрозой.

Материалы и методы исследования. В ходе исследования было проанализировано большое количество моделей, ниже представлены некоторые из них.

В [1] авторы описали подходы к моделированию угроз в киберфизических системах. Для начала была построена модель системы, для которой можно было определить ее поверхность атаки для дальнейшего анализа. Авторами были рассмотрены только уязвимости, связанные с сетевым протоколом связи, и определено четыре типа угроз: ложное сообщение, удаление сообщения, повреждение сообщения и флуд сообщения. Полезность данной статьи заключается в том, что ее можно использовать для применения описания киберфизической системы и определения типов угроз в сетевых протоколах, если возникают трудности в процессе формализации собственных моделей.

В [2] авторы провели анализ существующих моделей компьютерных сетей, в которых используется выявление угроз, а также существующих подходов к построению моделей угроз компьютерным сетям. На основе проведенного анализа была разработана модель компьютерной сети, основанная на математическом аппарате атрибутивных метаграфов. Построенная модель позволяет описать программные компоненты компьютерных сетей и связи между ними. После этого была разработана модель угроз безопасности программного обеспечения компьютерных сетей, позволяющая противодействовать угрозам конфиденциальности и целостности программного обеспечения компьютерных сетей. Опираясь на данное исследование, можно воспользоваться смоделированной системой для компьютерных сетей в качестве базиса, но с дополнением списка угроз на данную систему из своих научных трудов, так как авторы рассматривали только программные элементы компьютерных сетей и связи между ними.

Можно сделать вывод о том, что существующие модели на сегодняшний день неполны, узконаправлены. Также они содержат в себе неполный спектр информации, касаемо существующих угроз.

В таблице 1 представлено формальное описание модели системы.

Таблица 1

Формальное описание модели системы

Уровень	Элемент	Канал	Параметры
Территория	Пункт охраны Станция электроснабжения Здание с рабочими местами	Санкционированный маршрут от точки А к точке Б	1. Уровень и тип обрабатываемой информации 2. Местоположение территории 3. Структура территории 4.1 Граничные параметры системы защиты (турникеты, окна, двери, решетки, сигнализация) 4.2 Внутренние параметры системы защиты (камеры, охрана, сигнализация)
Здание	Пункт охраны Подземная парковка Кабинеты Архив Крыша	Санкционированный маршрут от точки А к точке Б	1. Уровень и тип обрабатываемой информации 2. Местоположение зданий 3. Структура зданий (кол-во этажей, расположение лестниц, запасные выходы) 4.1 Граничные параметры системы защиты (что нужно предъявить на входе, чтобы попасть в здание) 4.2 Внутренние параметры системы защиты (какие окна, двери, камеры, решетки установлены в кабинетах, что именно находится в кабинете)
Кабинет	АРМ Сейф (если брать переговорную) Экран Проректор	Санкционированный маршрут от точки А к точке Б	1. Уровень и тип обрабатываемой информации 2. Местоположение кабинетов 3. Структура кабинета (какая дверь на входе, сколько окон, есть ли решетки, сколько АРМ в одном кабинете) 4.1 Граничные параметры системы защиты (окна, двери, решетки, сигнализация) 4.2 Внутренние параметры системы защиты (камеры, сигнализация)

Результаты. В процессе исследования модели были получены угрозы для конфиденциальности и целостности системы, показанные в таблицах 2-4.

Для каждой угрозы конфиденциальности был определен ее тип для элементов:

– 1 тип – разглашение информации о местоположении; 2 тип – разглашение информации о перечне сотрудников; 3 тип – разглашение информации об атрибутах.

Также для каждой угрозы целостности были определены типы:

–1 тип – отключение/удаление; – 2 тип – добавление; – 3 тип – подмена; – 4 тип – изменение атрибутов.

Таблица 2

Примеры угроз конфиденциальности системы для элемента

Элемент	Список угроз	Типы угроз
Кабинет	<ul style="list-style-type: none"> - разглашение (утечка) о местоположении кабинета и его № с конфиденциальной информацией; - разглашение (утечка) перечня сотрудников, которые имеют право работать с конфиденциальной информацией (список сотрудников, у которых есть доступ на вход в кабинеты); - разглашение (утечка) плана кабинета и уровня конфиденциальной информации, которая там хранится и обрабатывается; 	<ul style="list-style-type: none"> - 1 тип; - 2 тип; - 3 тип.

Таблица 3

Примеры угроз целостности системы для элемента

Элемент	Список угроз	Типы угроз
Кабинет	<ul style="list-style-type: none"> - удаление данных с носителей информации; - установка незадекларированных средств передачи информации; - подмена трансляции камер наблюдения; - несанкционированное изменение списков доступа в кабинет 	<ul style="list-style-type: none"> - 1 тип; - 2 тип; - 3 тип; - 4 тип

Заключение. Для того чтобы полно описать систему, нужно описать ее модель объекта защиты и подходящие методы классификации угроз или же модель угроз.

В ходе исследования было проанализировано множество русско- и англоязычных публикаций, но только малый процент исследователей рассматривают одновременно формальное описание объекта защиты и модель угроз. Стоит отметить, что в данных статьях модели объекта защиты являются узконаправленными, то есть, нет какой-либо абстрактной модели, которая подходила бы под любую организацию. Различные формулировки объектов защиты и методов классификации угроз, охватываемые изученными методологиями, вызваны тем фактом, что каждая организация пытается внедрить свою собственную модель системы и модель угроз, на нее направленную, для дальнейшего использования, так как нет единой формально описанной модели, которая подходила бы под любую организацию.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что из-за отсутствия универсальной модели системы и модели угроз, направленной на систему, многие организации пренебрегают защитой информации, и, следовательно, теряют конфиденциальные данные. Если не обращаться с осторожностью, прямое применение неполных методологий может привести к неспособности полностью соответствовать нормативным требованиям и продемонстрировать их соблюдение, что приведет к большим штрафам и потерям.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках базовой части государственного задания ТУСУРа на 2020–2022 гг. (проект № FEWM-2020-0037).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Baquero A.O., Kornecki A.J., Zalewski J. Threat Modeling for Aviation Computer Security // 11th International Conference on Availability, Reliability and Security, ARES 2016. – Salzburg, Austria, 2016.
2. Novokhrestov A., Konev A., Shelupanov A. Model of Threats to Computer Network Software //Symmetry. – 2019. – Vol. 1506. – P. 1-12.

УДК 537.533

**ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ СФОКУСИРОВАННОГО ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА НА ЕГО
ПРОХОЖДЕНИЕ В УЗКОЙ ПРОТЯЖЕННОЙ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ТРУБКЕ
В ФОРВАКУУМНОЙ ОБЛАСТИ ДАВЛЕНИЙ**

И.Ю. Бакеев, Е.А. Иваненко, В.Т. Чан

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 40, 634050

E-mail: bakeeviyu@mail.ru

**EFFECT OF THE PARAMETERS OF A FOCUSED ELECTRON BEAM ON ITS PASSAGE IN
A NARROW EXTENDED METAL TUBE IN THE FOREVACUUM PRESSURE RANGE**

I.Yu. Bakeev, E.A. Ivanenko, V.T. Tran

Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, Russia, Tomsk, Lenin str., 40, 634050

E-mail: bakeeviyu@mail.ru

***Abstract.** The results of studying the processes of the passage of a focused electron beam through a narrow extended metal tube in the region of elevated pressures in the fore vacuum range are presented. The dependences of the coefficient of current transmission of the electron beam through the tube on the beam current, accelerating voltage, and pressure of the working gas are obtained.*

Введение. Ионно-плазменные методы обработки нашли широкое применение для задач очистки поверхности, нанесения покрытий и модифицирования приповерхностного слоя диэлектрических и металлических материалов различного назначения [1]. Ионно-плазменная обработка внутренних поверхностей узких протяженных полостей с поперечным размером в несколько миллиметров требует совместного решения задач проникновения плазмы в полость и обеспечения ее равномерности по всей длине полости. Решению проблемы ионно-плазменной обработки внутренней поверхности трубчатых изделий посвящено множество работ [2-4]. Одним из способов облегчения генерации плазмы в узких протяженных металлических полостях является инжекция электронов в полость для инициирования несамостоятельного тлеющего разряда [4]. Однако, использование сфокусированного электронного пучка, генерируемого при повышенных давлениях рабочего газа [5], в качестве источника ионизации внутри полости может обеспечить большие возможности управления процессами инициирования и горения несамостоятельного тлеющего разряда у узкой протяженной полости.

Цель настоящей работы заключалась в исследовании процессов прохождения сфокусированного электронного пучка через протяженную узкую металлическую трубку, а, именно, в определении характера влияния параметров электронного источника и давления рабочего газа на прохождение сфокусированного пучка через трубку.

Методика и техника эксперимента. Расположение функциональных электродов источника электронов, а также схемы проведения исследования распределений токов электронного пучка при его прохождении в металлической трубке представлены на рис. 1.

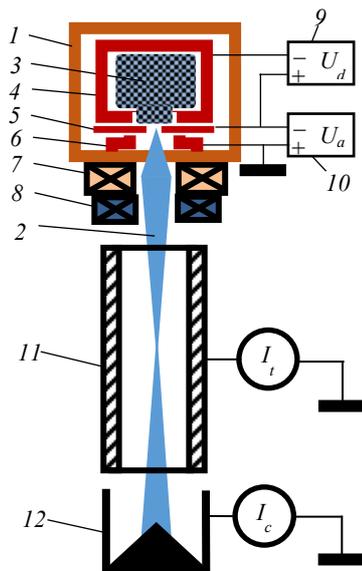


Рис. 1. Схема экспериментальной установки: 1 – форвакуумный плазменный источник электронов; 2 – сфокусированный электронный пучок; 3 – эмиссионная плазма; 4 – полный катод; 5 – анод с центральным эмиссионным каналом; 6 – экстрактор; 7 – магнитная фокусирующая линза; 8 – магнитная отклоняющая система; 9 – источник питания разряда; 10 – источник ускоряющего напряжения; 11 – металлическая трубка; 12 – коллектор

Подробное описание конструкции форвакуумного источника электронов, предназначенного для генерации сфокусированного электронного пучка, и принципа его работы изложено в [5].

Эксперименты производились при использовании металлической трубки 11 из нержавеющей стали с внутренним диаметром полости $D_t = 9,2$ мм и протяженностью $L_t = 30$ см. Под нижним концом трубки 11 устанавливался коллектор, представляющий собой цилиндр Фарадея 12. В процессе экспериментов измерялись значения тока I_t , протекающего через трубку 11, а также тока I_c , прошедшего через трубку и попавшего на коллектор 12. Полный ток пучка I_b определялся как сумма токов, протекающих через трубку и коллектор, $I_b = (I_c + I_t)$. Доля тока электронного пучка, прошедшая через трубку (далее коэффициент токопрохождения I_c/I_b) определялась как $I_c / (I_c + I_t)$.

Результаты. Полученные экспериментальные зависимости коэффициента токопрохождения сфокусированного электронного пучка через металлическую трубку в зависимости от тока разряда и тока пучка при различных ускоряющих напряжениях и давлениях рабочего газа представлены на рис. 2.

Из представленных на рис. 2а результатов видно, что коэффициент токопрохождения I_c/I_b уменьшается при увеличении тока разряда I_d , и вызванного этим, увеличением тока пучка I_b , рис. 2б. При этом рост ускоряющего напряжения приводит к увеличению значений коэффициента токопрохождения и к уменьшению крутизны зависимости $I_c/I_b(I_d)$, как показано на рис. 2а. Из рис. 2б видно, что при повышении давления рабочего газа (кривые 6, 7) характер зависимостей $I_c/I_b(I_b)$ и их поведение в зависимости от ускоряющего напряжения сохраняются. Рост давления в данном случае приводит к уменьшению значений коэффициента токопрохождения. Большие значения тока пучка на кривых 6,7 на рис. 2б по сравнению с меньшим давлением (кривые 4, 5) вызвано ростом концентрации эмиссионной

плазми при незмінному тоці розряду по мірі збільшення тиску в порожньому катоді, що і призводить до збільшення току емісії і току пучка.

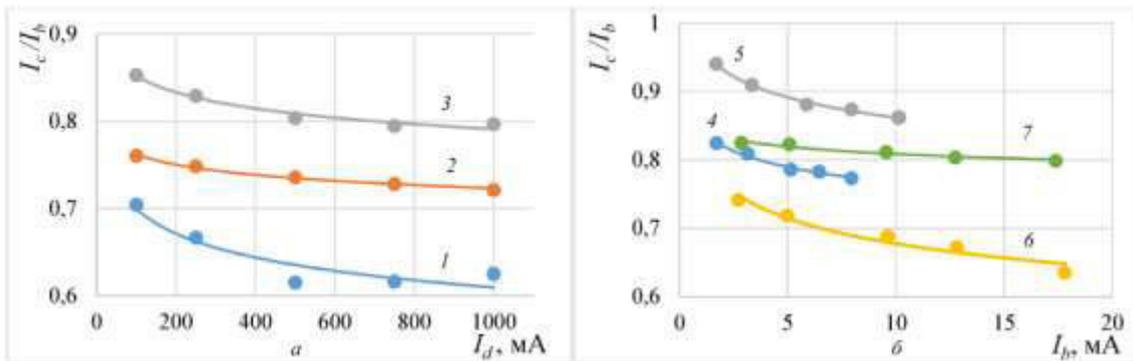


Рис. 2. Залежності коефіцієнта токопроходження I_c/I_b від току розряду I_d (а) і току пучка I_b (б) для різних прискорюючих напруг U_a (1 – $U_a = 10$ кВ; 2 – $U_a = 15$ кВ; 3 – $U_a = 20$ кВ, $p = 2$ Па) і тиску робочого газу p (4 – $U_a = 10$ кВ і $p = 2$ Па; 5 – $U_a = 20$ кВ і $p = 2$ Па; 6 – $U_a = 10$ кВ і $p = 3$ Па; 7 – $U_a = 20$ кВ і $p = 3$ Па)

Висновок. В результаті проведених досліджень показано, що коефіцієнт токопроходження сфокусованого електронного пучка через вузьку протягнену металічну трубку, що відбиває частину току пучка, що пройшла через трубку без втрат на внутрішніх стінках, монотонно зменшується при збільшенні току розряду і току пучка. Збільшення прискорюючої напруги призводить до зростання коефіцієнта токопроходження, як і зменшення тиску робочого газу.

Дослідження виконано при фінансовій підтримці РФФІ в рамках наукового проекту № 20-38-90184.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Shul R.J., Pearton S.J. Handbook of advanced plasma processing techniques. – Berlin: Springer Science & Business Media, 2011. – 655 p.
2. Kwon S.C., Park M.J., Baek W.S., Lee G.H. Geometric effect of ion nitriding on the nitride growth behavior in hollow tube // Journal of Materials Engineering and Performance. – 1992. – Vol. 1., No. 3. – P. 353-358.
3. Borisjuk Y.V., Mozgrin D.V., Oreshnikova N.M., Berdnikova M.M., Pisarev A.A. Nitriding of internal cylindrical surfaces in abnormal glow discharge // Journal of Surface Investigation: X-ray, Synchrotron and Neutron Techniques. – 2018. – Vol. 12., No. 3. – P. 603-606.
4. Ignatov D.Y., Lopatin I.V., Denisov V.V., Koval N.N., Ahmadeev Y.H. Generation of Plasma in Non-Self-Sustained Glow Discharge With Hollow Cathode for Nitriding Inner Surfaces of Elongated and Complex Shaped Cavities // IEEE Transactions on Plasma Science. – 2020. – Vol. 48., No. 6. – P. 2050-2059.
5. Bakeev I.Y., Klimov A.S., Oks E.M., Zenin A.A. Generation of high-power-density electron beams by a forevacuum-pressure plasma-cathode electron source // Plasma Sources Science and Technology. – 2018. – Vol. 27., No. 7. – P. 075002.

УДК 004.056.5

Уязвимости протоколов передачи данных систем Интернета вещейД.А. Баранов, А.О. Терехин, Д.С. Брагин

Научный руководитель: профессор, д.т.н., А.А. Шелупанов

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники,

Россия, г. Томск, ул. Ленина, 40, 634050

E-mail: bda@csp.tusur.ru**VULNERABILITIES OF DATA TRANSFER PROTOCOLS IN THE INTERNET OF THINGS
SYSTEMS**D.A. Baranov, A.O. Terekhin, D.S. Bragin

Scientific Supervisor: Professor A.A. Shelupanov

Tomsk State University of System Control and Radioelectronics, Russia, Tomsk, Lenin ave., 40, 634050

E-mail: bda@csp.tusur.ru

***Abstract.** This article presents the vulnerabilities of the main protocols in the Internet of things systems, attacks that use these vulnerabilities; models are proposed that make it possible to investigate the means of protection.*

Введение. Особенностью систем Интернета вещей является большое количество разнообразных устройств, осуществляющих взаимодействие между собой и сетью Интернет. При проектировании и внедрении таких систем уделяется недостаточное внимание использованию специализированного программного обеспечения, а также реализации средств защиты информации. В первую очередь это связано с аппаратными возможностями, в частности: небольшой объем оперативной памяти, низкие вычислительные мощности этих устройств. Несмотря на данные особенности, количество таких приборов непрерывно растет [1].

Системы Интернета вещей находят применение в управлении критически важными элементами инфраструктуры в промышленности, жилищно-коммунальном секторе, торговле, энергетике, медицине. В связи с цифровизацией многих сфер жизнедеятельности, а также сложившейся напряженной геополитической обстановкой, наблюдается активный рост атак на информационные системы. По оценкам аналитиков, одной из причин пристального внимания к элементам систем Интернет вещей со стороны злоумышленников является подключение устройств к «общедоступным» сетям и их взаимодействие с облачными технологиями [2].

Таким образом, **целью исследования** является формирование списка уязвимостей основных протоколов в системах Интернета вещей и атак, использующих данные уязвимости, анализ моделей противодействия угрозам, в основе которых лежат данные уязвимости.

Уязвимости в системах Интернета вещей. Для систем Интернета вещей безопасность включает в себя обеспечение доверенного доступа (как для пользователей системы, так и устройств), возможность предотвращения атак, имеющих физический и виртуальный характер, обеспечение целостности кода [3, 4]. В связи с этим в таблице 1 были выделены основные протоколы, используемые в системах Интернета вещей, а также перечень актуальных уязвимостей каждого из них [5].

Таблица 1

Уязвимости протоколов Интернета вещей

Протокол	Уязвимости
AMQP	Недостаточная инкапсуляция кода Недостаточная проверка подлинности пользователя Десериализация недоверенных данных
MQTT	Недостаточная проверка подлинности пользователя (доступ к файлам) Неконтролируемая агрегация пользовательских данных в каналах связи Неконтролируемое предоставление привилегий прав доступа брокеру
Bluetooth	Недостаточный контроль памяти канального уровня Недостаточный контроль длины связующего слоя Недостаточный контроль размера ключей шифрования Недостаточная проверка подлинности запросов на подключение
WiFi	Частое использование настроек по умолчанию Десериализация незашифрованных данных Недостаточный контроль при агрегации и фрагментации кадров Недостаточный контроль кадров, хранящихся в памяти (кэш) Отсутствие принадлежности фрагментов кадров адресатам
LoRaWan	Недостаточный контроль хранения ключей шифрования и меток идентификаторов устройств Десериализация недоверенных данных
Zigbee	Неконтролируемая обработка недействительных запросов Десериализация недоверенных данных Недостаточный контроль предоставления привилегий прав доступа узлам (избыточность) Недостаточный контроль размера пакета

Результаты. На основе списка рассмотренных уязвимостей, можно сделать вывод, что основной проблемой протоколов Интернета вещей является недостаточный контроль трафика данных между элементами системы. Однако, такая особенность обуславливается стандартами, которые описывают работу данных протоколов. В таблице 2 приведен список атак, направленных на имеющиеся уязвимости с предложенными моделями защиты с разделением по типу атак.

Таблица 2

Модели защиты информации

Атаки	Модель защиты
Wormhole Black Hole	Модель с использованием перестановок и подтверждения Модель с использованием К-средних и расчета репутации
Brute-force	Модель сетевых приманок (Honeypot-like moving-target)
DDoS	Модель сетевых приманок (Honeypot-like moving-target)
Sybil Replay Spam Collusion Cloning	Модель сетевых приманок (Honeypot-like moving-target) Модель сравнения и проверки положения (CAM-PVM model)
False Message Message Modification	Модель сравнения и проверки положения (CAM-PVM model)

Заключение. Таким образом, можно сделать вывод, что для предотвращения различных типов атак, направленных на элементы системы Интернета вещей, применяются разные методы и средства защиты. Для организации комплексной защиты системы от приведенных атак необходимо разработать

программно-аппаратный комплекс, объединяющий в себя различные модели защиты. Решение данной научно-технической задачи может быть обеспечено следующим путем: анализ функционала каждой из моделей защиты, формирование структурно-функциональной схемы комплекса, интеграция различных модулей в единую систему.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бычков К. От Internet of Things к Internet of Everything: как цифровые устройства захватывают мир. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8826541> (дата обращения: 06.03.22).
2. Забула С. Как усилить безопасность интернета вещей (IoT) в организации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.anti-malware.ru/practice/solutions/How-to-strengthen-IoT-security> (Дата обращения 06.03.22).
3. Новохрестов А.К., Конев А.А., Шелупанов А.А., Егошин Н.С. Модель угроз безопасности информации и ее носителей // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2017. – № 12. – С. 131.
4. Шелупанов А.А., Евсютин О.О., Конев А.А., Костюченко Е.Ю., Кручинин Д.В., Никифоров Д.С. Актуальные направления развития методов и средств защиты информации // Доклады ТУСУРа. – 2017. – Т. 20. – №3. – С. 11-24.
5. Baig Z., Hannay P. Security vulnerabilities and cyber threat analysis of the AMQP protocol for the internet of things. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ro.ecu.edu.au/cgi/viewcontent.cgi?referer=https://www.google.com/&httpsredir=1&article=1208&context=ism> (Дата обращения 01.04.22)

УДК 004.85

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
БЛАГОНАДЕЖНОСТИ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЕЙ**

А.А. Гриценко, Е.И. Васильев, Д.Е. Мануилова

Научный руководитель: ст. преп. А.С. Колтайс

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 40, 634050

E-mail: alexei.gritsenko20.01@gmail.com

**COMPARATIVE ANALYSIS OF MACHINE LEARNING METHODS FOR DETERMINING THE
RELIABILITY OF INDIVIDUAL ENTREPRENEURS**

A.A. Gritsenko, E.I. Vasiliev, D.E. Manuilova

Scientific Supervisor: Art. prep A.S. Koltais

Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, Russia, Tomsk, Lenin str., 40, 634050

E-mail: alexei.gritsenko20.01@gmail.com

Abstract. *The present article devoted for the comparison of machine learning methods, the pros and cons of each method were identified, as well as the factors of their assessment. Selected classifiers are checked on a mathematical model for determining the trustworthiness of individual entrepreneurs.*

Введение. По данным Единой межведомственной информационно-статистической системы за 2021 год количество экономических преступлений достигло 117 тысяч [1]. Данный показатель по сравнению с 2020 годом вырос на 11%. Подобные изменения непосредственно ставят под угрозу осуществление сделок малых и средних бизнесов. Например, большинство партнёров будут пытаться завладеть чужими денежными средствами. В связи с этим актуально использовать модели определения благонадёжности индивидуальных предпринимателей (ИП), способствующие снижению всевозможных рисков и взаимовыгодному сотрудничеству с контрагентами. Задача оценки контрагентов возможно реализовать через способы автоматизации с помощью использования машинного обучения (МО). На сегодняшний день существует множество различных методов МО, следовательно, необходимо грамотно и объективно их оценить для корректного выбора использования при определении благонадёжности ИП.

Экспериментальная часть. В проектной группе была апробирована математическая модель по определению благонадёжности контрагентов-ИП с использованием методов машинного обучения [2–4]. Апробация проходила на наборе данных, состоящего из 7653 контрагентов-ИП Томской области. Среди классификаторов использовалось дерево принятия решений, метод k-ближайших соседей, а также метод опорных векторов.

Основная идея дерева решений состоит в представлении модели в виде дерева – связного графа, состоящего из «листьев» и «веток». Листьями являются конечные узлы графа, определяющие результат модели, а ветки – его рёбрами с оценкой критерием. Для классификации нового объекта необходимо пройти от корня дерева до листа, делая каждый раз выбор, в зависимости от значений критериев объекта. Итоговый лист содержит информацию о присвоенном классе объекту.

Метод k -ближайших соседей и метод опорных векторов работают в n -мерном пространстве, где n – количество определяющих критериев. В данных моделях имеющиеся данные закладываются в пространство по значению критериев, а уже на этой основе будет применяться анализ последующих объектов. Несмотря на общую концепцию пространства, данные методы имеют разный подход к определению классов и, как по итогу, разные результаты.

Метод опорных векторов разделяет пространство гиперплоскостью, которая послужит границей разделения точек разных классов. Она строится так, чтобы расстояние до ближайших точек разных классов было максимальным и равно между собой.

Если прошлый метод разделял пространство на части гиперплоскостью, то метод k -ближайших соседей использует расстояние между имеющимися точками и новыми. Для оценки объект анализа закладывается в пространство, в котором рассчитывается расстояние до всех объектов, чтобы запомнить k -ближайших. По большинству точек класса будет определяться результат.

При сравнении данных методов МО были рассмотрены следующие критерии:

- время обучения;
- время анализа;
- точность;
- вес обученной модели;
- визуализация.

Время обучения – менее значимый критерий, так как обучение происходит разово, и в дальнейшем нужно только при переобучении модели. Данный показатель будет замеряться на наборе критериев контрагентов – чем меньше он будет, тем быстрее обучается метод.

Если предыдущий рассмотренный критерий может влиять не на все случаи применения машинного обучения, то время анализа является более значимым, так как оценка всегда производится. Измерение текущего показателя времени будет проходить аналогичным образом.

Под точностью в данной работе принимается доля правильно определённых контрагентов. Этот показатель является ключевым, так как остальные критерии не будут важны, если метод не может успешно классифицировать контрагентов.

Каждая модель требует места хранения параметров для классификации. Некоторые из них могут требовать наличия обучающих данных для анализа. К этой категории относится метод k -ближайших соседей, обученная модель которого содержит информацию по каждому ИП. В итоге для модели потребуется больше места памяти, чем для той модели, которой нужны лишь обобщённые данные для классификации.

Планируемая информационно-аналитическая система (ИАС) по определению благонадёжности контрагентов будет иметь для использования открытый доступ среди пользователей. Если получится передать информацию об оценке ИП не только текстом, но и при помощи визуализации, прежде всего это скажется на восприятии отчёта пользователем.

Результаты. Анализ каждого метода по установленным критериям приведён в таблице 1. По времени обучения наилучший результат показал метод дерева принятия решений – 3042 мкс., как и по времени затраченному на анализ – 552 мкс на оценку выборки из 1531 контрагента.

Точность методов дерева решений и опорных векторов составляет 99,93%, когда метод k-ближайших соседей опережает этот показатель с 99,96%. Стоит отметить, что такое произошло за счёт принятия средней точности по нескольким десяткам проверок.

Таблица 1

Сравнение методов машинного обучения

Критерий оценивания	Дерево принятия решений	Метод опорных векторов	Метод k-ближайших соседей
Время обучения, мкс	3042	11103	9624
Время анализа, мкс	552	1792	173558
Точность, %	99,93	99,93	99,96
Вес модели, КБ	3,1	2,2	902
Визуализация	возможна	невозможна	невозможна

Веса каждой обученной модели МО были измерены как файлы, экспортированные из программы. Модель по методу k-ближайших соседей оказалась самой тяжеловесной за счёт сохранения каждой точки в своём многомерном пространстве и требует 902 КБ, а легче всех оказалась модель МО по методу опорных векторов с 2,2 КБ.

Визуализация методов опорных векторов и k-ближайших соседей возможна в случаях с двух- или трёхмерными измерениями, но для выборки ИП используется лишь 10 критериев оценивания. В то же время дерево принятия решений можно представить в виде графа с условиями оценивания в узлах, что прекрасно представляется в плоскости.

Заключение. Сравнительный анализ методов МО для определения благонадёжности ИП показал, что каждая из рассматриваемых моделей проявила себя в одном или нескольких критериях. Дерево принятия решений быстрее обучается и классифицирует, а также имеет возможность для визуализации. В то же время метод опорных векторов требует меньше места для хранения за счёт грамотного выделения нужной информации. Хотя метод k-ближайших соседей имеет самый продолжительный анализ объектов из-за расчёта расстояния до каждой точки, он обладает и лучшей точностью. Таким образом, каждый метод МО подходит для использования в ИАС по оценки контрагентов, так как точность моделей близка к безошибочному определению благонадёжности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Единая межведомственная информационно-аналитическая система [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.fedstat.ru/indicator/36222> (дата обращения: 10.03.2022)
2. Гриценко А.А., Васильев Е.И., Козлова Н.А. Построение модели оценки благонадёжности контрагента индивидуального предпринимателя на основе метода дерева принятия решения // Материалы X региональной научно-практической конференции. – Томск, 2021. – С. 322–326.
3. Осипенко А.В., Мануилова Д.Е., Гриценко А.А. Проверка благонадёжности индивидуальных предпринимателей с помощью метода опорных векторов // Материалы X региональной научно-практической конференции. – Томск, 2021. – С. 293–296.
4. Васильев Е.И., Мануилова Д.Е., Осипенко А.В. Метод k-ближайших соседей для апробации математической модели по проверке благонадёжности индивидуальных предпринимателей // Материалы X региональной научно-практической конференции. – Томск, 2021. – С. 59-62.

УДК 004.056

**АНАЛИЗ УГРОЗ ИБ И СПОСОБЫ ИХ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ДЛЯ БД ИАС «EQLENT»
ПО ПРОВЕРКЕ КОНТРАГЕНТОВ**А.В. Осипенко, Г.Р. Егле, Д.Е. Мануилова

Научный руководитель: ст. преп. А.С. Колтайс

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 40, 634050

E-mail: germanegle@gmail.com

**ANALYSIS OF INFORMATION SECURITY THREATS AND WAYS TO PREVENT THEM
FOR THE DATABASE OF THE IAS «EQLENT» FOR CHECKING COUNTERPARTIES**A.V. Osipenko, G.R. Egle, D.E. Manuilova

Scientific Supervisor: Art. prep. A.S. Koltais

Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, Russia, Tomsk, Lenin str., 40, 634050

E-mail: germanegle@gmail.com

***Abstract.** In this study, the authors analyzed the threats of a potentially existing database and identified the main methods of protection against them. In the future, these methods will ensure the smooth operation of the database and, in general, reduce the risks of failures of the information and analytical system being developed.*

Введение. В последние годы корректная работа организаций во многом зависит от информационных технологий и проблема защиты баз данных (БД) становится все более актуальной. Все чаще можно заметить угрозы конфиденциальности информации, поэтому защите БД уделяется особое внимание. В случае выявления уязвимостей в системе безопасности злоумышленник может нанести ущерб данным, который выражается в нарушении целостности, потере конфиденциальности, получении данных сторонними лицами и т.д. Например, в 2022 году командой Tet было обнаружено, что количество кибератак возросло на 22% по сравнению с данными на 2021 год, следовательно проблема наличия угроз является особо актуальной и по сей день [1]. Любой сбой в работе БД прежде всего влияет на работу всей организации, что зачастую приводит к значительным потерям денежных средств. В связи с этим защита данных становится одной из самых актуальных проблем в отрасли информационной безопасности (ИБ). Следовательно, для обеспечения защиты данных, важно определить необходимые меры защиты предотвращения угроз ИБ и реализовать их.

Экспериментальная часть. В «Банке данных угроз безопасности информации» ФСТЭК РОССИИ [2] из 222 возможных угроз были выделены 57, которые непосредственно направлены на БД веб-ресурса. Анализ угроз способствовал выделению методов их предотвращения, которые в дальнейшем будут реализованы в разрабатываемой в рамках проектной группы БД информационно-аналитической системы (ИАС) «Eqlent» [3].

1) Угроза использования слабостей криптографических алгоритмов и уязвимостей в программном обеспечении их реализации. Угроза подразумевает некорректную работу криптографических механизмов

і помилки в програмному коді, а також в неправильну налаштування даних засобів захисту інформації. Методи захисту: регулярне оновлення версій БД і обмеження прав користувача.

2) Угроза несанкціонованого доступу до аутентифікаційної інформації. Дана загроза передбачає можливість копіювання облікових даних користувачів з оперативної пам'яті або з інших засобів зберігання інформації, що призводить до несанкціонованого доступу до інформації і загрози доступності. Методи захисту: шифрування даних, обмеження прав користувача БД і аудит.

3) Угроза несанкціонованого копіювання захищеної інформації. Дана загроза заключається в тому, що злоумисленник може отримати доступ до захищеної інформації шляхом проведення деяких неправомірних дій і внаслідок скопіювати захищену інформацію. Методи захисту: обмеження прав користувача, шифрування і аудит даних.

4) Угроза обходу некоректно налаштованих механізмів аутентифікації. Дана загроза передбачає, що існує можливість отримання доступу до розширеному функціоналу веб-ресурсу, без проходження авторизації і як наслідок порушення умов використання ресурсу, дана можливість виникає при некоректній роботі форми авторизації. Методи захисту: контроль вмісту, аудит даних.

5) Угроза втрати і витоку даних, оброблюваних в хмарі. Дана загроза допускає порушення умов конфіденційності, доступності і цілості захищеної інформації, яка обробляється в хмарній системі. Угроза обумовлюється слабкими заходами захисту інформації, яка обробляється з використанням хмарних сховищ. Методи захисту: шифрування, резервування даних і обмеження прав користувача.

6) Угроза неправомірних дій в каналах зв'язу. Дана загроза направлена на атаку каналів зв'язу, шляхом зміни або видалення даних в інформаційних потоках, що проходять по захищених каналах зв'язу, що призводить до порушення конфіденційності і цілості інформації. Дана загроза можлива при отриманні доступу до інформації через підключення до мережевого трафіку. Методи захисту: обмеження прав користувача, виключення несанкціонованого зміни даних.

7) Угроза несанкціонованого видалення захищеної інформації. Дана загроза передбачає можливість несанкціонованого видалення інформації, використовуючи програмні засоби і/або фізичне вплив на носій інформації. Угроза можлива при умові некоректної роботи засобів безпеки і наявністю уязвимостей в ПО. Методи захисту: обмеження прав користувача, аудит і резервування даних.

8) Угроза підвищення привілеїв. Дана загроза передбачає можливість проведення неправомірного використання ресурсу шляхом підвищення прав доступу. Дана можливість обумовлена уязвимостями ПО, яке виконує функції розмежування доступу. Методи захисту: обмеження прав користувача, аудит даних.

Результати. Аналіз загроз ІБ і методів їх запобігання сприяв виділенню повторюваних, а внаслідок розповсюджених методів захисту. В зв'язі з цим були відзначені найбільш часто зустрічаються методи захисту, яким необхідно буде приділити особливу увагу при розробці БД ІАС «Eqlent». На рис. 1 показано відсоткове співвідношення частоти зустрічальності різних методів запобігання загроз.

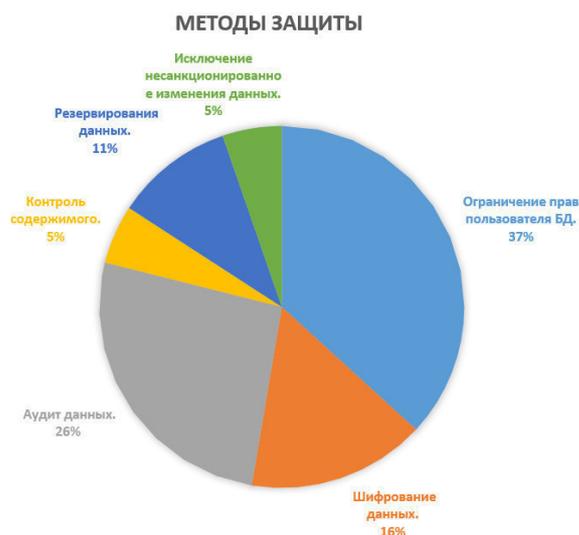


Рис. 1. Распространённые методы предотвращения угроз ИБ

Согласно рис. 1 самыми распространенными методами защиты являются: ограничение прав пользователя - 37%, аудит данных - 26% и шифрование - 16%. Как следствие, данные способы подходят для предотвращения большинства угроз ИБ, именно им необходимо уделить особое внимание при реализации собственной БД с целью повышения качества защиты информации. Кроме того выявленные методы актуальны для получения объективных результатов работы системы в целом. Здесь речь идет уже не только о самой БД, но и о математических моделях и данных, размещенных на серверах.

Заключение. Защита БД веб-ресурса играет колоссальную роль в корректном функционировании системы. Качественная система позволяет контролировать действия пользователя по отношению к БД и предотвращать как и внутренние, так и внешние угрозы. Данный анализ угроз ИБ и способов их предотвращения способствует формированию представления об уязвимостях и слабых местах системы в целом. Результаты данного анализа при проектировании и разработке собственной БД ИАС «Eqlent» позволяют своевременно предпринять ряд мер по обеспечению эффективными средствами защиты и учета всевозможных атак на реализуемую систему.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кибератаки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.tadviser.ru/index.php> (дата обращения: 07.03.2022)
2. Банк данных угроз безопасности информации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bdu.fstec.ru/threat> (дата обращения: 07.03.2022)
3. Леонов Н.В., Егле Г.Р., Мануилова Д.Е. Программная реализация информационно-аналитической системы для проверки благонадежности контрагентов // Материалы X региональной научно-практической конференции. – Томск, 2021. – С. 287-290.

УДК 004.056.5

МЕТОДЫ ОБНАРУЖЕНИЯ DDOS-АТАК

А.С. Звиденцева

Научный руководитель: доцент, к.т.н., Е.Ю. Костюченко
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники,
Россия, г. Томск, пр. Ленина, 40, 634050
E-mail: zas2302@mail.ru

METHODS OF DETECTING DDOS ATTACKS

A.S. Zvidentsev

Scientific Supervisor: Ass. Pr., E.Yu. Kostyuchenko
Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, Russia, Tomsk, prospect Lenina., 40, 634050
E-mail: zas2302@mail.ru

***Abstract.** Standard methods of statistical analysis do not allow identifying previously unknown attacks, therefore, neural networks using machine learning methods are actively acting as a mechanism for solving this problem. This article discusses five classical machine learning methods for detecting DDoS attacks: decision tree (DT), random forest (RF), k-nearest neighbor method (KNN), naive Bayesian algorithm (NB). The quality functions are calculated and investigated, as well as the recommended parameters for the decision tree method, random forest, k-nearest neighbors and naive Bayesian algorithm are selected.*

Введение. Информационные технологии являются неотъемлемой частью мира в 21 веке. Внедрение различных инновационных решений повышает уровень производительности. С развитием увеличивается и риск наступления угрозы. Необходимо обеспечивать доступность данных в любой отрасли. В настоящее время наблюдается тенденция увеличения числа атак, которые объединяют в класс «отказ в обслуживании» (Denial of Service, DoS-атаки). Методы машинного обучения используются в различных задачах информационной безопасности, в частности, аутентификации, анализе трафика, обнаружения вторжения и других [1].

Основной способ распознавания DDoS-атак заключается в обнаружении аномалий в структуре трафика. К традиционным механизмам обеспечения безопасности относят межсетевые экраны и системы обнаружения вторжений. Но они не являются эффективными средствами для обнаружения DDoS-атак и защиты от них на сегодняшний день, так как не позволяют выявлять неизвестные ранее атаки, поэтому в качестве механизма решения данной проблемы активно выступают нейронные сети, которые используют разные методы машинного обучения.

Поэтому **целью работы** является повышение точности методов машинного обучения для обнаружения DDOS-атаки.

Методы. В данной статье будут исследоваться четыре метода машинного обучения.

Дерево решений – это непараметрический контролируемый метод обучения, используемый для классификации и регрессии. Цель состоит в том, чтобы создать модель, которая предсказывает значение целевой переменной, изучая простые правила принятия решений, выведенные из характеристик данных [2].

Случайный лес – это множество решающих деревьев. Все деревья строятся независимо. В задаче классификации принимается решение голосованием по большинству [3].

Метод k-ближайших соседей – один из самых основных, но важных алгоритмов классификации в машинном обучении. Он принадлежит к контролируемой области обучения и находит широкое применение в распознавании образов, интеллектуальном анализе данных и обнаружении вторжений [4].

Наивные методы Байеса — это набор алгоритмов контролируемого обучения, основанных на применении теоремы Байеса с «наивным» предположением об условной независимости между каждой парой характеристик при заданном значении переменной класса [5].

Оценка алгоритмов и методов обнаружения атак в значительной степени зависит от наличия хорошо разработанных наборов данных.

Разработчики набора данных CICDDoS2019 предложили свою классификацию DDoS-атак [6].

Результат. В качестве используемого набора данных была взята подвыборка DDoS-атак набора данных CICDDoS2019, состоящая из 279279 записей, из них 25761 относятся к классу «нет атаки», а остальные – к классу «есть атака». Обучающая выборка состоит из 209459 записей, тестовая – 69820. Изначально признаковое пространство состоит из 87 признаков.

Для анализа результатов использовалась функция F1 score (F1-мера), которая является средним гармоническим точности и полноты, максимизация этого функционала приводит к одновременной максимизации этих двух «ортогональных критериев».

Был произведен поиск рекомендованных параметров при помощи совмещенного метода полного перебора и случайного поиска.

Для дерева решений рекомендованные параметры, следующие:

- Максимальная глубина 8;
- Максимальное число признаков 8;
- Минимальное количество листьев 2;
- Минимальное количество делений 9.

Для метода машинного обучения случайный лес рекомендованные параметры:

- Максимальная глубина 8;
- Количество деревьев 50;
- Минимальное количество листьев 2;
- Минимальное количество делений 3.

Для метода K ближайших соседей был найден следующий рекомендованное значение количества ближайших соседей равно 1.

Для наивного байесовского классификатора число, являющееся частью наибольшей дисперсии всех функций, которое добавляется к дисперсиям для стабильности расчета: 0,2848035868435802.

Поиск рекомендованных параметров для этих моделей машинного обучения составил менее 1 часа.

Было выполнено обучение с рекомендованными параметрами. На рисунке 1 представлена гистограмма со значения F1 score для разного объема признакового пространства.

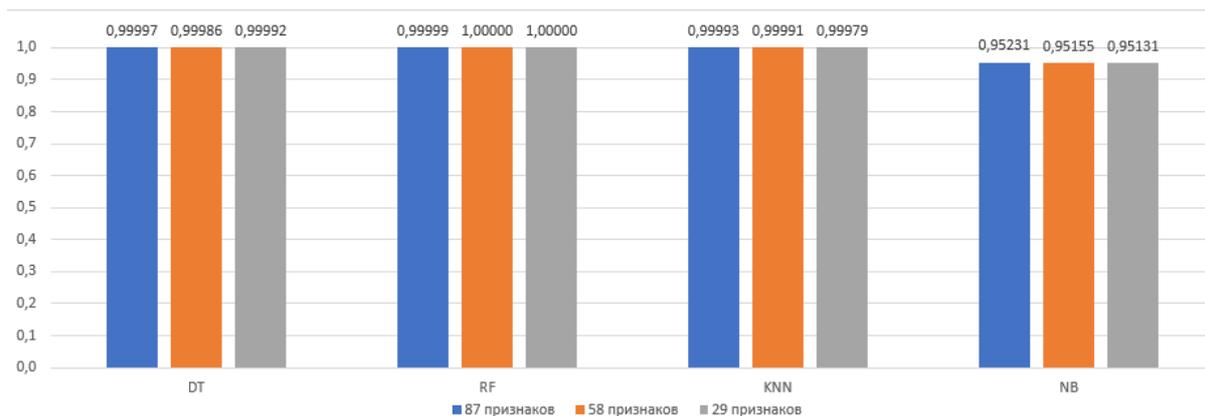


Рис. 1. Значения F1 score для разного объема признакового пространства

Выводы. Изучив результаты работы исследования, можно сделать следующие выводы:

- При уменьшении числа признаков скорость обучения увеличивается;
- Для метода случайный лес точность в 100% была достигнута при 1/3 и 2/3 от признакового пространства с найденными рекомендованными параметрами;
- Лучшим методом машинного обучения по итогам проделанной работы можно считать случайный лес, самые худшие значения точности и F1-меры у наивного байесовского алгоритма (NB).
- Необходимо просматривать информативность параметров из признакового пространства;
- Подбор параметров моделей классификации необходимо осуществлять несколькими способами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шелупанов А.А. и др. Актуальные направления развития методов и средств защиты информации // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. – 2017. – Т. 20. – №. 3. – С. 11-24.
2. Деревья решений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://scikit-learn.ru/1-10-decision-trees/#> (дата обращения: 18.12.2021).
3. Случайный лес (Random Forest) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://dyakonov.org/2016/11/14/случайный-лес-random-forest/> (дата обращения: 18.12.2021).
4. К-Ближайшие соседи и их оптимизация [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.machinelearningmastery.ru/k-nearest-neighbors-and-its-optimization-2e3f6797af04/> (дата обращения: 18.12.2021).
5. Наивные методы Байеса [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://scikit-learn.ru/1-9-naive-bayes/> (дата обращения: 18.12.2021).
6. DDoS Evaluation Dataset (CIC-DDoS2019) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.unb.ca/cic/datasets/ddos-2019.html> (дата обращения: 28.10.2021).

УДК 537.533.9

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ АЛЮМОХРОМНОЙ КЕРАМИКИ
ПРИ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОМ СПЕКАНИИ**

А.А. Зенин, Г.Ф. Марчук

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 40, 634050

E-mail: zenin1988@gmail.com**RESEARCH OF ELECTRICAL CONDUCTIVITY OF ALUMOCHROMIC CERAMICS
DURING ELECTRON BEAM SINTERING**

A.A. Zenin, G.F. Marchuk

Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, Russia, Tomsk, Lenin Ave., 40, 634050

E-mail: zenin1988@gmail.com

Abstract. *The article presents the results of a study of the electrical conductivity of pressed metal-ceramic compacts during electron beam sintering by a plasma electron source in the medium vacuum pressure range. Mixtures of aluminium oxide ceramic and chromium powders with a percentage ratio of 50% and 50%, were used as sintered materials. It is shown that during electron beam sintering, three characteristic temperature regions with different behaviour of current flow through the sample are observed. It is revealed that when the surface temperature exceeds 1500 °C, the thermionic emission from the surface of the compact begins to have a significant effect on the processes of current flow, while the value of the recorded thermal emission current can reach values of several hundred milliamperes.*

Введение. Развитие различных областей науки и техники требует получения металлокерамических материалов, обладающих хорошими механическими и химическими свойствами. Интерес к кермету Al_2O_3 -Cr вызван тем, что в нем может быть достигнуто сочетание свойств таких как прочность, ударная вязкость и обрабатываемость металла, сочетающиеся с жаростойкостью, износостойкостью и коррозионной стойкостью [1]. Традиционно керамику спекают термическим методом в вакуумных печах, нагревая ее в течение длительного времени, проводят изотермическую выдержку и плавное остывание. В последнее время на кафедре физики ТУСУРа ведутся работы по электронно-лучевому спеканию керамик различных составов. Поскольку большинство керамических материалов – диэлектрики или широкозонные полупроводники, то одна из основных проблем, требующих решения при таком способе спекания, заключается в создании условий для компенсации заряда, приносимого на спекаемый образец электронным пучком. Форвакуумные плазменные источники электронов [2] обеспечивают возможность эффективной генерации электронных пучков в области давлений от единиц до сотни паскаль. При таком давлении в области транспортировки пучка образуется достаточно плотная плазма. Как было показано нами ранее, возможность эффективной электронно-лучевой обработки керамики в форвакуумном диапазоне давлений [3] обусловлена, главным образом, зарядовой нейтрализацией керамики ионами пучковой плазмы [4].

По мере нагрева спекаемого керамического образца возможно появление заметной электропроводности, что при заземленном держателе образца должно обеспечить стекание заряда, вносимого электронным пучком. При достижении достаточно высоких температур не исключена и термоэлектронная эмиссия с поверхности керамики. Цель настоящей работы состояла в определении на примере электронно-лучевого спекания алюмохромных компактов условий, в которых реализуются тот или иной механизм протекания тока через спекаемый образец, обрабатываемой электронным пучком.

Методика эксперимента. Для исследования процессов нейтрализации поверхностного заряда, а также электропроводности компактированных образцов из порошков хрома и оксида алюминия использовалась установка ЭЛУ-1А, схема которой представлена на рис. 1 (а). Для исключения возможности попадания пучка электронов и пучковой плазмы на токоизмерительный электрод была разработана и изготовлена специальная оснастка, схема которой приведена на рис. 1 (б). Следует отметить, что между спекаемым образцом алюмохромной керамики и диафрагмы из графита имеется зазор, обеспечивающий как электро так и тепловую изоляцию образца. Изготовленная оснастка позволяет измерять ток, проходящий через металлокерамический компакт при электронно-лучевом воздействии рис. 1 (б).

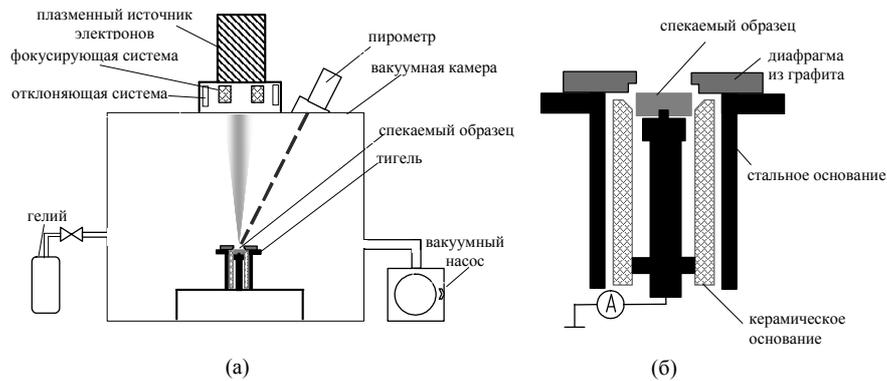


Рис. 1. Схема электронно-лучевого спекания (а) схема тигля (б)

В качестве основы для изготовления металлокерамических образцов использовались порошки алюмооксидной керамики и хрома. Образцы толщиной 3 мм и диаметром 10 мм были изготовлены одноосным прессованием в матрице пресс-формы цилиндрической формы. Прессование образцов происходило на гидравлическом прессе с силой прессования 115 МПа, с выдержкой под давлением 5 минут. Молярное соотношение алюмооксидной керамики к хрому - 1/1. Спрессованные образцы помещались в тигель и откачивались в вакуумной камере до давления 5 Па. Рабочий газ - гелий (чистота 99,99%) напускался непосредственно в вакуумную камеру. Необходимый уровень давления 30 Па поддерживался постоянным напуском рабочего газа в камеру. В экспериментах ускоряющее напряжение оставалось неизменным и было равно 10 кВ, а ток электронного пучка плавно увеличивался от 20 до 100 мА. Диаметр формируемого пучка электронов составлял порядка 5 мм. Для обеспечения равномерного нагрева всей поверхности исследуемых образцов сфокусированный и ускоренный пучок электронов разворачивался в растр, с частотой сканирования 100 Гц и размерами 15×15 мм (рис. 2(б)). Для измерения температуры облучаемой электронным пучком поверхности образца в процессе спекания использовался инфракрасный пирометр RAYTEK 1МН (США) с диапазоном измерения от 550 °С до 3000 °С, соединенный с компьютером для сбора данных.

Результаты экспериментов и их обсуждение. Ниже, на рис. 2 приведены результаты измерения протекания тока через металлокерамические образцы при электронно-лучевом воздействии.

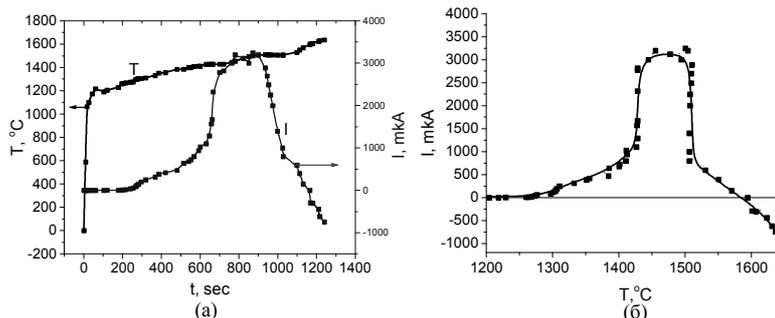


Рис. 2. Зависимость температуры и тока от времени в процессе электронно-лучевого спекания (а) зависимость тока от температуры (б)

Первый участок: при температуре поверхности облучаемого компакта менее 1300° величина протекаемого тока через образец мала, и лежит в пределах десятка микроампер. Дальнейшее повышение температуры вызывает повышение тока, протекающего через образец. Одной из причин такого поведения тока может являться ионная проводимость. Третий характерный участок соответствует температурам спекаемого образца алюмохромной керамики свыше 1500°. При достижении данной температуры наблюдается экстремум тока, и при дальнейшем повышении температуры наблюдается падение тока, протекающего через образец, и смену его знака. Одной из причин такого поведения тока может являться термоэлектронная эмиссия с поверхности образца.

Заключение. В результате проведенных экспериментов по электронно-лучевому спеканию композитной алюмохромной керамики можно сделать выводы, что наблюдаются три характерные температурные области с различным поведением тока, протекающего через образец. Выявлено, что при температуре поверхности выше 1500 °С, термоэлектронная эмиссия с поверхности компакта начинает оказывать существенное влияние на процессы протекания тока, при этом величина регистрируемого тока термоэмиссии может достигать значений в несколько сотен микроампер.

Исследования поддержаны в рамках госзадания Министерства науки и высшего образования РФ, проект FEWM-2021-0013.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шевченко В.Я., Баринов С.М. Техническая керамика. – М.: Наука, 1993. – 187 с.
2. Окс Е.М. Источники электронов с плазменным катодом: физика, техника, применения. – М.: НТЛ, 2005. – 216 с.
3. Burdovitsin V., Dvilis E., Zenin A., Klimov A., Oks E., Sokolov V., Kachaev A. Electron beam sintering of zirconia ceramics // *Advanced Materials Research*. – 2014. – Vol. 872. – P. 150-156.
4. Zenin A.A., Klimov A.S., Kazakov A.V., Oks E.M., Dvilis E.S., Khasanov O.L. Sintering of alumina ceramics using plasma electron source // *Izvestiya vuzov. Physics*. . – 2012. – V. 55., № 12/3. – P. 216-220.

УДК 535.015

НАНОРАЗМЕРНЫЕ ПЛЕНКИ ИТО ДЛЯ БИОСЕНСОРОВ

А.А. Иванова

Научный руководитель: профессор, д.т.н. С.В. Смирнов

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 40, 634050

E-mail: annechist@mail.ru

NANOSCALE FILMS ITO FOR BIOSENSORS

A.A. Ivanova

Scientific Supervisor: Prof., Dr. S.V. Smirnov

Tomsk State University of Control System and Radioelectronics, Russia, Tomsk, Lenin str., 40, 634050

E-mail: annechist@mail.ru

Abstract. *Plasmon resonance in ITO films obtained by magnetron sputtering has been studied. The possibility of using ITO films as a sensing element based in the production of biosensors on plasmon resonance has been established.*

Введение. Оксид индия, легированный оловом (ИТО), в настоящее время рассматривается как перспективный материал для создания биосенсоров на основе плазмонного резонанса для химических и медицинских целей [1]. Использование пленок ИТО вместо металлических может увеличить чувствительность таких биосенсоров. Целью данной работы является исследование плазмонного резонанса в пленках ИТО, полученных магнетронным распылением.

Экспериментальная часть. В качестве объектов исследования выбраны пленки ИТО $(\text{In}_2\text{O}_3)_{0,9}-(\text{SnO}_2)_{0,1}$ разных толщин. Пленки ИТО наносились на подложки плавленного кварца методом реактивного магнетронного распыления компактной мишени, состоящей из сплава индия (90%) и олова (10%), в смеси газов аргон-кислород с соотношением: $\text{Ar}:\text{O}_2 = 84\%:16\%$. Исследуемые образцы получены на установках магнетронного распыления различного конструктивного исполнения (ТУСУР, ТПУ). В работе исследовались пленки ИТО разных толщин: 180 (образец №1), 400 нм (образец №2). Отжиг образцов проводился в течение 20 минут при температуре 600°C на воздухе.

Спектральные характеристики образцов получены с помощью спектрофотометра Shimadzu UV – 3600 plus в диапазоне длин волн 200–2600 нм.

Исследование плазмонного резонанса в пленках ИТО проводилось по методу Кречмана. В этом методе на верхнюю грань призмы из диэлектрика (кварца) наносится тонкая пленка ИТО. При облучении одной из граней призмы светом, на границе раздела призма/ИТО создается электромагнитная волна, которая возбуждает поверхностные плазмоны на границе ИТО-призма. По спектру отражения можно судить о наличии плазмонного резонанса и составе анализируемого вещества. Вещество в данном случае будет наноситься на поверхность пленки ИТО. В качестве источника излучения использовалась галогенная лампа с мощностью 100 Вт, излучению которой придавалась необходимая поляризация с

помощью калиброванной призмы Николя. Измерения проводились при векторе поляризации перпендикулярно диагональной грани призмы. В качестве детектора использовался USB Спектрометр фирмы Avantes.

Результаты. Наиболее показательными с точки зрения выявления плазмонного резонанса являются спектры отражения. Поэтому чаще всего о наличии плазмонного резонанса судят по минимумам коэффициента отражения [2]. На рисунке 1 представлены спектры отражения.

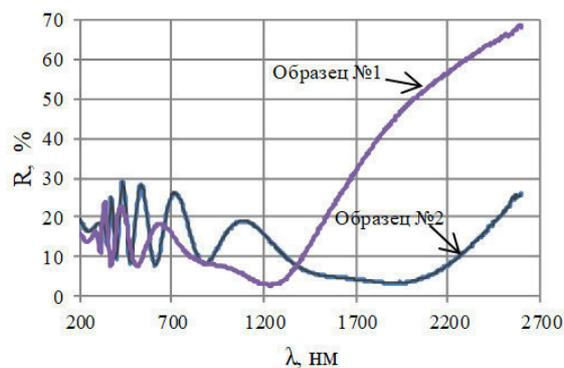


Рис. 1. Спектры отражения образцов

В обоих спектрах отражения наблюдается отклонение от классических спектров в ИК-области. При длине волны 1250 нм в образце №1 наблюдается минимум отражения, что может свидетельствовать о плазмонном резонансе. Для образца с толщиной 400 нм наблюдается широкий минимум коэффициента отражения, что также может свидетельствовать о плазмонном резонансе: поверхностном и объемном.

Концентрацию основных носителей n_0 можно рассчитать заряда по формуле Хагена-Рубенса [3]:

$$\omega_p = \left(\frac{n_0 \cdot q^2}{m_n^* \cdot \varepsilon_0} \right)^{1/2},$$

где m_n^* - эффективная масса свободных носителей заряда в ИТО, $m_n^* = 0,36 \cdot m_n$, m_n - масса электрона, ε_0 - диэлектрическая постоянная, q - заряд электрона.

Для длины волны 1250 нм $n_0 = 2,6 \cdot 10^{26} \text{ м}^{-3}$, что согласуется с ранее проведенными экспериментами [4].

Установить возможность применения пленок ИТО для биосенсоров можно с помощью метода Кречмана [5]. Для этого на основание призмы из кварцевого стекла методом магнетронного распыления была пленка нанесена ИТО толщиной 180 нм. На рисунке 2 представлен спектр пропускания системы призма-ИТО при угле поляризации 90 градусов. На поверхность пленки ИТО наносились анализируемые вещества с разными показателями преломления: этиловый спирт ($n=1,35$) и вазелиновое масло ($n=1,5$). Возбуждение плазмонного резонанса контролировалось по спектру пропускания системы стеклянная призма/пленка ИТО/аналит в поляризованном свете. Результаты экспериментов представлены на рисунке 2. Наблюдаются два минимума пропускания во всех случаях: на длинах волн 475 нм и 1 мкм. Обнаруженные минимумы спектров пропускания связаны с плазмонным резонансом: на меньшей длине волны наблюдается объемный плазмонный резонанс, а на длине волны 1 мкм – поверхностный. В случае добавления этилового спирта (2) минимумы сдвигаются на 20 нм вправо относительно системы призма/ИТО (1), а коэффициент пропускания уменьшается на 30%.

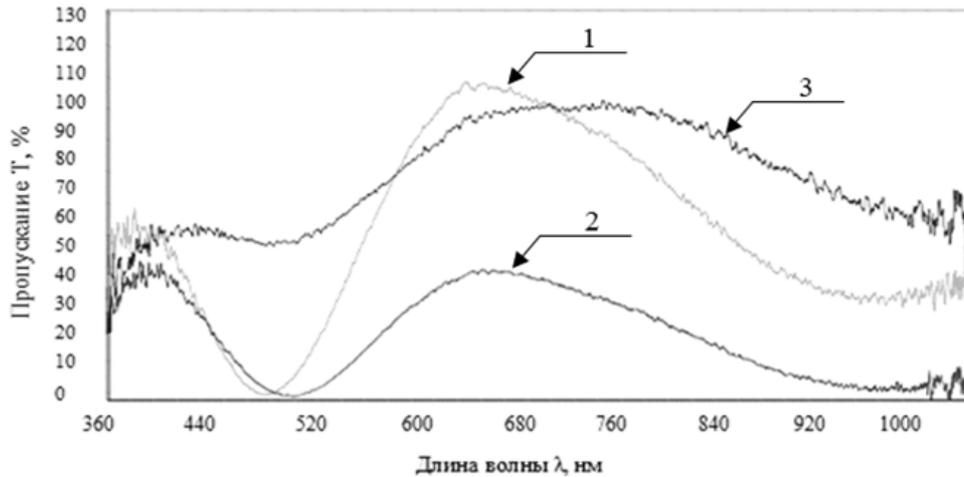


Рис.2. Спектры пропускания системы призма/ITO/аналит

С добавлением вазелинового масла (3) поверхностный плазмонный резонанс сдвигается вправо на 60 нм, пропускание системы увеличивается на 20%.

Заключение. Экспериментально установлено наличие плазмонного резонанса в пленках ИТО, полученных магнетронным распылением. Выявлено влияние различных аналитов на положение частоты плазмонного резонанса. Показано, что полученные пленки обладают высокой чувствительностью к анализируемым жидкостям, что свидетельствует о возможности применения пленок ИТО в биосенсорах на основе плазмонного резонанса.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки высшего образования РФ в рамках соглашения №075-03-2020-237/1 от 05 марта 2020 г. (внутренний номер проекта FEWM-2020-0040), в рамках выполнения гранта Российского научного фонда №21-72-00124. Экспериментальные результаты получены с использованием оборудования ЦКП «Импульс» (регистрационный номер 200568).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мамичев Д.А., Кузнецов И.А., Маслова Н.Е., Занавескин М.Л. Оптические сенсоры на основе поверхностного плазмонного резонанса для высокочувствительного биохимического анализа // Молекулярная медицина. – 2012. – №6. – С. 19-27.
2. Ching-Wei C., Yen-Cheng L., Chia-Hua C., Peichen Y., Jia-Min S., Ci-Ling P. Frequency-dependent complex conductivities and dielectric responses of indium tin oxide thin films from the visible to the far-infrared // IEEE Journal of Quantim Electronics. – 2010. – Vol. 46, no. 12. - P. 1746–1754.
3. Зеегер К. Физика полупроводников / под ред. Н. Телеснина. – М.: Мир, 1977. – 615 с.
4. Чистоедова А.А., Смирнов С.В., Минин О.Н., Петрюк А.Е. Наноразмерные светопропускающие пленки $In_2O_3(SnO_2)$ с металлическим типом проводимости // Нанотехнологии: разработка, применение – XXI век. – 2019. - Т. 11, № 1. – С. 14 – 18.
5. Петрин А.Б. Сравнительный анализ чувствительности оптических датчиков на поверхностных волнах, возбуждаемых по схеме Кречмана // Оптика и спектроскопия. – 2019. – Т. 127, №6. – С. 1051-1056.

УДК 537.533.9

**ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ ПУЧКОВОЙ ПЛАЗМЫ ИМПУЛЬСНЫМ
ЭЛЕКТРОННЫМ ПУЧКОМ В ФОРВАКУУМНОМ ДИАПАЗОНЕ ДАВЛЕНИЙ ВБЛИЗИ
ИЗОЛИРОВАННОЙ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ МИШЕНИ**

А.В. Казаков, А.В. Никоненко, Н.А. Панченко

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 40, 634050

E-mail: andrykazakov@gmail.com

**RESEARCH OF FORMATION OF BEAM PLASMA BY A PULSED ELECTRON BEAM IN
FOREVACUUM PRESSURE RANGE NEAR AN INSULATED METAL TARGET**

A.V. Kazakov, A.V. Nikonenko, N.A. Panchenko

Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, Russia, Tomsk, Lenin str., 40, 634050

E-mail: andrykazakov@gmail.com

***Abstract.** The research of formation of beam plasma near a metal target by a pulsed large-radius high-current electron beam in forevacuum pressure range have shown that the beam plasma density near the target is higher if the target is electrically isolated.*

Введение. Пучковая плазма, создаваемая при ионизации рабочего газа электронными пучками, представляет интерес для плазмохимических процессов и ионно-плазменной модификации материалов [1]. По сравнению со стандартным диапазоном рабочих давлений для источников электронных пучков (10^{-4} – 10^{-1} Па) в форвакуумном диапазоне давлений (1–100 Па) создается достаточно плотная пучковая плазма, которая обеспечивает компенсацию отрицательного заряда, приносимого электронным пучком на поверхность непроводящего материала, что обеспечивает возможность использования форвакуумных плазменных источников электронов для обработки диэлектрических материалов [2]. В тоже время заряд на поверхности изолированной мишени или диэлектрика компенсируется не полностью, и создаваемый остаточным зарядом потенциал оказывает влияние на формирование пучковой плазмы вблизи облучаемой электронным пучком мишени [3]. Формирование пучковой плазмы вблизи изолированной мишени в форвакууме было исследовано при облучении непрерывным электронным пучком с током до десятков миллиампер [3]. Цель настоящей работы заключалась в исследовании формирования пучковой плазмы вблизи изолированной металлической мишени с помощью импульсного электронного пучка большого радиуса с током более 1 А в форвакуумном диапазоне давлений.

Методика эксперимента. Исследования проводились на экспериментальной установке, детально описанной в [4]. Форвакуумный плазменный источник импульсного электронного пучка большого радиуса размещался на вакуумной камере (рис. 1), в которой давление p газа (азот) регулировалось в пределах 3–12 Па. Электронный пучок, распространяясь в вакуумной камере, ионизовал рабочий газ, что обеспечивало формирование пучковой плазмы. На пути распространения электронного пучка на расстоянии 25 см от источника электронов устанавливалась металлическая мишень ($50 \times 50 \times 2$ мм³), изготовленная из нержавеющей стали. Металлическая мишень крепилась на керамическом изоляторе так,

чтобы ее центр совпадал с осью симметрии пучка. Через специальный канал в керамическом изоляторе к мишени подводился высоковольтный провод, который обеспечивал соединение мишени с вакуумным электрическим выводом, на выходе которого измерялся потенциал ϕ_r мишени. В ряде экспериментов металлическая мишень «заземлялась». Плотность n пучковой плазмы определялась по ионному току I_i насыщения на плоский одиночный зонд с защитным экраном. Ионный ток насыщения I_s , который вычислялся по напряжению U_p на сопротивлении $R_p = 1400$ Ом, обеспечивался подачей отрицательного смещения (-100 В) на зонд с помощью источника постоянного напряжения. Более подробно зонд и схема измерений описаны в [4]. Плоскость собирающей поверхности зонда располагалась параллельно оси симметрии пучка, при этом по горизонтальным координатам положение собирающей поверхности зонда совпадало с центром торца мишени, а по вертикали расстояние между металлической мишенью и осью симметрии зонда составляло 2 см. В экспериментах импульсный электронный пучок генерировался с длительностью импульса 125 мкс и частотой 1 Гц, ток I_e эмиссии достигал 15 А.

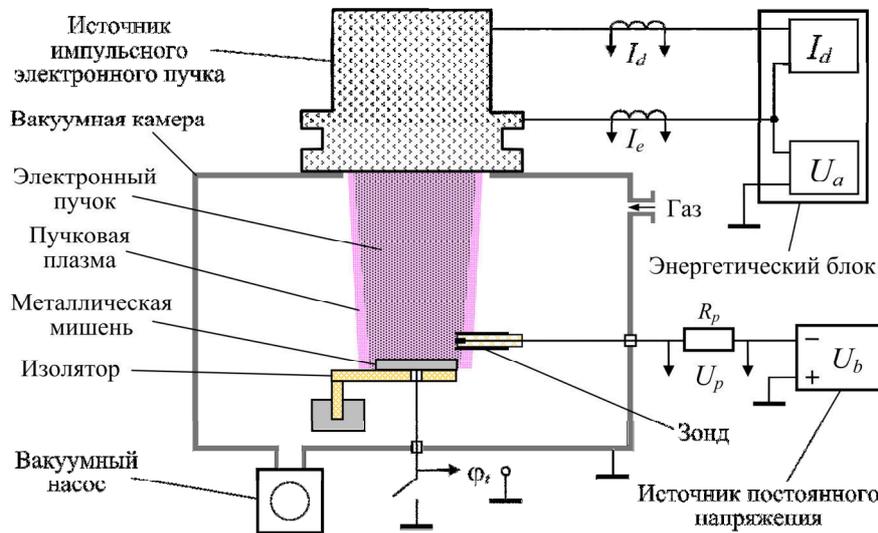


Рис. 1. Схема экспериментальной установки

Результаты экспериментов и их анализ. Плотность пучковой плазмы n возрастает по мере увеличения тока I_b электронного пучка, определяемого током I_e эмиссии (ток I_b на 20 % меньше тока I_e). Ввиду особенностей функционирования плазменного источника электронов ток I_e эмиссии возрастает при увеличении ускоряющего напряжения U_a в начале вольтамперной характеристики источника (при U_a до 2–2,5 кВ). Поэтому на рисунке 2 представлены значения нормированной на ток эмиссии плотности пучковой плазмы n/I_e в зависимости от U_a . В случае заземленной мишени при давлении $p < 6$ Па плотность пучковой плазмы n/I_e монотонно убывает по мере увеличения U_a , а при $p = 6$ Па и более плотность пучковой плазмы n/I_e немонотонно зависит от ускоряющего напряжения. Такой характер зависимости плотности пучковой плазмы обусловлен изменением длины свободного пробега электронов в газе и сечения ионизации газа электронным ударом при изменении U_a (более детально описано в [4]). В случае изолированной металлической мишени плотность пучковой плазмы больше (рис. 2, кр. 2), чем при заземленной мишени. Для изолированной мишени плотность пучковой плазмы n/I_e во всем исследованном диапазоне давлений зависит немонотонно от U_a . При этом напряжение U_a , при котором

начинается уменьшение n/I_e в случае изолированной мишени, не соответствует напряжениям U_a , при которых n/I_e начинается уменьшаться при заземленной мишени. Измерения потенциала ϕ_i изолированной мишени показали, что ϕ_i увеличивается с ростом U_a , но уменьшается при увеличении давления (рис. 2, кр. 3). При этом видно, что плотность пучковой плазмы n/I_e начинает существенно уменьшаться, когда потенциал изолированной мишени превышает $\phi_i = 1$ кВ.

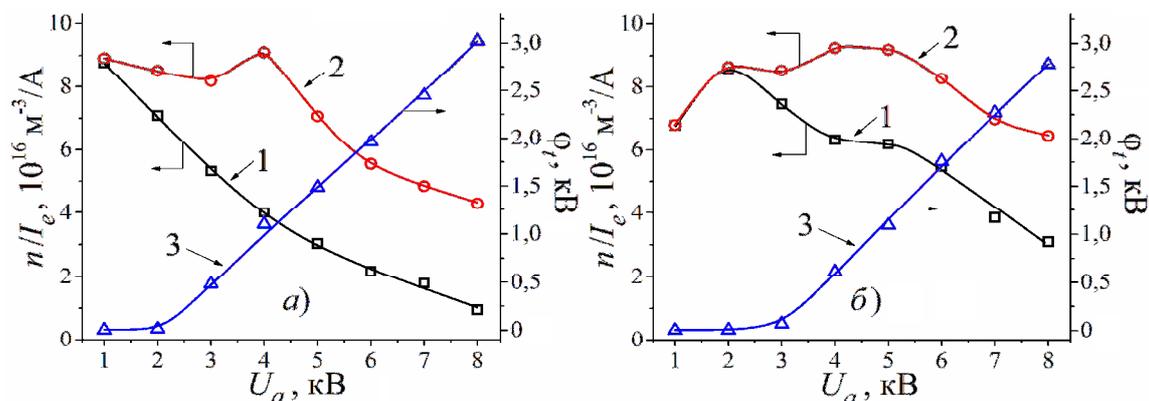


Рис. 2. Зависимости нормированной плотности n/I_e пучковой плазмы и потенциала ϕ_i изолированной металлической мишени от ускоряющего напряжения U_a при $p = 4$ Па (а) и при $p = 8$ Па: 1 – n/I_e при заземленной мишени; 2 – n/I_e при изолированной мишени; 3 – потенциал ϕ_i изолированной мишени

Закключение. Исследования формирования пучковой плазмы с помощью импульсного сильнотоочного электронного пучка большого радиуса в форвакууме показали, что плотность пучковой плазмы вблизи облучаемой металлической мишени выше в случае, если мишень изолирована.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации МК-3621.2021.4.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Walton S.G. et al. Electron beam generated plasmas for ultra low Te processing // ECS Journal of Solid State Science and Technology. – 2015. – V. 4, No. 6. – Art. No. N5033.
2. Burdovitsin V.A., Klimov A.S., Medovnik A.V., Oks E.M. Electron beam treatment of non-conducting materials by a fore-pump-pressure plasma-cathode electron beam source // Plasma Sources Science and Technology. – 2010. – V. 19, No. 5. – Art. No. 055003.
3. Burdovitsin V.A., Oks E.M., Zolotukhin D.B. Effect of collector potential on the beam-plasma formed by a forevacuum-pressure plasma-cathode electron beam source // Journal of Physics D: Applied Physics. – 2018. – V. 51, No. – Art. No. 304006.
4. Kazakov A.V., Medovnik A.V., Oks E.M., Panchenko N.A. Formation of beam-produced plasma by a forevacuum plasma-cathode source of a pulsed large-radius electron beam // Journal of Physics: Conference Series. – 2021. – V. 1989. Art. No. 012037.

УДК 004.42:371.398

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ
ДОКУМЕНТАМИ ОРГАНИЗАЦИИ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

А.С. Коробко

Научный руководитель: доц. кафедры информатики, к.ф.-м.н. А.П. Клишин

Томский государственный педагогический университет,

Россия, г. Томск., ул. Киевская, 60, 634061

E-mail: korobko@tspu.edu.ru

**DESIGN AND DEVELOPMENT OF A WEB-APPLICATION FOR THE DOCUMENT
MANAGEMENT OF THE ORGANIZATION OF ADDITIONAL EDUCATION**

A.S. Korobko

Scientific Supervisor: associate professor of Informatics, Ph.D. A.P. Klishin

Tomsk State Pedagogical University, Russia, Tomsk, Kievskaya str., 60, 634061

E-mail: korobko@tspu.edu.ru

***Abstract.** The article is devoted to the design and development of an information system for managing documents in the organization of additional education for children as part of the digitalization of the system of general and additional education. The paper considers the functionality of the developed system and the implementation of its own technology for managing document templates.*

Введение. В рамках стратегической инициативы «Новая модель системы дополнительного образования детей» от 18 июня 2015 г., которая была представлена на площадке Петербургского международного экономического форума важное место отводится задаче создания современных образовательных комплексов для организации дополнительного образования. В связи с данной инициативой, а также с широко проводимой в России цифровизацией системы общего и дополнительного образования резко возросла потребность в автоматизации бизнес-процессов по управлению значительным потоком документов в этих учреждениях и организациях [1]. Однако большинство имеющихся сейчас систем на рынке в сфере документооборота не в полной мере могут предоставить гибкий функционал для работы с документами [2-4].

Поэтому **целью данной работы** является проектирование и разработка информационной системы для автоматизации документооборота организации дополнительного образования, функционал которой позволял бы оптимизировать систему управления образовательным процессом, а также предоставил бы возможность сотрудникам динамически редактировать документы в системе, не прибегая для этого к помощи технических служб.

Веб-приложение для управления документами в организации дополнительного образования. Для автоматизации документооборота было разработано веб-приложение на языке программирования Python с использованием веб-фреймворка Django. В основу архитектуры приложения использована клиент-серверная архитектура и паттерн-проектирования MTV (Model-Template-View), поддерживающий гибкость функционирования и простоту отладки проекта на протяжении всего

жизненного цикла системы. Работа с данными в системе происходит посредством СУБД PostgreSQL, так как это бесплатное ПО, позволяющее работать с объектно-ориентированным наследованием.

Информационная система представляет распределенный доступ к функционалу приложения, в зависимости от роли пользователя. Через веб-интерфейс можно воспользоваться такими инструментами, как электронное расписание, автоматизированный электронный журнал, высчитывающий по посещаемости итоговую стоимость обучения, генератор отчетов в форматах PDF и Excel, а также личное хранилище файлов (рис.1).

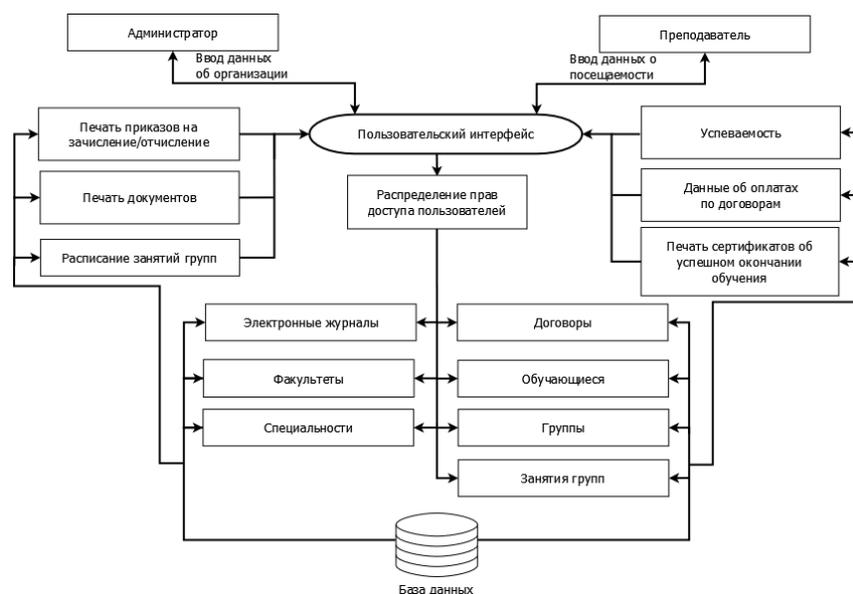


Рис. 1. Архитектура обработки данных информационной системы управления документами

Структура организации в системе представлена в виде иерархического дерева, где корневым узлом является объект «Подразделение», связывающий между собой данные об организации и относящиеся к ней объекты в системе. В подразделении находятся все образовательные курсы организации, к которым в последствии могут добавляться обучающие группы. Ученик попадает в группу через объект «договора», который является ключевым звеном при расчетах эффективности обучения и генерации остальных документов обучающегося. По результатам прохождения курса, ученик попадает в списки приказов на отчисление. Преподаватель самостоятельно выставляет учащемуся причину отчисления, от которой и зависит в какой приказ он попадет.

Особенности программной реализации. Ключевым элементом в функционировании системы является специально разработанная технология управления шаблонами документов с использованием wysiwyg-редактор CKeditor. В текстовое поле редактора вставляются специальные «теги», которые распознаются встроенным шаблонизатором Django – Jinja2. Данный инструмент имеет особый синтаксис, позволяющий с помощью вышеуказанных тегов динамически подставлять информацию внутри шаблона. Кроме этого, редактор предоставляет дополнительные настройки документа, позволяющие изменять: его название и тип, а также размеры различных отступов. В результате выполнения команды пользователя формируется шаблон, который в последствии становится доступным для печати, как готовый документ (Рис 2).

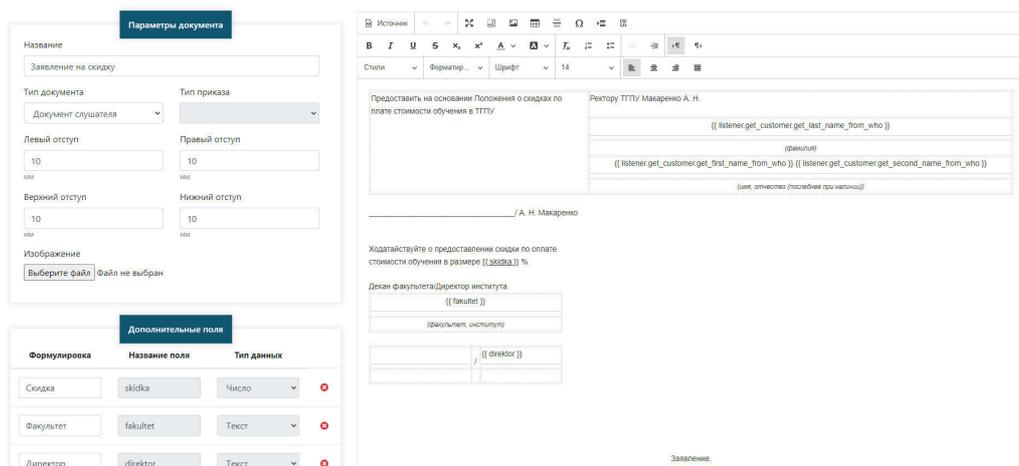


Рис. 2. Веб-интерфейс динамического редактора шаблонов

Подобная реализация системы управления документами в организации дополнительного образования имеет несомненное преимущество перед другими программными решениями в сфере автоматизации документооборота, так как избавляет конечного пользователя от необходимости обращаться в службу технической поддержки компании, в случае добавления нового шаблона. Это является выгодным преимуществом пользователя данной системы, поскольку подобный функционал позволяет сократить временные затраты на формирование новых типов документов.

Заключение. Разработана информационная система, позволяющая автоматизировать печать документов, генерацию отчетов и оптимизировать контроль за образовательным процессом. Данное веб-приложение позволяет организациям дополнительного образования избавиться от основных проблем бумажного документооборота и повысить производительность работы сотрудников, что является важным конкурентным преимуществом перед другими подобными коммерческими организациями.

Веб-приложение успешно апробирована в Детском центре образовательной робототехники и Центре дополнительного физико-математического и естественнонаучного образования ТГПУ, а также представляет значительный интерес для организаций дополнительного образования г.Томска и области.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Проект АСИ «Новая модель системы дополнительного образования детей» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://dopedu.ru/news/627-proekt-asi-novaya-model-sistemy-dopolnitelnogo-obrazovaniya-detej.html>. (дата обращения: 10.11.2021)
2. Объем рынка дополнительного профессионального образования в России в 2020 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://marketing.rbc.ru/articles/12201/>. (дата обращения: 18.10.2021)
3. Булгаков С.С. Основы электронного документооборота в образовательной организации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://solncesvet.ru/opublikovannyye-materialyi/osnovy-elektronnogo-dokumentooborot/>. (дата обращения: 17.10.2021)
4. Клишин А.П., Волкова Н.Р., Еремина Н.Л., Мытник А.А., Клыжко Е.Н. Подходы к автоматизации документооборота в Вузе // Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии. – 2017. – Т.15., №1. – С.36-46.

УДК 550.348:53.05

РОБОТИЗАЦИЯ ДЕМОНСТРАЦИОННОЙ МОДЕЛИ МАЯТНИКА ЦЕЛЬНЕРАИ.Д. Кравцов, Д.А. Лузянин

Научный руководитель: профессор, д.т.н. Г.Е. Дунаевский

Национальный исследовательский Томский государственный университет

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 36, 634050

E-mail: kravsov-iliy@mail.ru**ROBOTIZATION OF THE DEMONSTRATION MODEL OF THE PENDULUM ZELLNER**I.D. Kravtsov, D.A. Luzyanin

Scientific Supervisor: Prof., Dr. G.E. Dunaevsky

National Research Tomsk State University, Russia, Tomsk, Lenin str., 36, 634050

E-mail: kravsov-iliy@mail.ru

***Abstract.** The work is devoted to the development of a laser indicator that allows recording small movements of a gravimeter made on the basis of a Zellner pendulum in a robotic mode. A modification of the previous version of the Zellner pendulum consists in using a semiconductor laser fixed at the end of a horizontal rod. The indicator should collect and process information about the effects of the Sun and Moon on the Earth's surface. The Zellner pendulum, fixed in the earth's crust, oscillates the horizontal rod during the movement of tectonic plates. The trajectory of the image of the laser beam fixed on a horizontal rod is recorded by the camera. Digitization of this information takes place using a program on a computer. The program allows you to track the movements of the laser beam and achieve stable operation of the indicator. The result of the indicator is displayed on a personal computer, where it can already be processed. The operation of this indicator takes place in a constant mode.*

Введение. В настоящее время не перестаёт быть актуальным вопрос о смещении тектонических плит. Для определения смещения используют различные методы проведения измерений и устройства. Маятник Цельнера является прибором, показания которого позволяют наглядно продемонстрировать кратковременные смещения земной коры из-за воздействия Луны и Солнца на земную поверхность [1]. Ограничивающим чувствительность маятника звеном является система регистрации смещений маятника. Для роботизации маятника можно использовать лазер, установленный в горизонтальном стержне маятника, фотокамеру и персональный компьютер с установленным на него программным обеспечением для обработки информации, получаемой с камеры [2]. Необходимо программно следить за перемещением лазера, закреплённого в горизонтальном стержне, а так же приводить результаты в виде таблицы. **Целью работы** является создание лазерного индикатора малых смещений, работающего в роботизированном режиме.

Материалы и методы. В рассматриваемом варианте конструкции маятника Цельнера в подвешенном горизонтальном стержне расположен полупроводниковый лазер с плоскопараллельным резонатором с площадью излучения поверхности 1мм*1мм. Применена фотокамера с типом матрицы CMOS и с максимальным разрешением 1280*720 пикселей, угол обзора 25°. Луч лазера направлен на

чёрный непрозрачный экран, на котором отображается изображение пятна лазера. Информация, поступающая с камеры, обрабатывается с помощью программы, написанной на высокоуровневом языке программирования Python.

Результаты. Для увеличения чувствительности индикатора необходимо, чтобы камера была расположена максимально близко к чёрному экрану, но сделал это так, чтобы ход изображения пучка лазера не выходил за пределы обзора камеры. Для этого была использована формулой (1):

$$S = \frac{\cos(\frac{1}{2}\alpha) * B}{\sin(\frac{1}{2}\alpha)} \quad (1)$$

где S – расстояние от камеры до чёрного экрана, B – ход изображения пучка лазера, α – угол обзора камеры

Так как ход изображения пучка лазера B равен 2 см, то расстояние от камеры до чёрного экрана S будет равно 4.5 см.

В ходе программирования был выяснен наилучший способ отслеживание изображения пучка лазера на чёрном экране – отслеживание центра пучка лазера. Это позволяет избежать таких нюансов работы лазера, как скачок напряжения. При скачке напряжения изображение пятна лазера уменьшается в диаметре, что не позволяет отслеживать какую-либо сторону изображения пятна лазера. С целью оптимизации работы программы было программно уменьшено разрешение фотокамеры до 320*240 пикселей. Данное решение только положительно сказалось на работе программы, так как с уменьшением разрешения не стали видны высшие типы колебаний лазера. Для визуальной составляющей была сделана обводка центра и краёв пятна лазера (рис 1).

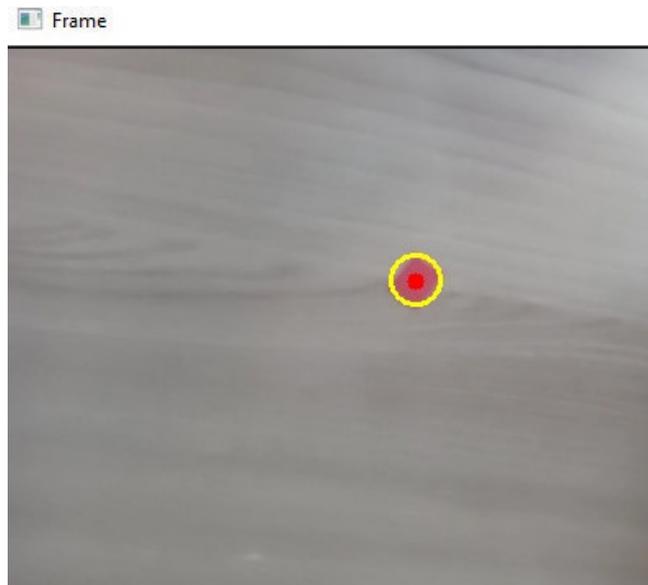


Рис. 1. Изображение с обводкой пятна лазера

Программа отслеживает координаты центра пятна лазера по осям X и Y, а так же считывает его радиус. При начале работы создаётся файл Excel, в названии которого указана дата проводимых измерений. С определенным периодом времени программа записывает данные положения пятна лазера в таблицу Excel. При изменении даты во время эксперимента создаётся новый файл Excel с текущей датой измерений (таблица 1).

Таблица 1

Результаты измерений в программе Excel

datetime	x	y	radius	datetime	x	y	radius
00:00:23	472	124	18	00:05:23	472	124	19
00:01:23	473	124	18	00:06:23	472	124	19
00:02:23	473	124	18	00:07:23	472	124	19
00:03:23	473	124	18	00:08:23	472	124	19
00:04:23	472	124	19	00:09:23	472	124	19

Где: datetime – время эксперимента; x – положение пятна лазера по горизонтали; y – положение пятна лазера по вертикали; radius – радиус пятна лазера.

Логика работы программы:

1. *Определение текущего времени.* Для начала работы программы необходимо создать файл Excel, в названии которого будет указана даты проводимого эксперимента. Так же программе необходимо выводить в таблицу Excel время измерения.
2. *Определение искомого цвета.* На изображении камеры необходимо отслеживать определённые цвета, поэтому для начала программы необходимо определить цветовую палитру. Для этого используется цветовая модель HSV (Hue Saturation Value).
3. *Определение камеры.* Так как программе необходимо найти камеру, то нужно указать путь к ней. Используется только одна камера, поэтому номер камеры «0».
4. *Работа с файлом Excel.* Создаётся файл Excel, в названии которого указана дата эксперимента. В случае если такой файл уже существует, то в этот файл добавляется новые измерения. Так же происходит проверка на наличие заполнения строк файла Excel, чтобы предыдущие показания не заменились текущими, а были добавлены в конец таблицы.
5. *Поиск центра пятна лазера.* С помощью цветовой модели HSV определяется наиболее подходящее значение цвета изображения.
6. *Обводка центра и диаметра пятна лазера.* Центр пятна лазера помечает красной точкой. Диаметр определяется максимальным расстоянием подходящего пикселя до центра пятна лазера.
7. *Сохранение в файл Excel.* Происходит сохранение измерения в файл Excel. В файле указывается время измерения, координаты положение центра пятна лазера, а так же его радиус.
8. *Открытие окна программы.* Позволяет в режиме реального времени наблюдать за работой программы.

Заключение. Автоматизированный режим работы маятника Цельнера позволит демонстрационно показать воздействия Луны и Солнца на Земную поверхность. В дальнейшем будут проводиться работы по дистанционному наблюдению за результатами сейсмологической станции, где будет реализовано отслеживание перемещение по миллиметрам. Так же планируется работа по удалённому управлению через сеть Internet.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Орловъ А.Я. Наблюдения надъ деформациями земли подь влияніемъ луннаго притяженія, произведенныя въ Юрьевѣ съ горизонтальными маятниками Цельнера //Известия Российской академии наук. Серия математическая. – 1910. – Т. 4. – №. 10. – С. 775-784.
2. Гунько А.А. Разработка оптического датчика для роботизации маятника Цельнера //Труды Пятнадцатой Всероссийской конференции студенческих научно-исследовательских инкубаторов. – 2018. – С. 283-286.

УДК 537.52

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЕ ГЕНЕРАЦИИ ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА НА ВЕРОЯТНОСТЬ
ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ КОНТРАГИРОВАННОГО ДУГОВОГО РАЗРЯДА БЕЗ ПЕРЕХОДА
В КАСКАДНЫЙ РЕЖИМ В ФОРВАКУУМНОМ ИСТОЧНИКЕ ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА**

А.В. Казаков, А.С. Кузьмин, Н.А. Панченко

Научный руководитель: профессор, д.т.н. Е.М. Окс

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 40, 634050

E-mail: andrykazakov@gmail.com

**INVESTIGATION OF INFLUENCE OF ELECTRON BEAM GENERATION ON THE PROBABILITY
OF OPERATION OF A CONSTRICTED ARC DISCHARGE WITHOUT SWITCHING
TO A CASCADE MODE IN A FOREVACUUM SOURCE OF AN ELECTRON BEAM**

A.V. Kazakov, A.S. Kuzmin, N.A. Panchenko

Scientific Supervisor: Prof., Dr. E.M. Oks

Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, Russia, Tomsk, Lenin str., 40, 634050

E-mail: andrykazakov@gmail.com

Abstract. *The research has shown that for a pulsed forevacuum plasma-cathode electron source based on a constricted arc discharge, the probability of operation of the contracted arc without transitions to the cascade mode increases under conditions of electron beam generation.*

Введение. В плазменных источниках импульсных электронных пучков для создания эмиссионной плазмы часто используются тлеющий разряд и дуговой разряд с катодными пятнами [1]. Использование дугового разряда даёт ряд преимуществ перед тлеющим, например, больший ток разряда, более широкий диапазон длительностей импульса и т.д. Однако дуговой разряд имеет недостатки, которые обусловлены процессами, связанными с функционированием катодных пятен (например, формирование паров и микрокапель катодного материала, хаотичное перемещение катодного пятна по поверхности катода) [2]. Эти процессы негативно влияют на параметры источника электронов. Для уменьшения негативного влияния данных процессов в источниках, формирующих пучки электронов при давлении 10^{-3} – 10^{-1} Па, используют контрагированный дуговой разряд [1]. Однако устойчивый ток контрагированной дуги ограничен погасанием или переходом в каскадный режим функционирования [3]. Проведенные исследования функционирования контрагированного дугового разряда в импульсном форвакуумном источнике электронов продемонстрировали особенности формирования эмиссионной плазмы, что обусловлено изобарным режимом работы форвакуумного источника [4]. **Цель настоящей работы** заключалась в исследовании влияния генерации электронного пучка на вероятность функционирования контрагированного дугового разряда без перехода в каскадный режим в форвакуумном источнике импульсного электронного пучка.

Методика эксперимента. Детальное описание использованного в экспериментах форвакуумного плазменного источника импульсного электронного пучка на основе контрагированного дугового разряда,

а также системы его питания представлены в [4]. Регистрация перехода дугового разряда в каскадный режим функционирования осуществлялась по аналогии с работой [3]. Для этого промежуточный электрод с контрагирующим каналом, устанавливаемый между катодом и анодом, был сделан из двух изолированных пластин, соединенных проводником, ток I_c в котором измерялся трансформатором тока. В качестве материала пластин использовалась нержавеющая сталь. Радиус и протяженность контрагирующего канала были 1,5 мм и 3 мм соответственно. Плазменный источник электронов устанавливался на вакуумную камеру, откачиваемую вакуумным насосом (рис. 1). Аргон использовался в качестве рабочего газа, который напускался в вакуумную камеру для обеспечения давления $p = 6$ Па. Ток I_d контрагированного дугового разряда и ток I_e эмиссии измерялись трансформаторами тока. Высоковольтный пробник напряжения обеспечивал измерение ускоряющего напряжения U_a . Длительность импульса в экспериментах была 200 мкс при частоте следования импульсов 1 Гц.

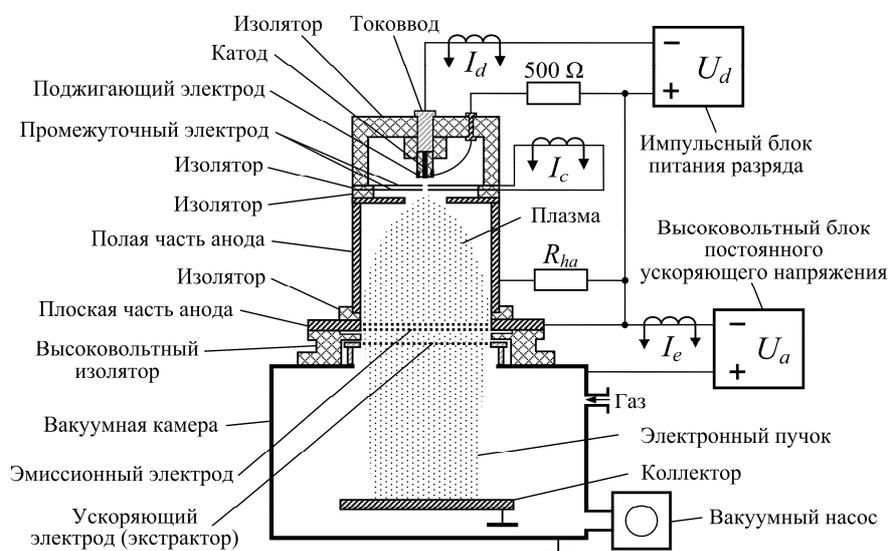


Рис. 1. Схема экспериментальной установки

Если ток I_d разряда превышает некоторый пороговый ток I_{d-max} , то дуга из контрагированного режима переходит в каскадный режим функционирования с образованием катодных пятен на промежуточном электроде [3]. Возникновение катодных пятен на промежуточном электроде приводит к появлению тока I_c , величина которого близка к току I_d разряда. Поэтому каскадный режим регистрировался по возникновению тока I_c . Вероятность η функционирования контрагированного дугового разряда без переходов в каскадный режим оценивалась как отношение числа импульсов N_c , в которых дуга функционировала в контрагированном режиме, к полному числу импульсов N ($\eta = N_c/N$).

Результаты экспериментов и их анализ. В исследованиях устанавливался ток I_d контрагированного дугового разряда больше порогового тока I_{d-max} , так что бы в отсутствии генерации электронного пучка ($U_a = 0$) вероятность η не превышала 50%. На рисунке 3 представлена зависимость вероятности η функционирования дугового разряда в контрагированном режиме от ускоряющего напряжения U_a . Увеличение напряжения U_a приводит к росту вероятности η . Увеличение разрядного тока приводит к более частым переходам контрагированной дуги в каскадный режим, в результате чего уменьшается η . При этом при большем токе I_d увеличение ускоряющего напряжения приводит к

меньшему росту вероятности η (рис. 2, кр. 2). Рост вероятности η , наблюдаемый при увеличении U_a , обусловлен тем, что при приложении ускоряющего напряжения U_a происходит генерация электронного пучка, обеспечивающего формирование пучковой плазмы, из которой формируется обратный ионный поток. Ионы из пучковой плазмы ускоряются напряжением U_a по направлению к сеточному эмиссионному электроду. Ионный поток, проникая через ячейки эмиссионной сетки, попадает в разрядный промежуток источника, что обеспечивает улучшение условий функционирования контрагированной дуги. Плотность тока обратного ионного потока возрастает по мере увеличения тока эмиссии I_e (тока пучка). При этом ток I_e эмиссии сильно возрастает при увеличении U_a от 0 до 4 кВ, а при $U_a > 4$ кВ ток I_e растет слабее [4]. Поэтому вероятность η функционирования дуги в контрагированном режиме возрастает сильнее в диапазоне от 0 до 4 кВ.

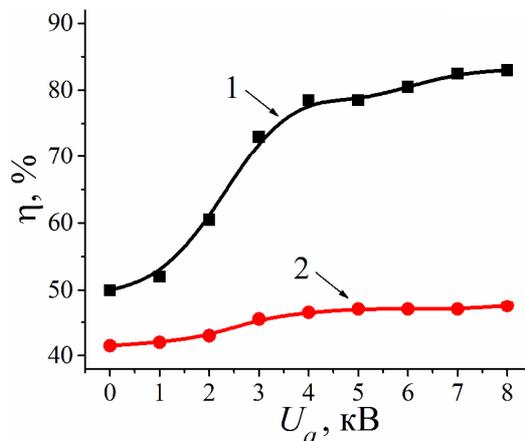


Рис. 2. Зависимость вероятности η функционирования дугового разряда в контрагированном режиме от ускоряющего напряжения U_a : 1 – $I_d = 30$ А; 2 – $I_d = 38$ А

Заключение. Проведенные исследования показали, что при функционировании контрагированного дугового разряда в форвакуумном плазменном источнике электронов в условиях генерации электронного пучка увеличивается вероятность функционирования контрагированной дуги без переходов в каскадный режим.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 20-08-00123.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Окс Е.М. Источники электронов с плазменным катодом: физика, техника, применения. – Томск: НТЛ, 2005. – 216 с.
2. Anders A. Cathodic arcs: from fractal spots to energetic condensation. – New York: Springer, 2008. – 555 p.
3. Гаврилов Н.В. и др. Переход дугового разряда низкого давления из контрагированного в каскадный режим горения // Журнал технической физики. – 1983. – Т. 53, № 10. – С. 1947–1951.
4. Kazakov A.V., Medovnik A.V., Oks E.M., Panchenko N.A. Parameters and characteristics of a pulsed constricted arc discharge operating in a forevacuum-pressure plasma-cathode electron beam source // Vacuum. – 2021. – V. 186. – Art. no. 110071.

УДК 004.032.26, 004.932.75'1

СРАВНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ТЕКСТА С ИЗОБРАЖЕНИЙ

П.Ю. Лаптев, С.А. Литовкин, С.А. Давыденко

Научный руководитель: к.т.н. Е.Ю. Костюченко

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 40, 634050

E-mail: pavel.laptev.87@gmail.com

COMPARISON OF NEURAL NETWORKS FOR TEXT RECOGNITION FROM IMAGES

P.Y. Laptev, S.A. Litovkin, S.A. Davydenko

Scientific Supervisor: Prof., Dr. E. U. Kostyuchenko

Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, Russia, Tomsk, 40 Lenin Ave., 634050

E-mail: pavel.laptev.87@gmail.com

Abstract. *In this work, steps were taken to study the methods of recognition and analysis of text in images using neural networks. EasyOCR, Keras-ocr and TesseractOCR were chosen as research architectures. The comparison is based on the MAPE and CER metrics for numeric and text image segments, respectively. During the work, EasyOCR was chosen as the optimal architecture with an accuracy rate of 95,12%.*

Введение. Проект направлен на изучение способов распознавания и анализа текста на изображениях с помощью применения нейронных сетей. В качестве рассматриваемых сетей были выбраны TesseractOCR, EasyOCR и Keras-OCR.

Экспериментальная часть. На вход нейронным сетям подаётся сегмент изображения ценника сети магазинов “Лента”, содержащий текстовую информацию (например, цена, описание товара), для предварительной сегментации используется YOLOv4-Tiny [1].

В ходе работы, были проведены сравнение следующих архитектур: EasyOCR [2], TesseractOCR [3] и Keras-OCR [4]. При это EasyOCR и TesseractOCR использовались с применением параметров предварительного обучения, а Keras-OCR была дообучена для работы с русским языком на протяжении 59 эпох. Архитектуры сетей представлены на рисунках 1–3.

Для распознавания штрих кодов использовалась библиотека ruzybar для языка программирования python.

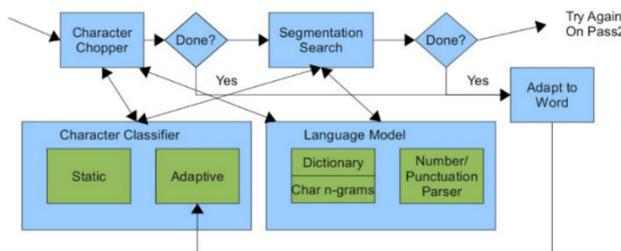


Рис. 1. Архитектура TesseractOCR

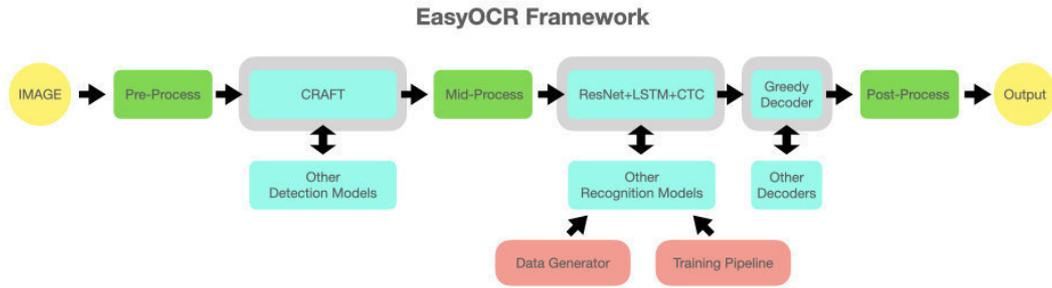


Рис. 2. Архитектура EasyOCR

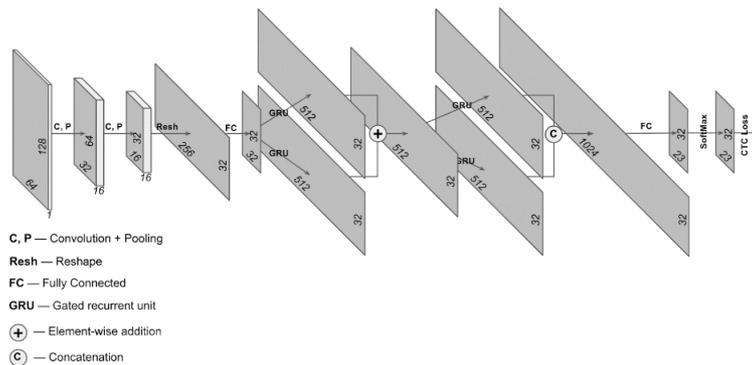


Рис. 3. Архитектура Keras-OCR

Результаты. Каждая из рассматриваемых архитектур была протестированная на наборе данных из 80 изображений. Пример работы нейронных сетей представлен на рисунке 4.

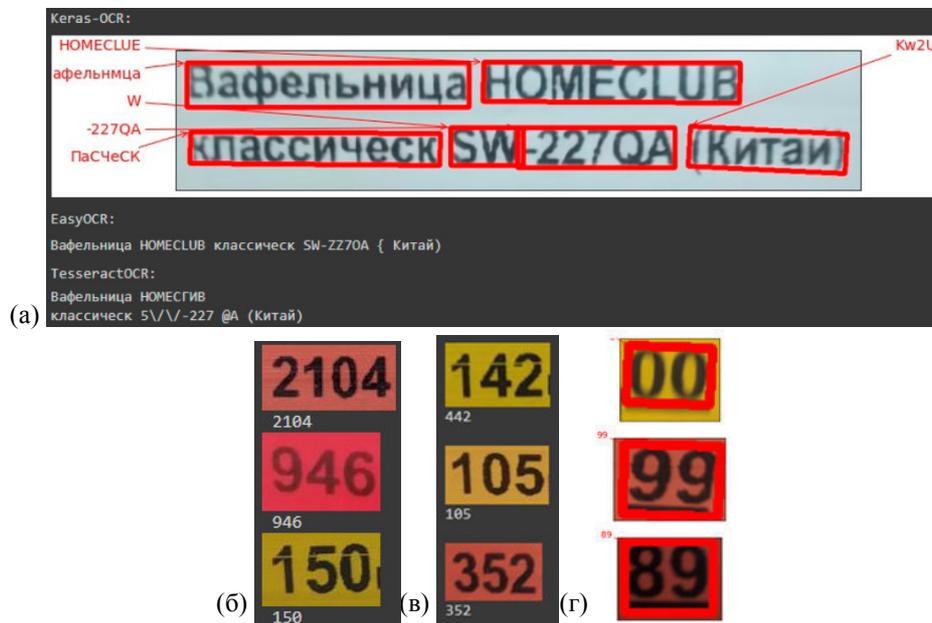


Рис. 4. Пример работы нейронных сетей: (а) распознавание текстового сегмента; (б) распознавание числового сегмента с помощью EasyOCR; (д) распознавание числового сегмента с помощью TesseractOCR; (г) распознавание числового сегмента с помощью Keras-OC;

Для расчета точности работы нейронных сетей были использованы следующие метрики: mean absolute percentage error (MAPE) [5] для числовых сегментов, Character Error Rate (CER) [6] для текстовых

сегментов и соотношения распознанных штрихкодов к общему количеству штрихкодов. Итоговая точность нейронных сетей рассчитывается как среднее арифметическое между всеми ранее названными метриками.

Итоговые точности рассматриваемых нейронных сетей представлены в таблице 1.

Таблица 1

Точность работы нейронных сетей

	Описание товара	Рубли без учёта скидочной карты	Копейки без учёта скидочной карты	Рубли с учётом скидочной карты	Копейки с учётом скидочной карты	Штрихкод	Итоговая точность
EasyOCR	92,7%	100%	90%	100%	100%	88%	95,12%
TesseractOCR	84,31%	73,81%	36,02%	86,76%	98,48%	88%	77,89%
Keras-OCR	30%	69,81%	21,41%	98,82%	60,59%	88%	61,43%

Заключение. В ходе проведенного исследования была выявлена оптимальная нейронная сеть для распознавания и анализа текста на изображениях. Ей стала архитектура EasyOCR с показателем точности 95,12%.

Дальнейшая работа в проекте направлена на использование результатов работы для разработки программного обеспечения предназначенного для автоматизации процесса проверки данных на ценниках. Также поскольку при разработке приложения планируется передача данных с сервера на личные устройства, необходимо учитывать аспекты информационной безопасности [7].

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках базовой части государственного задания ТУСУРа на 2020–2022 гг. (проект No FEWM-2020-0037).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Wang C.Y., Bochkovskiy A., Liao H.Y.M. Scaled-yolov4: Scaling cross stage partial network // Proceedings of the IEEE/cvf conference on computer vision and pattern recognition. – 2021. – P. 13029-13038.
2. EasyOCR [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.jaided.ai/easyocr/>. (Дата обращения 23.02.2022).
3. Smith R. Tesseract blends old and new OCR technology // Tutorial at DAS. – 2016.
4. Alrasheed N. et al. Evaluation of Deep Learning Techniques for Content Extraction in Spanish Colonial Notary Records // Proceedings of the 3rd Workshop on Structuring and Understanding of Multimedia heritAge Contents. – 2021. – P. 23-30.
5. De Myttenaere A. et al. Mean absolute percentage error for regression models // Neurocomputing. – 2016. – V. 192. – P. 38-48.
6. Carrasco R. C. An open-source OCR evaluation tool // Proceedings of the First International Conference on Digital Access to Textual Cultural Heritage. – 2014. – P. 179-184.
7. Shelupanov A. et al. Information Security Methods—Modern Research Directions // Symmetry. – 2019. – TV. 11. – №. 2. – P. 150.

УДК 537.533.9

**ИССЛЕДОВАНИЕ ОБРАБОТКИ ПОЛИПРОПИЛЕНА ПУЧКОВОЙ ПЛАЗМОЙ,
СОЗДАВАЕМОЙ ИМПУЛЬСНЫМ ПУЧКОМ ЭЛЕКТРОНОВ В ФОРВАКУУМНОМ
ДИАПАЗОНЕ ДАВЛЕНИЙ**

А.В. Казаков, А.В. Никоненко, Н.А. Панченко

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 40, 634050

E-mail: alisa.nikonenko@mail.ru

**INVESTIGATION OF THE TREATMENT OF POLYPROPYLENE BY BEAM PLASMA
GENERATED BY A PULSED ELECTRON BEAM IN THE FOREVACUUM PRESSURE RANGE**

A.V. Kazakov, A.V. Nikonenko, N.A. Panchenko

Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, Russia, Tomsk, Lenin str., 40, 634050

E-mail: alisa.nikonenko@mail.ru

***Abstract.** The treatment of polypropylene by beam plasma formed by a large-radius pulsed electron beam in the forevacuum pressure range has been investigated. The reflectivity of polypropylene surface is increased and the wetting of the polypropylene surface is improved after treatment by the beam-produced plasma.*

Введение. Полипропилен, как соединение был получен ещё в 1950 годах, и в настоящее время является востребованным пластиком, демонстрирующим отличные химические, физические и механические свойства [1]. Этот материал относится к семейству полиолефинов и является одним из наиболее часто используемых полимеров [2]. Из всех пластмасс полипропилен имеет одну из самых низких плотностей [1]. Полипропилен используется на практике, как в виде пластмассы, так и в виде волокна в различных областях науки и техники [1]. Задача по дальнейшему улучшению физических и механических свойств полипропилена является актуальной. С этой целью, например, используется плазменная обработка [3]. Плазменная обработка – это эффективный и экологичный способ обработки. Этот метод позволяет улучшить смачиваемость, биосовместимость и адгезионные свойства полимерных поверхностей [3]. В лаборатории плазменной эмиссионной электроники кафедры физики ТУСУР были разработаны работающие при давлениях до 30 Па (форвакуумный диапазон давлений) источники импульсных электронных пучков, которые позволяют осуществлять обработку диэлектрических и не проводящих материалов электронным пучком [4]. При таком давлении рабочего газа генерация электронных пучков приводит к созданию достаточно плотной пучковой плазмы, которая может быть использована для обработки различных материалов. **Целью данной работой** является исследование обработки полипропилена пучковой плазмой, генерируемой импульсным электронным пучком большого радиуса с низкой энергии (до 5 кэВ) в форвакуумном диапазоне давлений.

Методика эксперимента. Описание форвакуумного плазменного источника электронов, генерирующего импульсный электронный пучок большого радиуса, а также особенностей его функционирования представлены в [5]. Форвакуумный плазменный источник импульсного электронного пучка большого радиуса размещался на вакуумной камере (рис. 1), в которой давление p рабочего газа

(азот) составляло 10 Па. Электронный пучок, распространяясь в вакуумной камере, ионизовал рабочий газ, что обеспечивало формирование пучковой плазмы. Для обработки образцов из полипропилена на пути распространения электронного пучка (вблизи оси симметрии пучка) и, соответственно, области формирования пучковой плазмы размещался вертикальный держатель образцов. Образцы из полипропилена имели форму пластинок с размерами 10 мм × 15 мм × 1 мм. Плоскость обрабатываемых образцов располагалась параллельно оси пучка. Для предотвращения непосредственного попадания электронного пучка на держатель и образцы с верхней стороны держателя устанавливался защитный экран, выступающий на 0,5 мм относительно плоскости образцов. При настройке параметров электронного пучка, создающего пучковую плазму, образцы закрывались заслонкой, приводимой в движение электроприводом. В экспериментах ускоряющее электронное напряжение U_a составляло 5 кВ, ток эмиссии $I_e = 18$ А, длительность импульса тока пучка варьировалась от 2 мс до 5 мс, частота следования импульсов была 1 Гц. Для исследования оптических свойств образцов использовался спектрофотометр SHIMADZU UV-2700. Измерения оптических свойств осуществлялись до и после обработки образцов. Смачиваемость поверхностей образцов из полипропилена определялась измерением величины краевого угла θ , который образуется на границе твердое тело – жидкость (дистиллированная вода).

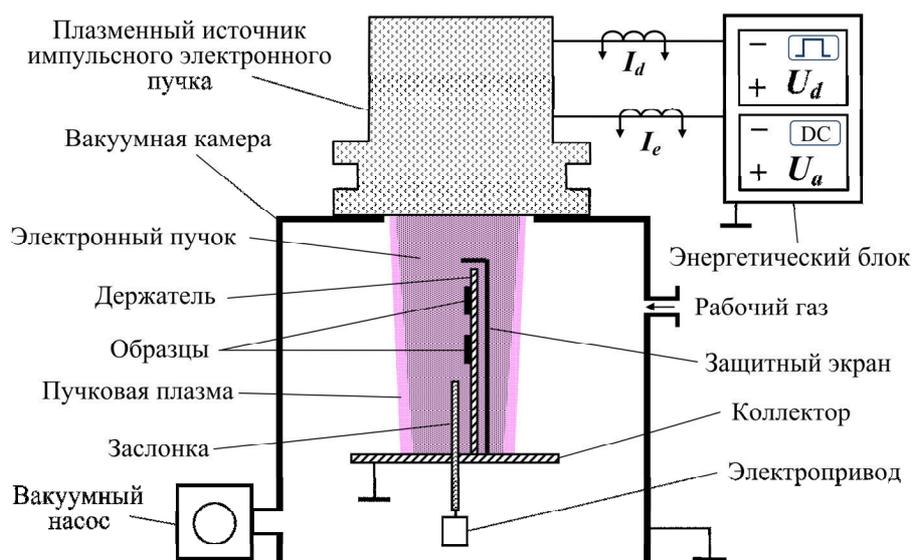


Рис. 1. Схема экспериментальной установки

Результаты экспериментов и их анализ. На рисунке 2 представлены зависимости интенсивности оптического излучения R , отраженного от поверхности полипропилена, от длины волны λ падающего излучения до и после обработки. Спектрофотометрические исследования образцов из полипропилена показали, что после обработки пучковой плазмой увеличивается отражательная способность обработанной поверхности полипропилена. При этом увеличение длительности импульса τ_d электронного пучка, а соответственно, и длительности действия пучковой плазмы на поверхность полипропилена приводит к тому, что после обработки интенсивность отраженного излучения R увеличивается на большую величину по сравнению с R для исходной поверхности (рис. 2, кр. 4). Рост интенсивности отраженного излучения R , по-видимому, обусловлен сглаживанием поверхности образца в процессе обработки. Исследование смачиваемости поверхностей образцов показывают, что после

обробки пучковою плазмою крайовий кут смачивання зменшується. При цьому збільшення тривалості імпульсу τ_d призводить до більшого зменшення крайового кута смачивання. Зменшення крайового кута смачивання свідчить про покращення смачивання поверхні поліпропілена.

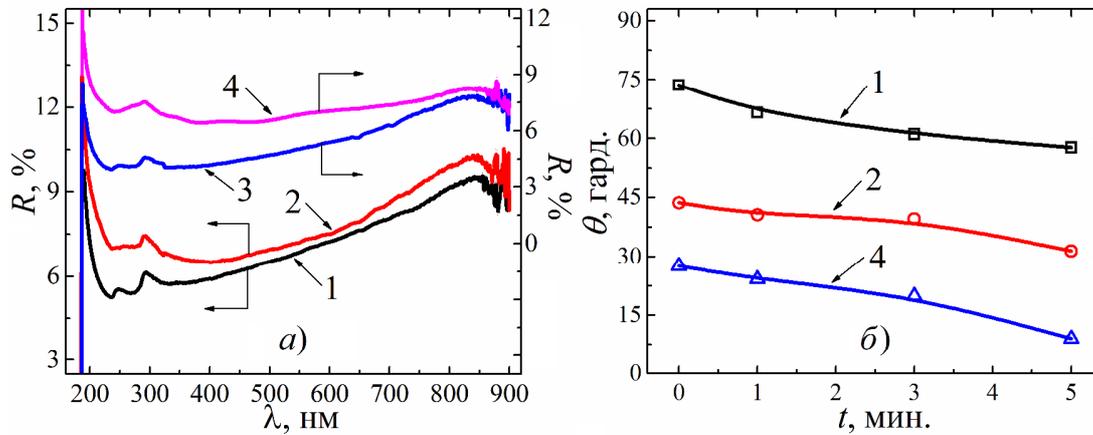


Рис. 2. Зависимость интенсивности R отраженного излучения от длины λ волны (а) и зависимость крайового угла θ от времени t растекания капли (б) для исходного образца и после обработки пучковой плазмой при различной длительности импульса τ_d , $I_e = 18$ А; $p = 10$ Па; $N = 100$ импульсов: 1, 3 – исходный образец; 2 – после обработки при $\tau_d = 2$ мс; 4 – после обработки при $\tau_d = 5$ мс

Заключення. Проведены исследования обработки полипропілена пучковою плазмою, формуючою імпульсним електронним пучком великого радіуса в форвакуумному діапазоні тисків. Установлено, що після обробки збільшується відбивна здатність і покращується смачивання поверхні поліпропілена.

Робота виконана при підтримці гранта Президента Російської Федерації МК-3621.2021.4.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Karger-Kocsis J., Barany T. Polypropylene handbook. – Switzerland: Springer Nature, 2019. – 648 p.
2. Maddah H.A. Polypropylene as a promising plastic: A review // American Journal of Polymer Science. – 2016. – V. 6, No. 1. – P. 1–11.
3. Jasso-Gastinel C.F., Messori J.M. Surface modification of polymers properties. – United States: Elsevier, 2017. – 216 p.
4. Burdovitsin V.A., Klimov A.S., Medovnik A.V., Oks E.M. Electron beam treatment of non-conducting materials by a fore-pump-pressure plasma-cathode electron beam source // Plasma Sources Science and Technology. – 2010. – V. 19, No. 5. – Art. No. 055003.
5. Kazakov A.V., Medovnik A.V., Oks E.M., Panchenko N.A. Formation of beam-produced plasma by a forevacuum plasma-cathode source of a pulsed large-radius electron beam // Journal of Physics: Conference Series. – 2021. – V. 1989. – Art. No. 012037.

УДК 543.4

**РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ЛАБОРАТОРНОГО ТГц СПЕКТРОМЕТРА С
ВРЕМЕННЫМ РАЗРЕШЕНИЕМ**А.И. Олехнович, Д.М. Ежов

Научный руководитель: доцент, к.ф.-м.н. В.А. Светличный

Национальный исследовательский Томский государственный университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 36, 634050

E-mail: alexanderolekhnovich@gmail.com

DEVELOPMENT OF EXPERIMENTAL LABORATORY THZ TIME-DOMAIN SPECTROMETERA.I. Olekhnovich, D.M. Ezhov

Scientific Supervisor: Associate Professor, Ph.D. V.A. Svetlichnyi

Tomsk State University, Russia, Tomsk, Lenin ave., 36, 634050

E-mail: alexanderolekhnovich@gmail.com

Abstract. *In the last decades, terahertz time-domain spectroscopy is developing quickly. There is a bunch of commercially available setups for this kind of spectroscopy, but they have a huge disadvantage of manufacturer's restrictions, such as spectrum width, dynamic range and a sample's size. In this work we assembled a custom terahertz time-domain spectrometer and explored its properties.*

Введение. Терагерцовое (ТГц) излучение обладает высокой проникающей способностью, но, в отличие от рентгеновского, не является ионизирующим [1]. Комбинация эти факторов обеспечила применимость спектроскопии в терагерцовой диапозоне для нужд оборонной промышленности, охранных систем, систем неразрушающего контроля при производстве лекарств [2].

Недостаток представленных на рынке коммерческих спектрометров – заложенные производителями ограничения, такие как ширина спектра, динамический диапазон и габариты исследуемого образца, в то время как установки, изготовленные по собственному проекту, нивелируют эти недостатки [3]. **Целью данной работы** является создание и исследование параметров лабораторного экспериментального терагерцового спектрометра с временным разрешением. Экспериментальный характер установки предусматривает возможность её модификации, а также использования в различных режимах: на пропускание, на отражение и с приставкой нарушенного полного внутреннего отражения.

Экспериментальная часть. В качестве источника накачки использован титан-сапфировый лазер Chameleon Vision 2 (Coherent, США), средняя мощность излучения $W_{cp} = 3$ Вт, длительность импульса $\tau = 120$ фс, частота повторений $N = 80$ МГц. Использование лазера такой мощности позволило выбрать в качестве источника ТГц излучения фотопроводящую антенну iPCA-21-05-1000-800-h (Vator, Германия), позволяющую генерировать ТГц излучение высокой интенсивности. Регистрирующая система основана на электрооптическом детектировании в кристалле теллурида цинка (ZnTe) с применением автобалансного детектора ABL-100 (Zomega, США). Такой выбор методов обусловлен, с одной стороны, широким спектральным диапазоном излучения фотопроводящих антенн (0,1-4 ТГц для выбранной

антенны), а с другой стороны – высокой чувствительностью электрооптического детектирования [4]. В качестве линейного транслятора использован 8MT175 (Standa, Литва).

Для улучшения качества сигнала, полученного с электрооптического детектора, используется принцип синхронного детектирования сигнала. С помощью функционального генератора DS335 (Stanford Research Systems, США) на фотопроводящую антенну подаётся напряжение в виде меандра с частотой 12500 Гц и среднеквадратичным значением 12 В. Сигнал автобалансного детектора передаётся на синхронный усилитель SR860 (Stanford Research Systems, США), синхронизированный с генератором. Синхронный усилитель выделяет сигнал на генерируемой частоте и передаёт его на ПК для последующей записи. Управление и обработка сигнала реализуется программным обеспечением, разработанным и предоставленным А. Мамрашевым [5]. За основу схемы установки (рисунок 1) взята схема спектрометра, разработанного и использованного в ИАиЭ СО РАН [6].

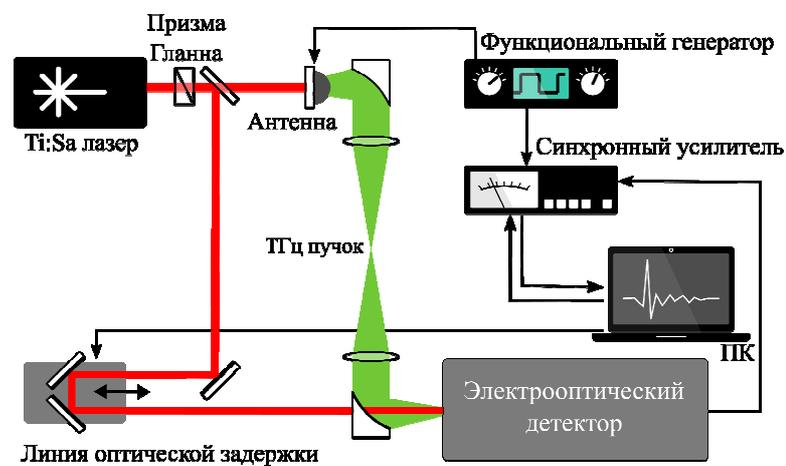


Рис. 1. Схема собранного ТГц спектрометра с временным разрешением

Результаты. Тщательная сборка и юстировка описанной схемы позволила получать стабильные измерения с высоким соотношением сигнала к шуму. В ходе работы проведена серия тестовых измерений амплитуды ТГц сигнала в воздухе в зависимости длины волны накачки (рисунок 2а). При этом средняя мощность падающего на фотопроводящую антенну излучения практически не изменялась (975 мВт, 1007 мВт, 1033 мВт, 1051 мВт, 1062 мВт, 1055 мВт, 1030 мВт, для серии экспериментов от 785 до 815 нм). Основной пик терагерцового импульса от фотопроводящей антенны имеет ширину порядка 10 пс, при этом на расстоянии ~15 пс от главного пика наблюдаются аппаратные всплески, связанные с переотражением излучения в фокусирующей системе антенны. Уровень сигнала, а вместе с ним и динамический диапазон, меняется в зависимости от длины волны лазера, достигая максимума при 810 нм, динамический диапазон при этом оказался равным 800 к 1 (рисунок 2б).

С помощью преобразования Фурье спектров временной области получена амплитуда ТГц сигнала в частотной области. Частотный диапазон спектров составил порядка 0,1...2,0 ТГц – это вдвое меньше, чем частотный диапазон импульса, генерируемого фотопроводящей антенной, поэтому он ещё может быть увеличен в дальнейшем. На частотах 1,1 ТГц, 1,4 ТГц, 1,6 ТГц и 1,8 ТГц, как и ожидалось, видны линии поглощения паров воды, содержащихся в воздухе.

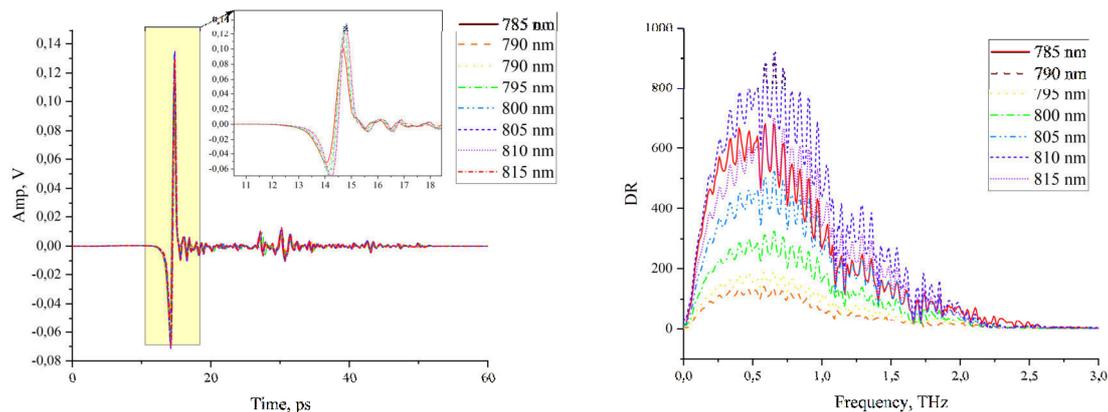


Рис. 2. Амплитуда сигнала во временном диапазоне (а), динамический диапазон в зависимости от длины волны лазера накачки (б)

Закключение. В результате проведенных исследований был собран и протестирован экспериментальный ТГц спектрометр с временным разрешением. Была получена сложная зависимость генерации ТГц излучения от длины волны лазера накачки. Наибольшая амплитуда сигнала, а также динамический диапазон достигается при 810 нм. Использование в установке фемтосекундного лазера высокой мощности позволяет использовать для генерации высокоинтенсивные фотопроводящие антенны, а также, в дальнейшем, нелинейные кристаллы, для генерации ТГц излучения методом оптического выпрямления.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФ № 18-19-00268.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Adam A.J.L. Review of Near-Field Terahertz Measurement Methods and Their Applications // J Infrared Milli Terahz Waves. – 2011 – Vol. 32. – P. 976–1019.
2. Safian R., Ghazi G., Mohammadian N. Review of photomixing continuous-wave terahertz systems and current application trends in terahertz domain // Optical Engineering. – 2019. – Vol. 58(11). – P. 110901(1-29).
3. Mamrashev, A., Minakov, F., Maximov, L., Nikolaev, N. & Chapovsky, P. Correction of Optical Delay Line Errors in Terahertz Time-Domain Spectroscopy // Electronics. – 2019. – Vol. 8(12). – P. 1408(1-10).
4. Natsuki Nemoto, Takuya Higuchi, Natsuki Kanda, Kuniaki Konishi, and Makoto Kuwata-Gonokami .Highly precise and accurate terahertz polarization measurements based on electro-optic sampling with polarization modulation of probe pulses // Optics Express. – 2014. – Vol. 22, Is. 15. – P. 17915-17929.
5. Мамрашев А.А. Разработка, исследование и применение широкополосного терагерцового спектрометра с поляризационно-оптической регистрацией на базе фемтосекундного волоконного лазера: Автореф. Дис. ... канд. Физ.-мат. наук. – Новосибирск, 2013. – 17 с.
6. Antsygin, V.D., Losev, V.F., Mamrashev, A.A., Nikolaev, N.A., and Potaturkin., O.O. Specific Features of Studying Anisotropic Media by Methods of Time-Domain Terahertz Spectroscopy // Optoelectronics Instrumentation and Data Processing. – 2015. – Vol. 52, no. 4. – P. 71–78.

УДК 620.9:519.2; 004.9

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ОТКАЗОВ ЭЛЕМЕНТОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОНТОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ**

М.Н. Полковская, Н.В. Бендик

Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского,
Россия, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодежный, 664038

E-mail: polk_mn@mail.ru

**SIMULATION OF FAILURE OF ELECTRIC NETWORK ELEMENTS USING ONTOLOGICAL
MODEL**

M.N. Polkovskaya, N.V. Bendik

Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district,
Molodezhny, 664038

E-mail: polk_mn@mail.ru

***Abstract.** In the work, a semantic network is used to describe the subject area and represent knowledge, which allows to identify the basic concepts and their interrelations. At the same time, on the basis of previously conducted studies concerning the modeling of emergency shutdowns, a hierarchy of failure classes of electric grid elements has been developed in relation to the networks of Irkutsk. The created ontological model includes information characterizing the causes, duration, location, etc. of emergency outages, as well as models that can be used for their probabilistic assessment and forecasting. The above ontology is designed to analyse the causes and duration of emergency outages, identify intra-row relationships, determine regression dependencies and predict failures using various models. In the future, based on the developed model, it is planned to carry out a probabilistic assessment and a short-term forecast of emergency shutdowns, taking into account the presence of autocorrelation, the dependence of the studied parameter on time and the influence of meteorological factors.*

Введение. Одной из задач функционирования энергетических компаний является обеспечение бесперебойного снабжения потребителей. Поскольку функционирование энергосистемы невозможно без аварийных отключений, вызванных эксплуатационными и природно-климатическими условиями, важной задачей является их вероятностная оценка и прогнозирование [1].

При этом для эффективного использования математического аппарата и развития семантического моделирования необходимы хорошо формализованные информация и знания. При моделировании важным является выбор способа представления знаний. К основным типам моделей представления знаний относятся: продукционные модели, семантические сети, фреймовые модели, онтологические модели и др. Особый интерес в формализации информации и знаний представляет онтологический анализ, который является одним из способов описания семантических аспектов предметной области [2, 3]. Семантическое описание предметной области является начальным этапом представления знаний, позволяющим выявить основные понятия и их взаимосвязи [4]. В связи с чем целью работы является создание онтологической модели для моделирования аварийных отключений в электрических сетях.

Материалы и методы. В качестве источника информации для составления онтологической модели использованы журналы отключений на подстанциях Южных электрических сетей, которые расположены в Левобережном и Правобережном округах г. Иркутска. Данные о метеорологических факторах, влияющих на работу электрических сетей в г. Иркутске, взяты в ФГБУ «Иркутское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды».

Результаты. На данный момент, в любом субъекте Российской Федерации требуется систематизация данных по аварийным отключениям для их предотвращения или предупреждения.

Построение онтологической модели для вероятностной оценки и прогнозирования аварийных отключений в электрической сети является актуальной задачей. Определение и построение онтологии включает анализ предметной области, выделение базовых онтологических элементов (классов, объектов и их атрибутов, отношений), проведение операций над этими онтологическими элементами. Сложность поставленной задачи определяется наличием множества межклассовых связей и различными целями конечных пользователей системы.

Классы (owl: Thing), описываемые с помощью формальных конструкций, являются основными компонентами онтологической модели (рис. 1). Классы организованы в иерархии связей вида «подкласс-суперкласс» (таксономия), поэтому, при правильном построении иерархии, они автоматически определяются системой логического ввода [5].

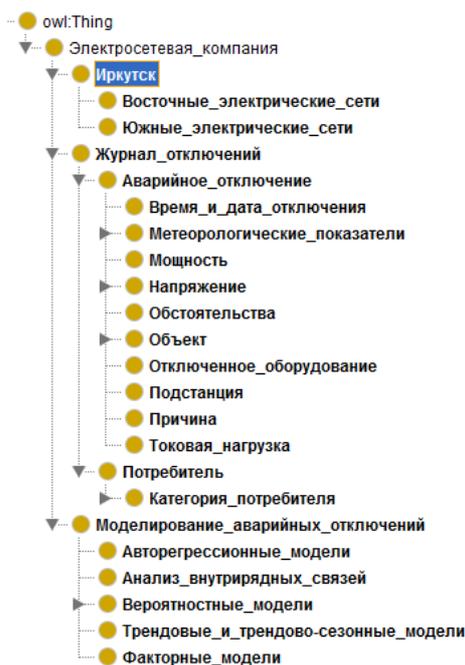


Рис. 1. Иерархия классов моделирования аварийных отключений в электрической сети

Созданная семантическая сеть представляет собой ориентированный граф, вершинами (узлами) которого являются классы, а дугами – направленные отношения, соединяющие эти дуги. Несмотря на то, что созданная онтологическая модель ориентирована на сети г. Иркутска, она может быть использована и для других сетей. Модель включает в себя аварийные отключения, а также различные характеристики объектов наблюдения; журнал аварийных отключений, подстанции, напряжение; математические модели

для вероятностной оценки и прогнозирования и т.п. (рис. 2). Данная онтология предназначена для анализа причин и продолжительности аварийных отключений, выявления внутрирядных связей, определения регрессионных зависимостей и прогнозирования отказов с использованием различных моделей.

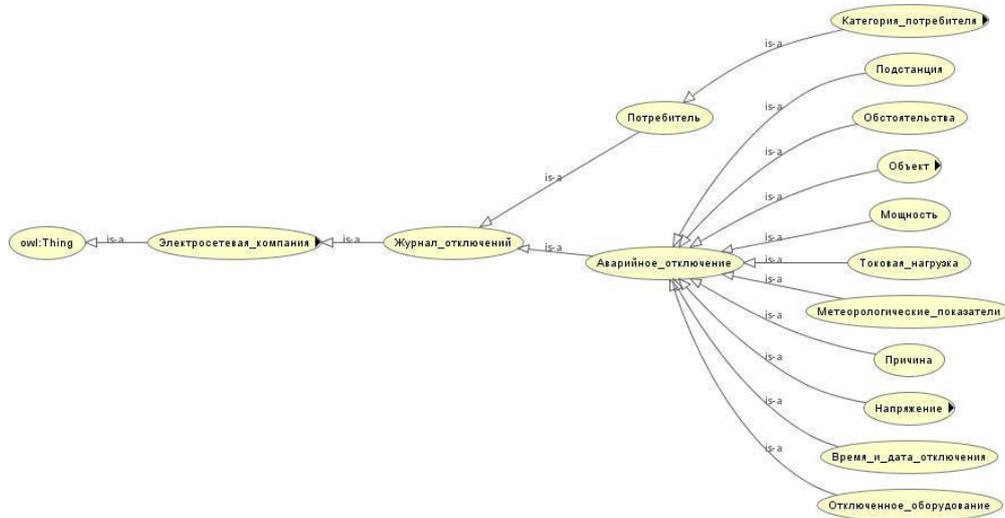


Рис. 2. Онтологическая модель моделирования аварийных отключений в электрической сети

Заключение. В работе на основе ранее проведенных исследований, касающихся моделирования аварийных отключений, разработана онтологическая модель отказов элементов электрической сети применительно к электрическим сетям г. Иркутска. В дальнейшем планируется на основе разработанной модели осуществлять вероятностную оценку и краткосрочной прогноз аварийных отключений с учетом наличия автокорреляции, зависимости исследуемого параметра от времени и влияния метеорологических факторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ланин А.В., Полковская М.Н., Якупов А.А. Статистический анализ аварийных отключений в электрических сетях 10 кВ // Актуальные вопросы аграрной науки: электрон. науч.-практ. журн. – 2019. – Вып. 30. – С. 5-12.
2. Бендик Н.В., Борхошкин О.В. База знаний интеллектуальной системы поддержки производства продукции растениеводства // Теория и практика современной аграрной науки : сб. III нац. (всерос.) науч. конф. с междунар участием. – Новосибирск, 2020. – Т. 1. – С. 26-29.
3. Shunkevich D. Ontology-based Design of Knowledge Processing Machines // Open Semantic Technologies for Intelligent Systems: материалы межд. науч.-техн. конф. – Минск, 2017. – Вып. 1. – С. 73-94.
4. Ворожцова Т.Н., Макагонова Н.Н., Массель Л.В. Онтологический подход к проектированию базы данных для оценки влияния энергетики на окружающую среду // Информационные и математические технологии в науке и управлении. – 2019. – № 3 (15). – С. 31-41.
5. Платицын В.А. Практический справочник по построению Онтологий OWL в Protégé 4 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.co-ode.org>. (дата обращения: 25.02.2022)

УДК 004.042

**ВЛИЯНИЕ АТАК ПО ТЕПЛОВЫМ КАНАЛАМ НА КОМПОНЕНТЫ ЭЛЕКТРОННЫХ
УСТРОЙСТВ**Е.А. Прозорова, И.Е. Вдовина

Научный руководитель: профессор, д.ф.-м.н., М.М. Немирович-Данченко
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники,
Россия, г. Томск, пр. Ленина, 40, 634050
E-mail: el.prozorova2000@yandex.ru.

**IMPACT OF THERMAL CHANNEL ATTACKS ON THE COMPONENTS OF ELECTRONIC
DEVICES**

E.A. Prozorova, I.E. Vdovina

Scientific Supervisor: Prof., Dr. M.M. Nemirovich-Danchenko
Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, Russia, Tomsk, Lenin str., 40, 634050
E-mail: el.prozorova2000@yandex.ru.

***Abstract.** Thermal channel attacks, temperature attacks for some components of electronic devices and methods of protection against them are possible. Testing of changes in temperature of the central processor during the execution of various files.*

Введение. Атаки по тепловым каналам – это вид атак, направленных на считывание, обработку и использование тепла, излучаемого компьютером, сервером или смартфоном. Этот вид атак обусловлен влиянием злоумышленников на компоненты устройств с целью спровоцировать аппаратные ошибки или анализировать тепловые и электромагнитные излучения.

Реализация атак по тепловым каналам

- 1.Использование терможуков.
- 2.Использование инфракрасного излучения.
- 3.Утечка данных в течении нескольких миллисекунд, если устройство.
- 4.Использование целевого устройства за пределами его максимальных температур.

Память. Технологии памяти, в которых используется более высокая плотность схем, быстрее выходят из строя под влиянием высоких температур. Однако данные будут сохраняться, если хранить микросхемы при низких температурах. [1]

Жесткий диск. Повышение температуры приводит к расширению материала, из которого изготовлены комплектующие диска, что может привести к его отказу. Однако, большинство дисков содержат программно-читаемые датчики. Например, Smart (Self-Monitoring Analysis & Reporting Technology) — это стандарт IBM для мониторинга состояния диска с помощью встроенных датчиков, с помощью которых экстремальные пики нагрева можно отслеживать. [2]

Процессор. Высокoмощный процессор выйдет из строя раньше, чем оперативная память или жёсткий диск в случае постоянного нагрева или в результате выполнения программ, намеренно провоцирующих ошибки. Такие программы нагревают процессор и отслеживают ошибочные расчеты, чтобы определить пределы разгона устройства. [3]

Экспериментальная часть. Были проведены тесты температур на ноутбуке с процессором «Intel® Core i5-5200U CPU @2.20 GHz» с двумя типами охлаждения. Программные тесты на языке C++ и Python:

- 1.Бездействие.
- 2.Вывод записи «Hello world».
- 3.Прибавление к числу $n = 0$ единицы десять раз.
- 4.Умножение числа $n=1$ на два десять раз.

После проведения тестов были построены графики и проанализированы результаты каждого теста.

Программа для измерения температуры процессора. Для измерения температуры была написана программа на C#, использующая библиотеку «openhardwaremonitor.hardware» [4]. Окно программы состоит из тестового поля, в котором видны ядра процессора и их температуры, а также результирующая температура процессора.

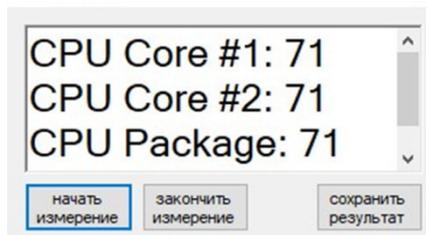


Рис 1. Окно программы для вычисления температуры процессора

Результаты.



Рис. 2. Результаты снятия температуры при охлаждении встроенным кулером

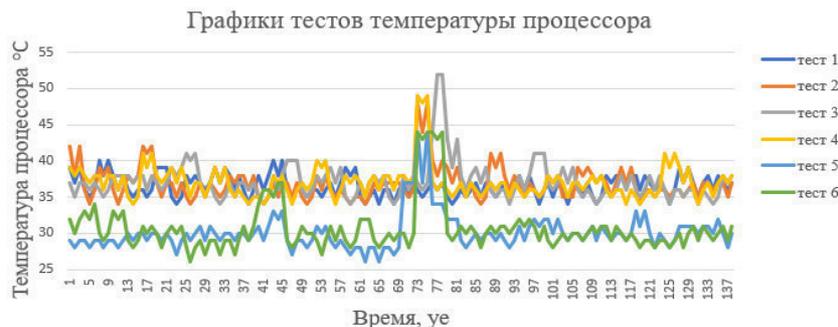


Рис.3 . Результаты снятия температуры при охлаждении с помощью подставки для ноутбука

Системы охлаждения. Персональные компьютеры имеют внутренний вентилятор, угловая скорость которого может быть считана вредоносным ПО, что сильно коррелирует с температурой материнской платы. Колебания скорости вентилятора, вызывающие различия в акустическом шуме могут быть считаны злоумышленниками с помощью микрофонов или иных устройств. [1]

Клавиатура. С помощью термальной камеры может быть реализован перехват нажатия клавиш на клавиатуре, которые впоследствии можно обработать и воспроизвести набранный текст. [5]

Методы противодействия атакам по тепловым каналам

1 Экранирование:

2 Устранение условных переходов:

3 Использование современных систем охлаждения:

4 Усовершенствование систем реагирования на ошибки:

Заключение. В ходе научно-исследовательской работы, нами рассмотрены различные варианты реализации атак по тепловому каналу, а также влияние выполняемых программ на изменения температуры центрального процессора. Было показано изменение амплитудного спектра записей датчиков температуры в зависимости от характера вычислительных операций и описано влияние изменения температуры для наиболее важных и чувствительных компонентов электронно-вычислительных устройств, в частности персональных компьютеров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Halderman J.A., Schoen S.D., Heninger N., Clarkson W., Paul W., Calandrino J.A., Feldman A.J., Appelbaum J., Felten E.W. Lest We Remember: Cold Boot Attacks on Encryption Keys [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.usenix.org/legacy/event/sec08/tech/full_papers/halderman/halderman.pdf (дата обращения 02.03.2022)
2. Hagai Bar-El, Hamid Choukri, David Naccache, Michael Tunstall, Claire Whelan. The Sorcerer's Apprentice Guide to Fault Attacks [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://eprint.iacr.org/2004/100.pdf> (дата обращения 02.03.2022)
3. Michael Hutter, Jörn-Marc Schmidt. The Temperature Side Channel and Heating Fault Attacks [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://eprint.iacr.org/2014/190.pdf> (дата обращения 10.11.2020)
4. Microsoft Build. Open Hardware Monitor Class [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.microsoft.com/en-us/dotnet/api/iot.device.hardwaremonitor.openhardwaremonitor?view=iot-dotnet-1.5> (дата обращения 10.09.2021)
5. Нефёдова М. Атака Thermanator [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://xakep.ru/2018/07/05/thermanator/> (дата обращения 10.11.2020)

УДК 004.62

**ДЕРЕВО РЕШЕНИЙ ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ СЛУЧАЕВ ИНФИЦИРОВАНИЯ ПАЦИЕНТОВ
ИКСОДОВЫМИ КЛЕЩАМИ**

В.С. Сафронов, Е.В. Сафронова

Научный руководитель: доцент, к.т.н., С.В. Аксёнов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: vss75@tpu.ru

DECISION TREE AS A METHOD FOR CLASSIFICATION OF TICK-BORNE INFECTIONS

V.S. Safronov, E.V. Safronova

Scientific Supervisor: Ass. Prof., S.V. Aksenov

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: vss75@tpu.ru

***Abstract.** This article describes the process of classifying tick-borne infections using a decision tree. The classification quality was assessed. With the help of the scheme the principle of classification is presented. The most important predictors that have the greatest impact on the diagnosis are given.*

Введение. Многие насекомые являются переносчиками различных заболеваний. Иксодовыми клещами контактным и трансмиссивным путями чаще всего могут быть переданы человеку такие инфекции, как иксодовый клещевой боррелиоз (ИКБ, Болезнь Лайма) и клещевой энцефалит (КЭ), а также их микст. Если в короткие сроки после контакта с клещом не принимаются необходимые меры, то повышается риск заболеть, перенести заболевание в тяжелой форме, а в некоторых случаях возможен летальный исход [1]. Симптомы у ИКБ и КЭ схожи, и при поступлении пациента в медицинское учреждение с подозрением на клещевую инфекцию помимо осмотра врачом, проводится лабораторная диагностика биоматериала, что занимает некоторое время [2, 3]. С клещевыми инфекциями, как и с большинством заболеваний, очень важно как можно раньше поставить диагноз и назначить соответствующее лечение. Методы машинного обучения позволяют выявлять связь, оценивать степень влияния каждого отдельного предиктора на целевую переменную. Такой метод обучения с учителем, как дерево решений достаточно прост в интерпретации результатов разделения набора данных на классы [4]. **Целью данного исследования** является проведение классификации данных пациентов с клещевыми инфекциями с помощью алгоритма дерева решений.

Основная часть. Данные 193 пациентов, обратившихся в медицинские учреждения с клещевыми инфекциями, и проходящими лечение в стационаре медицинских учреждений Томской области, были предоставлены сотрудниками кафедры инфекционных заболеваний Сибирского государственного медицинского университета.

Проведенный при приеме пациентов осмотр протоколируется, результаты фиксируются в истории болезни пациента. В данный документ заносится следующая информация: возраст, пол, рост, вес, характер взаимодействия с переносчиком заболевания, предпринятые меры для снижения риска

заболевания, наличие сопутствующих заболеваний, а также отклонений от нормы в состоянии здоровья (результаты осмотра терапевтом и неврологом), результаты дополнительных обследований (осмотр окулистом, ультразвуковое исследование (УЗИ) и электрокардиограмма (ЭКГ)). После госпитализации с определенной периодичностью проводятся анализы биоматериала, замеры температуры, давления и пульса. Общее количество признаков составило более 150. В результате исключения признаков, напрямую связанных с диагнозом, имеющих большое количество пропущенных значений, а также явно не влияющих на постановку диагноза, предикторов осталось 97.

Разделение данных было проведено в отношении 70 к 30. На рисунке 1 представлено соотношение тестовых и тренировочных данных по различным диагнозам. Разными цветами представлены диагнозы, светлым оттенком – тестовая, темным – обучающая выборки.

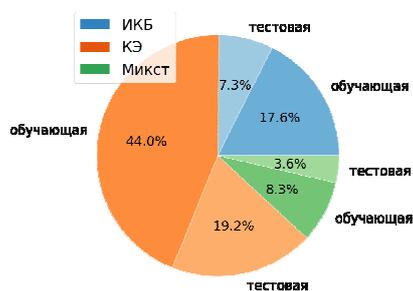


Рис. 1. Процентное соотношение тестовых и тренировочных данных по диагнозам

Прежде чем приступить к обучению модели, была проведена настройка гиперпараметров с помощью перекрестного поиска по сетке. Варьировались значения следующих параметров: критерий расщепления (Энтропия, коэффициент Джини), максимальная глубина дерева (от 2 до 10), пороговое значение критерия расщепления для разделения данных в узле (0,3, 0,2, 0,1). Оптимальной оказалась модель со следующими параметрами: критерий расщепления – Энтропия, максимальная глубина дерева – 3, пороговое значение критерия расщепления – 0,1.

Для оценки качества работы модели классификации были рассчитаны такие метрики, как специфичность и чувствительность, их значения составили 0,70 и 0,69, соответственно. В 69% случаев пациенты верно отнесены к каждому конкретному диагнозу и в 70% случаев определено, что пациенты к данному диагнозу не относятся.

Результат классификации, а также важности предикторов представлены на рисунке 2. Наибольшее влияние на определение диагноза оказывают наличие или отсутствие такого отклонения, как заторможенность и процент содержания в крови нейтрофилов (NEU%). На первом шаге значительная доля пациентов с наличием заторможенности была отнесена к классу КЭ. Оставшиеся случаи при проценте нейтрофилов больше или равном 60,4% алгоритмом отнесены к КЭ, однако сюда же были отнесены 3 и 5 случаев на самом деле являющихся ИКБ и Микст, соответственно. К классу же ИКБ были отнесены 7 случаев КЭ и 11 – Микст.

Клещевой энцефалит является вирусной инфекцией, в то время как Болезнь Лайма представляет собой инфекцию, вызванную бактериями. В большинстве случаев увеличение числа нейтрофилов в общем анализе крови свидетельствует о бактериальной инфекции, что противоречит принципу разделения данных на классы, представленному выше. Пациенты, содержание нейтрофилов в крови

которых превышает норму, должны были быть отнесены к классу ИКБ. Однако, в острый период, особенно при менингеальной и очаговой формам клещевого энцефалита, наблюдается нейтрофильный лейкоцитоз (т.е. повышенное содержание нейтрофилов) [5].

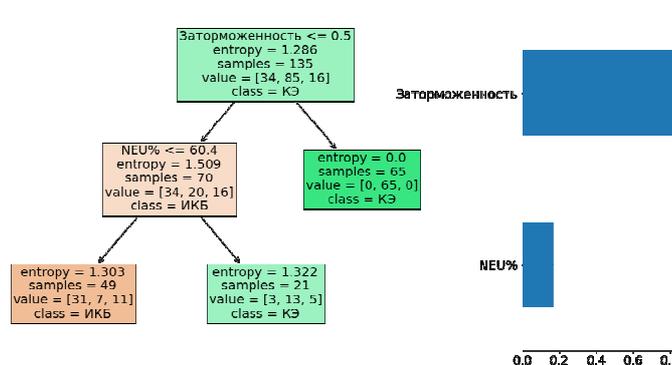


Рис. 2. Визуальное представление классификации деревом решений по диагнозам

Заключение. В рамках данного исследования была проведена классификация данных пациентов, страдающих такими клещевыми инфекциями, как клещевой энцефалит, иксодовый клещевой боррелиоз и микст, методом дерева решений. Доля корректно классифицированных пациентов по диагнозам составила 70%. Наиболее важными признаками для отнесения случая заболевания к тому или иному диагнозу оказались наличие или отсутствие заторможенности, а также процент содержания в крови нейтрофилов. Однако, последний предиктор является достаточно спорным, так как высокое содержание нейтрофилов характерно как для бактериальной болезни Лайма, так и для менингеальной и очаговой форм клещевого энцефалита. Такое заболевание, как микст КЭ и ИКБ деревом решений не было выявлено. Можно сделать вывод, что качество классификации заболеваний по диагнозам клещевых инфекций с помощью дерева решений достаточно невысокое. Для улучшения результатов можно использовать ансамблевые методы, включающие несколько деревьев решений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Диагностика, лечение и профилактика клещевого энцефалита и иксодового клещевого боррелиоза у военнослужащих МО РФ: методические указания / составители: К. В. Жданов [и др.] – Москва: МО РФ, 2018. – 62 с.
2. Болезнь Лайма: особенности клещевого боррелиоза // СитиЛаб [Электронный ресурс]. – URL: [https://citilab.ru/articles/kleshevoi-borrelioz-\(bolezni_laima\)/](https://citilab.ru/articles/kleshevoi-borrelioz-(bolezni_laima)/) (дата обращения: 26.01.2022).
3. Клещевой энцефалит // Медицина [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.medicina.ru/patsientam/zabolevanija/kleshchevoj-encefalit/> (дата обращения: 3.02.2022).
4. Руководство по деревьям принятия решений для машинного обучения и науки о данных // Машинное обучение [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.machinelearningmastery.ru/a-guide-to-decision-trees-for-machine-learning-and-data-science-fe2607241956/> (дата обращения: 10.01.2022).
5. Ильинских Е.Н. [и др.] Клещевой энцефалит. Методическое пособие для врачей, интернов и клинических ординаторов. – Томск, 2015. – 31 с.

УДК 537.52

ФОРМИРОВАНИЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ НА ПОЛИПРОПИЛЕНЕ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВЫМ МЕТОДОМ В ФОРМВАКУУМНОЙ ОБЛАСТИ ДАВЛЕНИЙ

В.Т. Чан, А.С. Климов

Научный руководитель: профессор, д.т.н. А.С. Климов

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 40, 634050

E-mail: tranvantu0208@gmail.com

FORMATION OF DIELECTRIC COATINGS ON POLYPROPYLENE BY ELECTRON BEAM METHOD IN THE FOREVACUUM PRESSURE RANGE

V.T. Tran, A.S. Klimov

Scientific Supervisor: Prof., Dr. A.S. Klimov

Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, Russia, Tomsk, Lenin str., 40, 634050

E-mail: tranvantu0208@gmail.com

***Abstract.** The article investigates the temperature dependence of polymer materials when ceramic coatings are applied to them due to electron beam evaporation of alumina ceramics. It is shown that the polymer surface temperature depends on the duration of coating. With a coating duration of less than 1 minute, the temperature does not exceed 80 degrees. Photos of the applied coatings are presented.*

Введение. Форвакуумные плазменные электронные источники в настоящее время находят все большее применение для обработки непроводящих материалов, в частности стекла, керамики, полимеров [1-3]. Ранее в работе [3] представлены результаты использования плазменного электронного источника для формирования керамических покрытий на плексигласе. Авторы показали, что минимальное расстояние от нагреваемой до температуры испарения керамики на котором может быть расположена полимерная подложка толщиной 1,5 см составляет 15 см. Температура подложки при этом не превышает 80 градусов. Эксперименты проводились при нагреве керамической мишени 2000°C. Расстояние в 15 см достаточно большое, и предполагает низкую скорость напыления при таком удалении от испаряемой мишени. Повышение скорости нанесения покрытий может быть за счет повышения интенсивности испарения мишени. Для этого необходимо с одной стороны обеспечить такой нагрев, а с другой защитить полимерные подложки от перегрева за счет теплового излучения в процессе нанесения покрытий. В настоящей работе представлены результаты исследования возможности нанесения керамических покрытий на полипропиленовые подложки в процессе нагрева керамической мишени до температуры 2400°C.

Экспериментальная часть. Эксперименты проводились с использованием форвакуумного плазменного электронного источника, схематичное изображение которого представлено на рис. 1. Конструкция и основные параметры электронного источника представлены в работе [4].

В условиях форвакуумного диапазона давлений электронный источник генерировал пучок диаметром до 0,5 мм с током 10-50 мА и энергией электронов до 20 кВ. Плазменный источник размещался на вакуумной камере. Для испарения использовалась композитная керамика $Al_2O_3+ZrO_2$. Керамическая мишень помещалась в вакуумную камеру на графитовый тигель. Тигель располагался на расстоянии 45 см от электронного источника. Полипропиленовые подложки размерами 15*15 мм располагались на отдельных держателях на устройстве перемещения. Защитный экран с диафрагмой позволял снизить нежелательный нагрев подложек в процессе нагрева керамической мишени. Давление

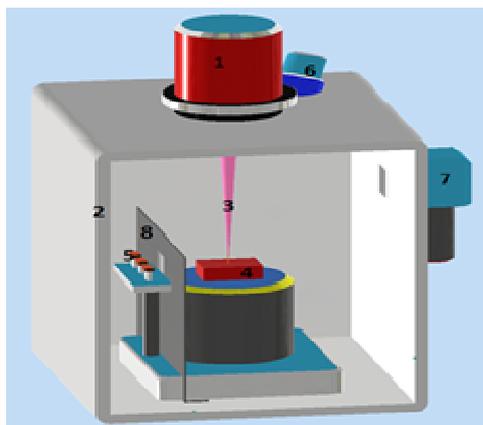


Рис. 1. Схема экспериментальной установки
1 – плазменный источник электронного пучка; 2 - вакуумная камера; 3 – электронный пучок; 4 – мишень из керамики; 5 – образцы полимеров; 6 – пирометр №1; 7 – пирометр №2; 8 – защитный экран с диафрагмой

рабочего газа в камере составляло 30 Па. Измерение температуры поверхности керамики и поверхности полимерной подложки осуществлялось с помощью инфракрасных пирометров.

Нанесение покрытий осуществлялось следующим образом: мишень из керамики нагревалась электронным пучком в течение 5 минут до температуры 2200°C, затем располагаемые на устройстве перемещения подложки поочередно совмещались с диафрагмой, что позволяло парам керамики с мишени попадать на подложки. Расстояние от подложек до керамической мишени составляло 8 см. Время напыления изменялось от 15 до 60 секунд.

Результаты. На рис 2. представлена зависимость температуры подложек от времени напыления. Стоит отметить, что напыление проводилось последовательно за счет перемещения подложек друг за другом.

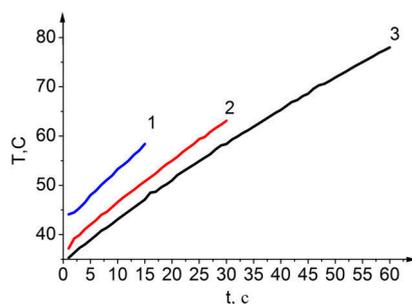


Рис. 2. Зависимость температуры подложки от времени напыления керамики: 1 – 15 с, 2 – 30 с, 3 – 60 с

Таким образом, при нагреве первой подложки в течение 60 секунд остальные также незначительно прогревались. С этим связано отличие в начальных температурах для всех трех подложек. Начальная температура в вакуумной камере составляла 25°C, однако при нагреве керамической мишени в течение 5 минут до 2200°C температура подложек достигала 35°C, даже не смотря на то, что они располагались за тепловым экраном и на расстоянии 20 см от керамической мишени.

Как видно из рис. 2. температура изменяется практически линейно, а скорость роста температуры остается постоянной при смене подложек. Различие наблюдается только в начальных температурах, что, однако, может быть критичным при большем чем 1 минуте времени напыления. Критическая

температура при которой происходит деградация полипропилена составляет порядка 90 градусов, что соответствует времени напыления чуть более 1 минуты. В настоящей работе время напыления составляло не более 1 минуты.

Полученные в результате напыления пленки представлены на рисунке 3. Пленка получилась достаточно однородной и дальнейшие исследования будут направлены на изучение ее параметров

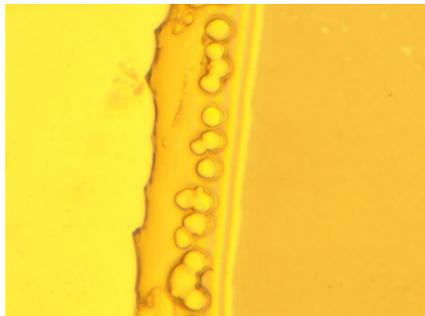


Рис. 3 Микрофотографии пленки на поверхности полимера – область справа и поверхность полимера - слева.

Заключение. Электронно-лучевое испарение керамической мишени в форвакуумной области давлений позволяет осуществлять нанесение керамических покрытий на полимерные материалы. Время нанесения покрытий должно контролироваться для предотвращения перегрева полимера и его деградации.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-38-90184

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бурдовицин В.А., Бакеев И.Ю., Зенин А.А., Золо-тухин Д.Б., Казаков А.В., Климов А.С., Медовник А.В., Окс Е.М., Тюньков А.В. Опыт разработки и применения форвакуумных плазменных электронных источников // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. – 2016. – Т. 19. № 2. – С. 5-10.
2. Климов А.С., Зенин А.А., Бакеев И.Ю., Окс Е.М. Формирование градиентных металлокерамических материалов с использованием электронно-лучевого облучения в форвакууме // Известия высших учебных заведений. – Физика. – 2019. – Т. 62, № 7 (739). – С. 25-30.
3. Чан В.Т., Климов А.С. Тепловые режимы при формировании керамических покрытий на полимерах с использованием форвакуумного плазменного электронного источника // Материалы докладов XVII Международная научно-практическая конференция «электронные средства и системы управления», 17-19 ноября 2021 г.. – Томск: Из-во «В-Спектр», 2021.
4. Bakeev Yu I., Klimov A.S., Oks E.M., Zenin A.A. Generation of high-power-density electron beams by a forevacuum-pressure plasma-cathode electron source // Plasma Sources Science and Technology. – 2018. V. 27, № 7. – P. 075002.

УДК 539.234

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ОМИЧЕСКОГО КОНТАКТА К n-GaAs НА ОСНОВЕ
СТРУКТУР Ge/Au/Ni/Au и Ni/Ge/Au/Ni/Au**

А.Е. Шестериков, Д.А. Шестерикова

Научный руководитель: профессор, д.т.н. П.Е. Троян

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 40, 634050

E-mail: shesterikov.a.e@mail.ru

**INVESTIGATION OF OHMIC CONTACT PARAMETERS TO n-GaAs BASED ON Ge/Au/Ni/Au
AND Ni/Ge/Au/Ni/Au STRUCTURES**

A.E. Shesterikov, D.A. Shesterikova

Scientific Supervisor: Professor, Dr. P.E. Troyan

Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, Russia, Tomsk, Lenin str., 40, 634050

E-mail: shesterikov.a.e@mail.ru

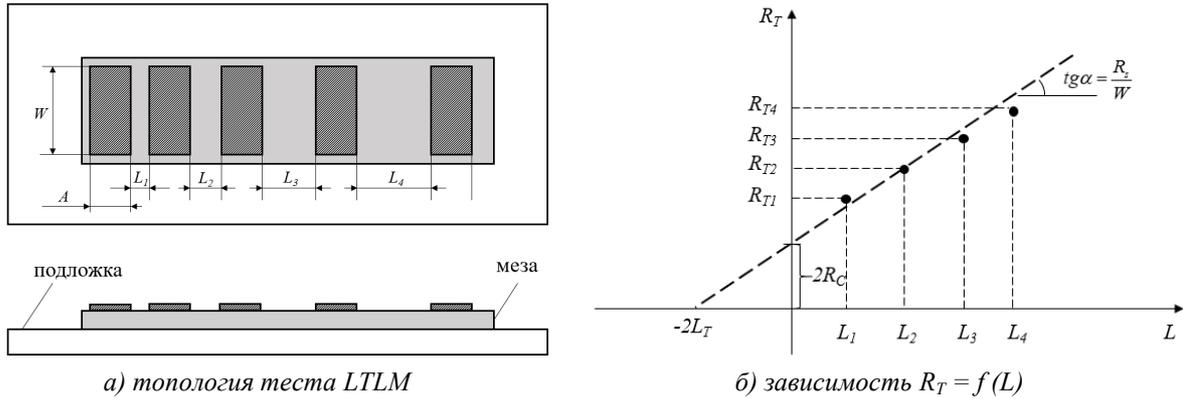
Abstract. *The paper presents a study of the dependence of the specific contact resistance of the ohmic contact to n-GaAs on the structure and temperature of rapid thermal annealing (RTA). It is shown that over the entire temperature range, the specific contact resistance of the Ni/Ge/Au/Ni/Au structure is less than that of Ge/Au/Ni/Au. The RTA temperature at which an ohmic contact is formed with a specific contact resistance of the order of $10^{-6} \Omega \cdot \text{cm}^2$ was 360 °C.*

Введение. В современных полупроводниковых приборах остро встает вопрос об увеличении степени интеграции. При уменьшении размеров элементов увеличивается контактное сопротивление омических контактов (ОК), что в свою очередь ведет к уменьшению энергоэффективности получаемых приборов [1]. Исходя из этого, проведение исследований по формированию ОК к n-GaAs с низким удельным контактным сопротивлением на основе различных структур является актуальной задачей.

Методика эксперимента. Омические контакты формировались на подложке GaAs с эпитаксиальным слоем n^+ -GaAs толщиной 50 нм. В рамках эксперимента проводилось исследование параметров ОК на основе структур Ge/Au/Ni/Au (50/100/25/200 нм) и Ni/Ge/Au/Ni/Au (0,5/100/25/200 нм). Слои исследуемых структур формировались методом электронно-лучевого испарения (ЭЛИ) на установке «EvoVac» от компании «Angstrom Engineering Inc.» (Канада). После формирования ОК проводился его термически отжиг в установке «STE RTA70H» от компании «SemiTEq» (Россия) при температурах 360, 370, 380 °C в течение 60 с.

Для определения удельного контактного сопротивления ОК использовался метод LTLM [2]. Топология теста представлена на рис. 1а. В рамках метода строится зависимость общего сопротивления теста R_T от расстояния между контактными площадками L . По линейной аппроксимации данной зависимости определяется контактное сопротивление R_C и длина переноса L_T (рис. 1б).

Межа в структуре предназначена для уменьшения погрешности, вызванной растеканием тока по поверхности полупроводника.



а) топология теста LTM
 б) зависимость $R_T = f(L)$
 W, A – ширина и длина металлических площадок соответственно
 Рис. 1. Определение удельного контактного сопротивления по методу LTM

Исходя из этих данных определяется удельное контактное сопротивление:

$$\rho_C = R_C \cdot W \cdot L_T.$$

Общее сопротивление теста R_T определялось по наклону ВАХ вблизи начала координат. ВАХ измерялась по методу Кельвина с помощью анализатора полупроводниковых приборов «Agilent B1500A» (США).

Результаты и их анализ. На рис. 2 представлена профилограмма сформированной мезы в эпитаксиальном слое n^+ -GaAs, полученная с помощью оптического профилометра «Sensofar S neox».

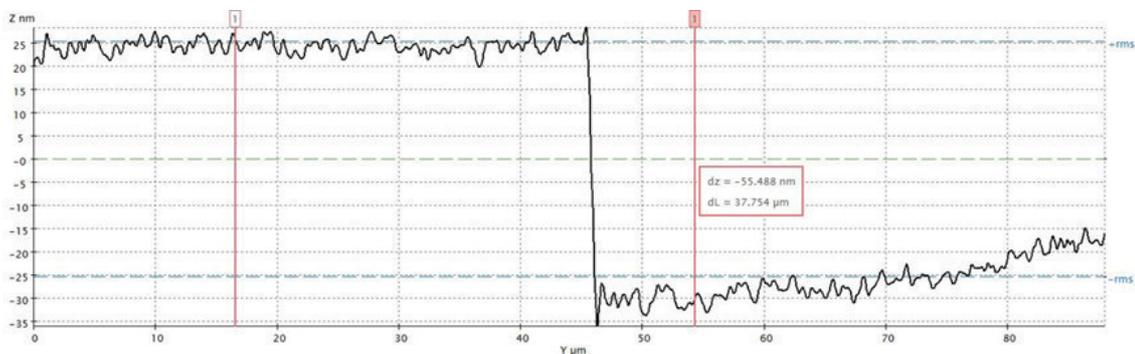


Рис. 2. Профилограмма поверхности GaAs после травления мезы

Исходя из полученных данных, глубина травления составляет 55,5 нм. Т.к. полученное значение больше толщины эпитаксиального слоя (50 нм), процесс травления прошел успешно.

ВАХ омических контактов до проведения быстрого термического отжига представлена на рис. 3. ОК обладает нелинейной ВАХ, что свидетельствует о наличии барьера Шоттки на контакте. При этом в структуре Ni/Ge/Au/Ni/Au отклонение от линейной зависимости гораздо меньше, чем для Ge/Au/Ni/Au. Это можно объяснить тем, что добавление никеля, согласно исследованию [3], способствует увеличению эффективности взаимодействия Ge с n^+ -GaAs, что уменьшает ширину барьера Шоттки и значение контактного сопротивления соответственно.

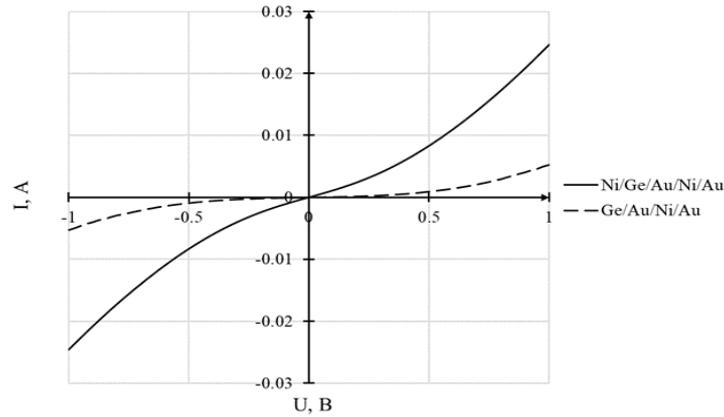


Рис. 3. ВАХ омических контактов до проведения быстрого термического отжига

На рис. 4 представлена зависимость удельного контактного сопротивления от температуры РТА для двух структур омического контакта.

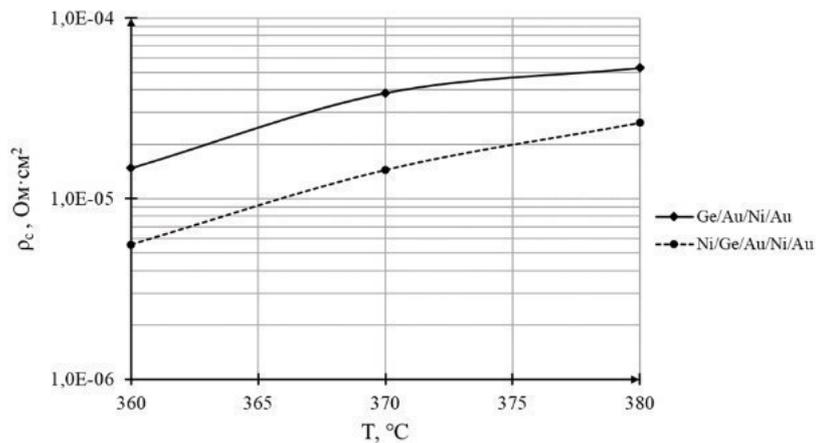


Рис. 4. Зависимость удельного контактного сопротивления от температуры РТА

Заключение. Эксперимент показал, что на всем диапазоне температур удельное контактное сопротивление структуры Ni/Ge/Au/Ni/Au меньше, чем у Ge/Au/Ni/Au. Для практического приложения удельное контактное сопротивление ОК должно быть порядка 10^{-6} Ом·см². Зависимости показывают, что данное условие выполняется для структуры Ni/Ge/Au/Ni/Au при температуре отжига 360 °С.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Осипов В.Д., Зинкин С.Д., Мошников В.А. Оптимизация технологических приемов получение контактных окон для формирования межсоединений в МИС СВЧ // ННБ. – 2020. – №6. – С. 141-144.
2. Mitin D.M., Soldatenkov Yu. F., Mozharov A.M. Annealing atmosphere influence on contact resistivity of ohmic Pd/Ge/Au contact to n-GaAs // Nanosystems: Physics, Chemistry, Mathematics. – 2018. – №9 (6). – P. 789–792.
3. Murakami M. Microstructure studies of AuNiGe Ohmic contacts to n-type GaAs // Journal of Vacuum Science and Technology. – 1986. – №4 (4). – P. 903-911.

УДК 537.563; 537.533.9

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ПЛАЗМЫ В ДЛИННОЙ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ТРУБКЕ ПРИ ИНЖЕКЦИИ ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА

Д.В. Эйгус, К.И. Карпов, Л.Ж. Нгон А Кики

Научный руководитель: профессор, д.т.н. В.А. Бурдовицин

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 40, 634050

E-mail: burdov@fet.tusur.ru

PLASMA DISTRIBUTION IN A LONG METAL TUBE AT ELECTRON BEAM INJECTION

D.V. Eigus, K.I. Karpov, L.J. Ngon A Kiki

Scientific Supervisor: Prof., Dr. V.A. Burdovitsin

Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, Russia, Tomsk, Lenin ave., 40, 634050

E-mail: burdov@fet.tusur.ru

Abstract. *In the present study, we performed the measurement of axial plasma parameters distribution in long narrow metal tube during electron beam injection and simultaneous negative potential supply on tube. It was found that the plasma potential monotonically falls along tube, while plasma density has maximum in a distance 4-5 diameters from beam inlet.*

Введение. Обработка внутренних стенок тонких металлических труб позволяет целенаправленно изменять состав и структуру приповерхностных слоев, обеспечивая тем самым появление необходимых свойств таких, как стойкость к агрессивным газам и жидкостям, сопротивляемость к истиранию и тепловым нагрузкам. Существующие методы не в полной мере удовлетворяют потребностям современного производства, в связи с чем поиск новых методов обработки представляет собой актуальную задачу. Один из таких методов – ионно-плазменная обработка. Метод основан на создании газоразрядной плазмы внутри трубы [1]. По мере уменьшения диаметра трубы задача становится нетривиальной из-за перекрытия слоев пространственного заряда [2], препятствующего проникновению плазмы в трубу. В настоящей работе для преодоления этого затруднения предлагается использование электронного пучка, инжектируемого в трубку, находящуюся под отрицательным потенциалом относительно стенок вакуумной камеры.

Методика и техника эксперимента. Эксперименты проводились на установке схематично представленной на рис. 1. Трубка 1 из нержавеющей стали внутренним диаметром 13 мм и протяженностью 200 мм располагалась вертикально в вакуумной камере 2, изготовленной из нержавеющей стали. Нижний конец трубки имеет глухое дно, также изготовленное из нержавеющей стали. В боковой стенке трубки просверлены 11 отверстий диаметром 3 мм на расстоянии 16 мм друг от друга. Через отверстия в трубку введены 11 одинаковых одиночных зондов 3. Для формирования пучка 4 применялась электронная пушка 5 с плазменным катодом [3], электрическое питание разрядного и ускоряющего промежутка которой осуществлялось источниками постоянного напряжения U_d и U_a . Перед попаданием в трубку пучок фокусировался магнитной линзой 6. Перед входом в трубку располагалась

диафрагма 7 с отверстием диаметром 10 мм, изготовленная из нержавеющей стали. На трубку подавалось постоянное отрицательное относительно камеры напряжение U_b , формируемое отдельным источником. Зонды поочередно подключались к схеме измерения вольтамперных характеристик. Концентрация плазмы определялась на основании измерения тока насыщения на ионном участке вольтамперной характеристики зонда. Реальный вид макета для проведения зондовых измерений показан на рис. 2. Откачка камеры производилась механическим насосом ADVAVAK 40 до остаточного давления 1,5 Па. Рабочее давление устанавливалось напуском азота непосредственно в вакуумную камеру.

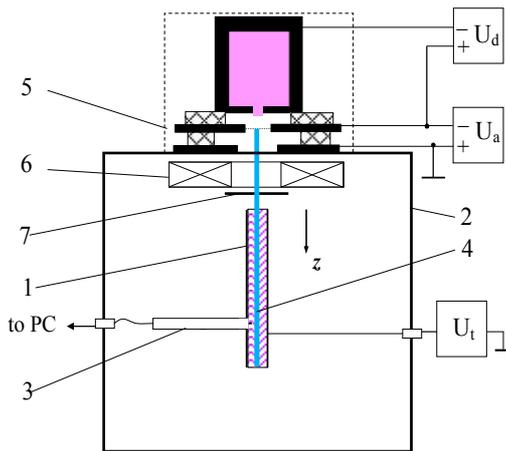


Рис. 1. Схема экспериментальной установки.

1- трубка, 2 – вакуумная камера, 3 - зонд, 4 – пучок, 5 – электронная пушка, 6 – фокусирующая система, 7 – диафрагма

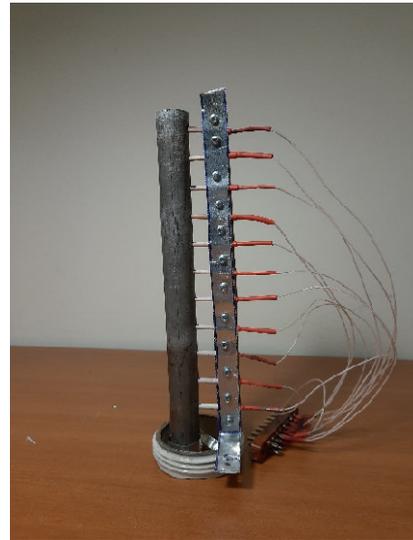


Рис. 2. Макет для зондовых измерений

Результаты экспериментов и обсуждение. На рис. 3 представлены результаты измерений плавающих потенциалов ϕ_f зондов в зависимости от координаты z , отсчитываемой от верхнего конца трубки. Поскольку плавающий потенциал зонда отличается от потенциала плазмы не более, чем на несколько kT_e , то по зависимости $\phi_f(z)$ можно судить о поведении потенциала плазмы. Кривые, показанные на рис. 3, свидетельствуют о монотонном спаде потенциала плазмы по мере удаления от верхнего конца трубки. Перепад достигает нескольких десятков вольт, и величина перепада снижается по мере увеличения тока пучка, а также тока I_t в цепи трубки. Подобное поведение потенциала в известном смысле ожидаемо, поскольку продольное электрическое поле обеспечивает движение электронов из трубки, являющейся полым катодом, в сторону анода, роль которого исполняет заземленная диафрагма. Зависимость концентрации плазмы от продольной координаты имеет более сложный характер (рис. 4). Обращает на себя внимание то обстоятельство, что форма кривой $n(x)$ практически не изменяется при изменении тока I_b пучка и существенно зависит от тока I_t разряда. По мере возрастания I_t на кривых $n(x)$ все четче проявляется максимум. Наличие максимума на кривых может указывать на существование, как минимум, двух механизмов появления заряженных частиц. Один – ионизация газа электронным пучком, а другой – ионизация газа вторичными электронами, эмитируемыми, как стенками трубки, так и дном.

Вторичные электроны, возникающие как за счет электронно-электронной, так и ионно-электронной эмиссии, ускоряются падением потенциала в слое, отделяющем плазму от стенки трубки.

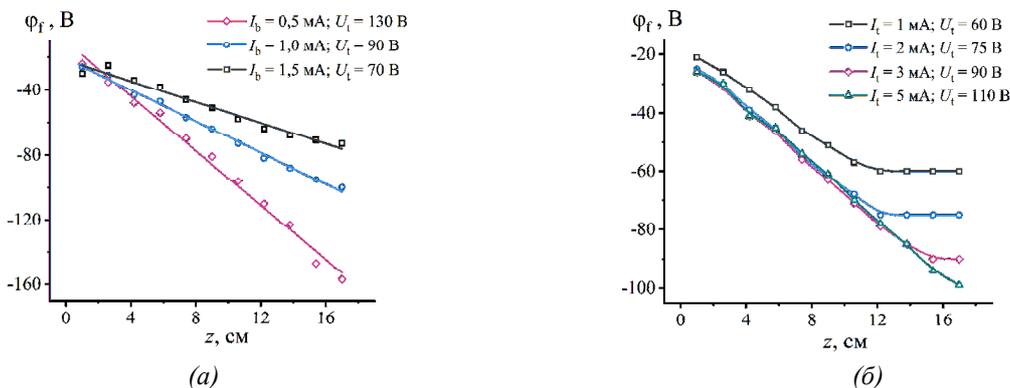


Рис. 3. Плавающий потенциал зонда как функция координаты z для разных токов I_b пучка (а) и токов I_t разряда (б). $I_t=5$ мА (а), $I_b=1$ мА (б). Давление азота 7 Па

Во втором механизме реализуется положительная обратная связь, поскольку количество эмитируемых стенкой и дном вторичных электронов определяется плотностью ионного тока на стенку, а ионный ток пропорционален плотности плазмы, которая, в свою очередь, задается плотностью тока электронной эмиссии. Указанные обстоятельства могут, на наш взгляд, привести к немонотонности в распределении $n(x)$.

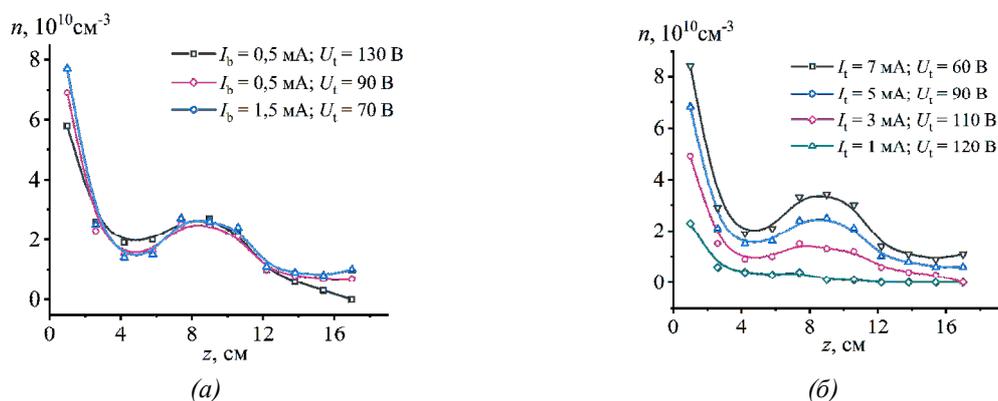


Рис. 4. Концентрация плазмы как функция координаты z для разных токов I_b пучка (а) и токов I_t разряда (б). $I_t=5$ мА (а), $I_b=1$ мА (б). Давление азота 7 Па

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Zhang G., Wu X., Gu W., Chen G., Feng W., Nic E., Li L., Lu G., Chen H., Fan S., Liu C., Yang S. Research progress in the inner surface modification of metal tubes by plasma processing // Progress in Natural Science. –2006. – V.16, No. 11. – P. 1119-1126.
2. Ueda M., Silva C., Souza G.B., Mariano S.F.M., Pichon L. Overcoming sheaths overlapping in a small diameter metallic tube with one end closed and using a high density plasma from a high power pulsed hollow cathode discharge// AIP advances. – 2018. – V. 8 – P. 085103.
3. Burdovitsin V.A., Zhirkov I.S., Oks E.M., Osipov I.V., Fedorov M.V. A Plasma-Cathode Electron Source for Focused-Beam Generation in the Fore-Pump Pressure Range // Instruments and Experimental Techniques. – 2005. – V. 48, No. 6. – P. 761.

Научное издание

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ НАУК

Том 7. IT-технологии и электроника

Сборник научных трудов
XIX Международной конференции студентов, аспирантов
и молодых ученых

Компьютерная верстка *С.А. Поробова*

Зарегистрировано в Издательстве ТПУ
Размещено на корпоративном портале ТПУ
в полном соответствии с качеством предоставленного оригинал-макета



Издательство

ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ