

МОЛОДОЙ

ISSN 2072-0297

УЧЁНЫЙ

ежемесячный научный журнал



2

2013

Том I

ISSN 2072-0297

Молодой учёный

Ежемесячный научный журнал

№ 2 (49) / 2013

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.

Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС77-38059 от 11 ноября 2009 г.

Журнал входит в систему РИНЦ (Российский индекс научного цитирования) на платформе elibrary.ru.

Журнал включен в международный каталог периодических изданий «Ulrich's Periodicals Directory».

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Главный редактор:

Ахметова Галия Дуфаровна, *доктор филологических наук*

Члены редакционной коллегии:

Ахметова Мария Николаевна, *доктор педагогических наук*

Иванова Юлия Валентиновна, *доктор философских наук*

Лактионов Константин Станиславович, *доктор биологических наук*

Комогорцев Максим Геннадьевич, *кандидат технических наук*

Ахметова Валерия Валерьевна, *кандидат медицинских наук*

Брезгин Вячеслав Сергеевич, *кандидат экономических наук*

Котляров Алексей Васильевич, *кандидат геолого-минералогических наук*

Яхина Асия Сергеевна, *кандидат технических наук*

Ответственный редактор: Кайнова Галина Анатольевна

Художник: Евгений Шишков

Верстка: Павел Бурьянов

На обложке изображен Лев Давидович Ландау, советский физик-теоретик.

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются.

За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы.

Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов.

При перепечатке ссылка на журнал обязательна.

Материалы публикуются в авторской редакции.

АДРЕС РЕДАКЦИИ:

672000, г. Чита, ул. Бутина, 37, а/я 417.

E-mail: info@moluch.ru

<http://www.moluch.ru/>

Учредитель и издатель: ООО «Издательство Молодой ученый»

Тираж 1000 экз.

Отпечатано в типографии «Ваш полиграфический партнер»

127238, Москва, Ильменский пр-д, д. 1, стр. 6

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКА

- Абрашова Е.В.**
Особенности формирования прозрачных тонкопленочных покрытий на основе соединений оксидов металлов олова и цинка золь-гель методом 1
- Локтев В.И., Агуреев С.М.**
Механика и техника «сухого листа» 4
- Якушова Н.Д.**
Методы синтеза пленок модифицированного диоксида олова и их сенсорные свойства 9
- Яргин С.В.**
О термоалгометрии и измерении сопротивления кожи в акупунктурных точках с позиций физики 14

МАТЕМАТИКА

- Ворожейкин С.Е.**
Варьирование данных в окрестности текстовой задачи 18
- Гарькина И.А., Данилов А.М., Пчелинцев И.А.**
Обработка экспериментальных данных с использованием полиномов И.И. Этермана .. 20

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

- Анисимов Е.Е.**
Проектирование санузла в частном секторе с вторичным использованием воды 25
- Арискин М.В., Гуляев Д.В., Агеева И.Ю., Гарькин И.Н.**
Теоретические исследования напряженно-деформированного состояния элементов соединений на клеенных шайбах 27

- Гафурова Н.Т., Тошева Г.Д., Жумаева Г.З.**
Статическое соответствие одежды размерам и форме тела человека 31
- Гафурова Н.Т., Тошева Г.Д.**
Метод описания свойства анизотропичности деформации ткани при ее разрыве 33
- Голубев В.В., Минко В.А., Артеменко С.И., Голубева И.А.**
Современные методы реконструкции подземных газопроводов в условиях застройки г. Белгорода 35
- Куранова Л.К., Корчунов В.В.**
Реологические показатели качества пищевой продукции и инструментальные методы их оценки на приборе «Food Checker» (Япония) 39
- Ломаков Ю.А.**
Методики оценивания рисков и их программные реализации в компьютерных сетях 43
- Мирзаев С.С., Кодирова Н.Д., Астанов Ж.Р., Садуллаев Ш.А.**
Исследование диссоциации сероводорода в электродуговом разряде 46
- Мирзаев С.С., Кодирова Н.Д., Нуруллаев М.М., Хужжиев М.Я.**
Изучение энергозатрат при плазмохимической диссоциации сероводорода 49
- Никитина Т.А.**
Символизм в советской архитектуре 20–30 гг. XX века 52
- Пинская Д.Б.**
Оксидно-цинковые варисторы с повышенной тепловой стабильностью 57

Сафаров Б.Ж., Муталипов Ф.А., Кинжаев М.Н., Байханов О.С.

Исследование возможности использования солей нафтенных кислот в качестве ингибиторов коррозии и бактерицидов в углеводородных смазках.....65

Стенин М.М., Гришин Р.Г.

Влияние остаточных напряжений на керамических связках в абразивных кругах на режимы обработки при высокоскоростном шлифовании.....67

Хужакулов А.Ф., Тиллоев Л.И., Махмудов М.Ж., Хужжиев М.Я., Саъдуллаев Ш.А.

Биогазовые энергетические установки для фермерских хозяйств. Анализ процессов, влияющих на эффективность их использования 70

Чернокожева О.К.

Необходимость создания единой структуры цифровой модели местности72

Шабаетов С.Н., Иванов С.А., Вахьянов Е.М.

Влияние размера резиновой крошки на технологические параметры получения резино-битумного вяжущего75

Шарипов К.К., Сиддигов О.Г., Давронов Ж.Ю., Рузиев Э.У.

Проблемы получения моторных топлив с улучшенными эксплуатационными и экологическими характеристиками 77

ИНФОРМАТИКА

Пичугина А.С.

Автоматизированная информационная система для ИП81

Семахин А.М.

Оптимальное решение целочисленной модели информационной системы методом ветвей и границ82

Татарникова К.В.

Разработка модуля конвертации нормативно-справочной информации из ERP-системы «ИТ-Предприятие» в комплекс «1С:Предприятие 8.2 Бухгалтерский учет» (на примере ЗАО «ТЭП-Холдинг»)86

ХИМИЯ

Садуллаев А.Б.

Аномальное поведение примесей марганца в кремнии в условиях сильной компенсации 91

ЭКОЛОГИЯ

Ерофеева В.В., Пухляк В.П.

Экосоциальные основы формирования очагов гельминтозооантропонозов на примере Кировской области.....94

Нгуен Ван Тхинь, Околелова А.А.

Охрана бурой ферраллитной почвы южного Вьетнама96

Петрачук Е.С., Пай И.С., Осипов А.С., Янкова Н.В.

Паразитофауна леща Обь-Иртышского бассейна.....98

ГЕОЛОГИЯ

Столяров В.В., Тарасов В.А.

Выявление вещественно-структурных неоднородностей на северном фланге Тырныаузского рудного поля методом вызванной поляризации 101

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

Акашева В.В., Трунтаева Ю.В.

Особенности учета биологических активов 106

Асдиев М.П.

Проблемы и перспективы банковского обслуживания малого и среднего бизнеса 108

Бердников А.А.

Анализ прибыли и рентабельности организации: теоретический аспект 111

Димитров И.Л.

Идентификация рисков как инструмент повышения эффективности инновационной деятельности..... 113

Долгов Д.И.

Конкурентостойчивость в совокупности новаторских подходов к проектированию, производству и продаже продукции (на примере вагон-цистерн) 116

Емец А.В., Игуменова Н.Ю.

Сравнительный анализ методов оценки эффективности маркетинговых мероприятий 120

Желтова М.Ф.

Оценка роли негосударственных пенсионных фондов на рынке ценных бумаг..... 124

Замбрыцкая Е.С., Скрылева Г.И.

Запас финансовой прочности, как показатель оценки экономической эффективности инвестиционных проектов по созданию производственных объектов..... 128

Калашникова Е.Ю. Управление налогово-бюджетными рисками Ставропольского края.....	132	Мочулаев В.Е. Прогнозирование амортизационных отчислений, капитальных вложений и продажи активов при оценке рыночной стоимости предприятия.....	173
Камдин А.Н., Ревунова Е.А. Учет, оценка и критерии признания выручки по МСФО 18 «Выручка» и ПБУ 9/99 «Доходы организации»	135	Рафикова Р.Р., Рабцевич А.А. Управление трудовой карьерой молодых специалистов	178
Колесова Ю.И. Практика расчета окупаемости эквайринга в коммерческом банке	138	Семин А.С. Анализ «Технологии быстрых результатов» в управлении внедрением финансово- экономических программных продуктов фирмы «1С».....	180
Колчанова В.А. Планирование финансовых потоков торговой фирмы с помощью модели прогнозирования продаж	144	Середа О.В. Исследование подходов к оценке стратегического управления развитием городов.....	182
Кротов В.Ю. Формы реализации инвестиционного проекта по созданию индустриального нефтехимического парка.....	150	Суховская Д.Н. Перспективы развития аграрного туризма в Ставропольском крае	185
Кубышкина И.Ю. Перспективы внедрения международных стандартов по оценке риска ликвидности Базель III в Казахстане.....	152	Титова О.В. Казначейство России: настоящее и будущее	187
Леденева И.Ю. Преимущества и недостатки дистанционной работы.....	157	Усманов Д.А. Factors That Can Affect the Performance of Countries Economic Development.....	189
Лопатин А.В. Диагностика состояния малого и среднего предпринимательства в Ставропольском крае	160	Шелудько В.Н. Эффективность почвозащитной системы земледелия в Украине.....	192
Макарова Л.М., Егорова Т.В. Формирование финансовой отчетности малых и средних предприятий сельского хозяйства.....	163	Шелудько Е.В. Специализация и концентрация сельскохозяйственного производства – определяющие факторы устойчивого землепользования.....	195
Макшанова Т.В. Анализ современного состояния рынка американских и глобальных депозитарных расписок.....	167		
		ФИЛОСОФИЯ	
		Ильина А.Ю. Самопознание мусульманского странника через паломничество в Мекку	199
		Могилевская Г.И., Братникова И.Б. Проблема российской государственности в творчестве К.Н. Леонтьева.....	203

ведером, на котором по проекту должна быть установлена 20-метровая скульптура советского воина. Пять верхних углов здания должны были быть украшены скульптурами, изображающими различные рода войск Красной армии. Авторы театра Советской армии практически поставили вопрос образности в архитектуре и вложили в образ театрального здания большое идейное содержание.

Архитектура в лице архитектурной постройки способна соотноситься с некоторым набором истин, вызывать в сознании те или иные смысловые ассоциации или просто стимулировать мыслительные процессы. То есть, с одной стороны, мы имеем готовое здание, являющееся объектом рассматривания, а с другой — смысловую структуру. И, если то и другое связано воедино, то архитектура обретёт идеологический и образный ярко выраженный смысл.

Литература:

1. Луначарский А.В. Об искусстве в 2 томах. Том 2: М.: Искусство — 1982—193 с.
2. Лыкова И. Единственная любовь Марка Шагала ... и две другие. / Gazeta 2.0. [Электронный ресурс], 2010 — Режим доступа: <http://www.gazeta.lv/story/14154.html>
3. Бергавинов, С.А. Построим Дом культуры [Текст] / С.А. Бергавинов // Волна № 221—1928—22 сентября — с. 4.
4. Архитектура двадцатого века; Учебное пособие для вузов / Маклакова Т.Г. — М.: Изд-во АСВ, 2001. — 200 с., с илл.
5. Барашков Ю.А. Вы сказали: «Архангельск?»; путеводитель по памятникам истории и культуры и достопримечательностям Архангельска. — Архангельск: Издательство «Правда Севера», 2009. — 364 с., с илл.
6. Барашков Ю.А. История архитектуры. Современная архитектура: [в 2 т.] Т.2 / Юрий Барашков. — Архангельск: ОАО «ИПП Правда Севера», 2011. — 312 с.: с илл.
7. Брандвахта. О жизни и истории. / Советская архитектура за 30 лет, часть 1 — Москва. [Электронный ресурс], 2012. — Режим доступа: <http://rivershkiper.livejournal.com/60729.html>
8. Из истории советской архитектуры 1926—1932гг. Документы и материалы. Творческие объединения/ Афанасьев К.Н., Балдин В.И., Костичкин В.В., Усачева К.В., Хазанова В.Э., Швидковский О.А.; под ред. К.Н. Афанасьева. — М.: НАУКА, 1970. — 211 с., с илл.
9. Кириков Б.М., Штиглиц М.С. Архитектура ленинградского авангарда. Путеводитель. — Санкт-Петербург: Издательский дом «Коло», 2008. — 312 с., с илл.
10. Лагутин К.К. Архитектурный образ советских общественных зданий. Клубы и театры. — М.: Искусство, 1953. — 235 с., с илл.
11. Сульдин И. От фабрики-кухни к фабрике культуры. / Самара 24; городской портал. [Электронный ресурс], 2012 — Режим доступа: http://gorod.samara24.ru/news/society/2012/09/06/ot_fabrikikukhni_k_fabrike_kultury/
12. Театр им. Горького. Ростов-на-Дону. / Novosibdom. Справочник по архитектуре и проектированию. [Электронный ресурс], 2012 — Режим доступа: <http://arx.novosibdom.ru/node/2491>

Оксидно-цинковые варисторы с повышенной тепловой стабильностью

Пинская Дарина Борисовна, аспирант

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»

Исследована зависимость плотности токов утечки оксидно-цинковых варисторов от приложенного рабочего напряжения при температурах 25 и 110 °С. Проведено сравнение тепловой стабильности варисторов производства ЗАО «НПФ «Магнетон Варистор» с коммерческими образцами ведущих производителей варисторов зарубежных стран (Epcos, Joyin, FNR, Littlefuse) и с отечественными конкурентами «ООО «ЗВЭК Прогресс».

Оксидно-цинковый варистор — полупроводниковый прибор, обладающий высокой нелинейностью электрических свойств и способностью поглощать и рассеивать большие количества энергии, предназначенный для защиты электрических цепей и оборудования от импуль-

сных и коммутационных перенапряжений. Величина тока утечки на варисторе при работе в обычном режиме определяет значение стационарного рабочего напряжения, при котором устройство может выделять избыточное количество теплоты при текущем токе. При чрезмерном вы-

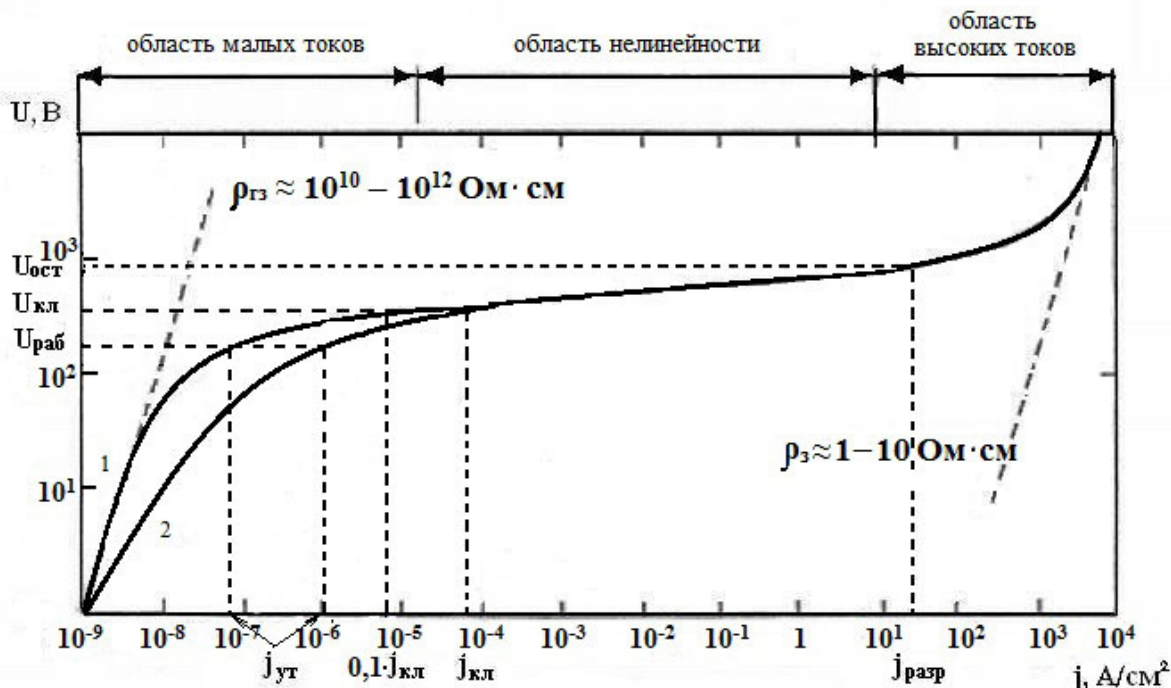


Рис. 1. Типичная ВАХ варистора с высокой (кривая 1) и низкой нелинейностью (кривая 2)

делении тепла напряжение должно понижаться, чтобы увеличение тока утечки не привело варистор к саморазогреву и тепловому пробою. При этом, кроме необходимости сбалансировать значения напряжения на варисторе и тока утечки, также желательно установить рабочее напряжение как можно ближе к началу перехода в состояние нелинейности, чтобы увеличить до максимума защитный уровень и, с другой стороны, предохранить устройство от перегрузок при выделении чрезмерного тепла. С учетом чувствительности варисторов к температуре, было признано актуальным провести исследования поведения варисторов в условиях повышенной температуры окружающей среды.

Одной из главных характеристик варистора является вольтамперная (ВАХ). Ее можно разделить на три области: область малых токов, область нелинейности и область высоких токов (рис. 1)

Область малых токов. В рабочем режиме на варистор подается напряжение ниже его классификационного уровня, при этом через него проходит только ток утечки. ВАХ в этой области линейна, управляется состоянием границ зерен и их емкостью. Определяющим является высокое удельное сопротивление зернограницного материала ($10^{10}–10^{12}$ Ом·см).

Механизм проводимости в этой области, как правило, описывают термостимулированной проводимостью через границы зерен, представляющие собой двойной потенциальный барьер Шоттки. Зависимость плотности тока J от температуры может быть описана уравнением Ричардсона-Дешмана:

$$J = AT^2 \exp(-e\Phi_B/kT) \quad (1),$$

где A — эффективная постоянная Ричардсона; $e\Phi_B$ — высота потенциального барьера; T — абсолютная температура; k — постоянная Больцмана.

Тогда закон Ома в температурной зависимости проводимости области малых токов может быть выражен как:

$$\sigma = \alpha \exp(-e\Phi_B/kT) \quad (2),$$

где σ — проводимость [1].

Область нелинейности — основная рабочая область ZnO варисторов, в которой при большом изменении значения тока (6–7 порядков) напряжение изменяется незначительно. Степень нелинейности определяется наклоном ВАХ — чем более пологая ВАХ в этой области, тем лучше устройство [2].

В нелинейном режиме отношение тока к напряжению выражается как:

$$I \sim V^\alpha \quad (3),$$

где α — коэффициент нелинейности, рассчитываемый по формуле:

$$\alpha = \frac{\lg\left(\frac{I_2}{I_1}\right)}{\lg\left(\frac{U_2}{U_1}\right)}, \quad (4),$$

где I_1 и I_2 — принятые значения токов, равные, соответственно, 0,1 мА и 1 мА, а U_1 и U_2 — соответствующие

Таблица 1

№	Маркировка	Производитель	Примечания (особенности состава)
1	5N471K, 20N471K	Joyin (Китай)	-
2	14K471, 20K471	FNR (Китай)	-
3	S20K320, S20K510	Ерcos (Германия, Япония)	-
4	20T300M, 20T300E	Littlefuse (США)	-
5	CH2–1A, CH2–1Б	Прогресс (Россия)	-
6	MB_ст_ВК46_01÷29	Магнетон Варистор	Стандартный производственный состав,
7	MB_Y_01÷29	Магнетон Варистор	0,07 мол. % Y2O3
8	MB_Y+Zr_01÷29	Магнетон Варистор	0,07 мол. % Y2O3 и 0,07 мол. % ZrO2
9	MB_Mn_01÷11	Магнетон Варистор	+25 % MnO2

им напряжения.

Особенностью механизма проводимости в этой области является существенный вклад проводимости неосновных носителей, дырок (дырочно-индуцированной механизм пробоя) [3]. Электроны, двигаясь к границе, связываются ловушками и повышают локальный уровень Ферми, выравнивая его по всему материалу, и при этом создают поверхностный отрицательный заряд на границе, оставляя позади себя слой положительно заряженных доноров. В барьере на границе образуется сильное электрическое поле, способствующее образованию горячих электронов, способных пересечь барьер и в результате ударной ионизации сгенерировать дырки. Из-за накопления дырок в области границ зерен часть связанного на ловушках заряда компенсируется, понижая барьер, а вероятность туннелирования основных носителей через потенциальный барьер повышается. Этот квантовомеханический эффект не зависит от температуры [1].

Область высоких токов характеризует работу прибора при воздействии коротких высокоточных грозовых импульсов. Область высоких токов начинается со значения плотности $> 10^2$ А/см². ВАХ снова линейна, как и в области малых токов, проводимость определяется удельным сопротивлением зерен ZnO (0,1–10 Ом*см).

Одним из главных методов управления свойствами варисторов является допирование. При спекании варистора образуются четыре основных соединения на основе ZnO, шпинели, пироклора, и нескольких фаз, обогащенных висмутом. Добавки присутствуют в каждой фазе и оказывают различное влияние на морфологию и характеристики получаемых структур. Так оксиды иттрия и циркония создают в межзеренной прослойке дополнительные фазы по границам зерен, ингибируя их рост в процессе обжига, а также изменяют свойства потенциальных барьеров, увеличивая нелинейность варисторов [4, 5]. Увеличение концентрации оксида марганца так же приводит к уменьшению среднего размера зерен [6, 7], усиливает нелинейность ВАХ и повышает стабильность характеристик варистора к импульсным перегрузкам.

Для испытания были отобраны образцы варисторов

стандартного состава, состава с увеличенным на 25 % содержанием диоксида марганца и составов, допированных оксидами иттрия и циркония, описанных в работе [8].

Варисторы получали по классической керамической технологии. Для смешения компонентов керамики использовалась прогрессивная технология ротационно-пульсационного смешения наноразмерных порошков в жидкой среде. Полученные порошки высушивались, гранулировались со связкой и прессовались в диски диаметром 46 мм и толщиной 5 мм при давлении 0,5 т/см². После чего образцы подвергались обжигу в камерной печи при температуре 1140 °С. Далее проводилась термообработка при температурах размягчения стеклофазы, необходимая для достижения большей нелинейности и уменьшающая деградацию варисторов [9]. Затем методом шоопирования алюминием на торцевые поверхности наносились электроды.

Для сравнения параметров также были исследованы образцы варисторов импортных производителей и «ООО «ЗВЭК Прогресс». Данные по образцам представлены в Табл.1

Поскольку исследовались варисторы различных размеров, чтобы их адекватно сравнивать, мы перешли от величины тока утечки к значениям плотности тока утечки на квадратный сантиметр поверхности образца.

Измерения токов утечки проводились при рабочем напряжении с коэффициентами запаса $k_{зан} = 0,8; 0,85$ и $0,9$. Рабочее напряжение определялось как: $U_{раб} = U_{кл} \times k_{зан}$.

Укл было измерено при значении плотности классификационного тока $\rho = 60$ мкА/см². Далее ток утечки фиксировался при комнатной температуре при трех значениях напряжения, после чего образцы нагревались в термостате до температуры рабочих испытаний варисторов ($110 \pm 5^\circ\text{C}$), и после выдержки в 10 минут снова фиксировались значения токов при трех рабочих напряжениях.

В процессе испытаний спеченных образцов была построена зависимость плотности тока утечки, измеренного в наиболее строгих условиях ($T = 110^\circ\text{C}$ и $U_{раб} = 0,9 U_{кл}$), от коэффициента нелинейности варистора α (рис. 2).

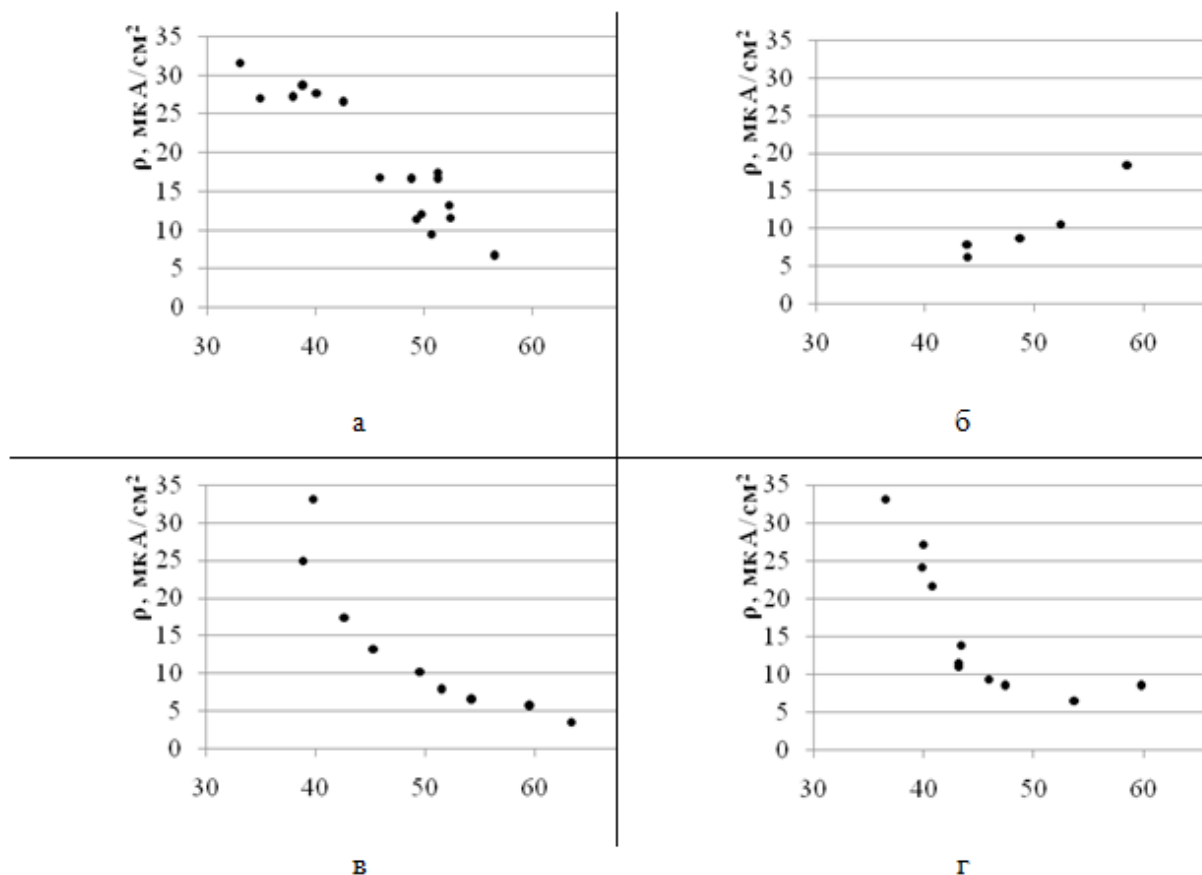


Рис. 2. Зависимость плотности тока утечки от коэффициента нелинейности варистора

По представленным на рис. 2 графикам видно, что плотность тока утечки резко возрастает с уменьшением нелинейности варистора для стандартного состава (рис. 2а) и составов, допированных оксидами иттрия и циркония (рис. 2в и 2г). Этот факт интуитивно понятен, так как рабочее напряжение выбрано максимально близко к классификационному и, следовательно, располагается практически в области нелинейности варистора (рис. 1), где при уменьшении нелинейности наклон ВАХ возрастает, и рабочему напряжению будет соответствовать гораздо большая плотность тока утечки (кривая 2 на рис. 1).

Однако в случае состава с увеличенной концентрацией марганца (рис. 2б) картина получилась обратная. Образцы с меньшей нелинейностью ВАХ демонстрировали меньшие токи утечки. Данная особенность проявляется только при высоких напряжениях и температуре и пока еще не объяснена.

Учитывая эту зависимость, в дальнейших исследованиях мы исключили варисторы с коэффициентом нелинейности $\alpha \leq 45-50$ для всех тестируемых составов, кроме состава с увеличенным содержанием марганца.

Данные исследований были усреднены для каждого состава и сведены в обзорные графики для комнатной температуры испытаний (рис. 3) и для 110°C (рис. 4).

Можно увидеть, что при комнатной температуре наилучшие показатели во всем диапазоне рабочих напря-

жений демонстрируют варисторы завода «Прогресс», а для $k_{зап} = 0,85$ и $0,9$ варисторы Epcos и Joyin так же обладают сравнительно низкой плотностью тока. Однако при повышении рабочей температуры варисторы «Прогресс» сохраняют свои позиции только при низком рабочем напряжении, переходя при $0,9 U_{кл}$ в состояние обратимого теплового пробоя. То же самое наблюдается и у образцов фирм Joyin и FNR (рис. 4). Образцы варисторов, производимых фирмой «Магнетон Варистор», в свою очередь, не отличаясь особенно хорошими данными при комнатной температуре, в разогретом состоянии демонстрируют рекордно низкие значения плотности токов утечки. При высоких значениях рабочего напряжения и температуры окружающей среды достойную конкуренцию им могут составить только варисторы фирмы Epcos.

Практическое применение результатов этого исследования сводится к определению возможности безотказной работы варисторов в условиях повышенной температуры окружающей среды и использования их в ОПН с теплоизолированным корпусом и, соответственно, слабым теплоотводом. Наилучший результат для поставленной задачи дают варисторы составов, допированных оксидами иттрия и циркония.

На варисторах партий различных составов, а также на импортных варисторах, были проведены исследования термостабильности. Для этого варистор помещался в те-

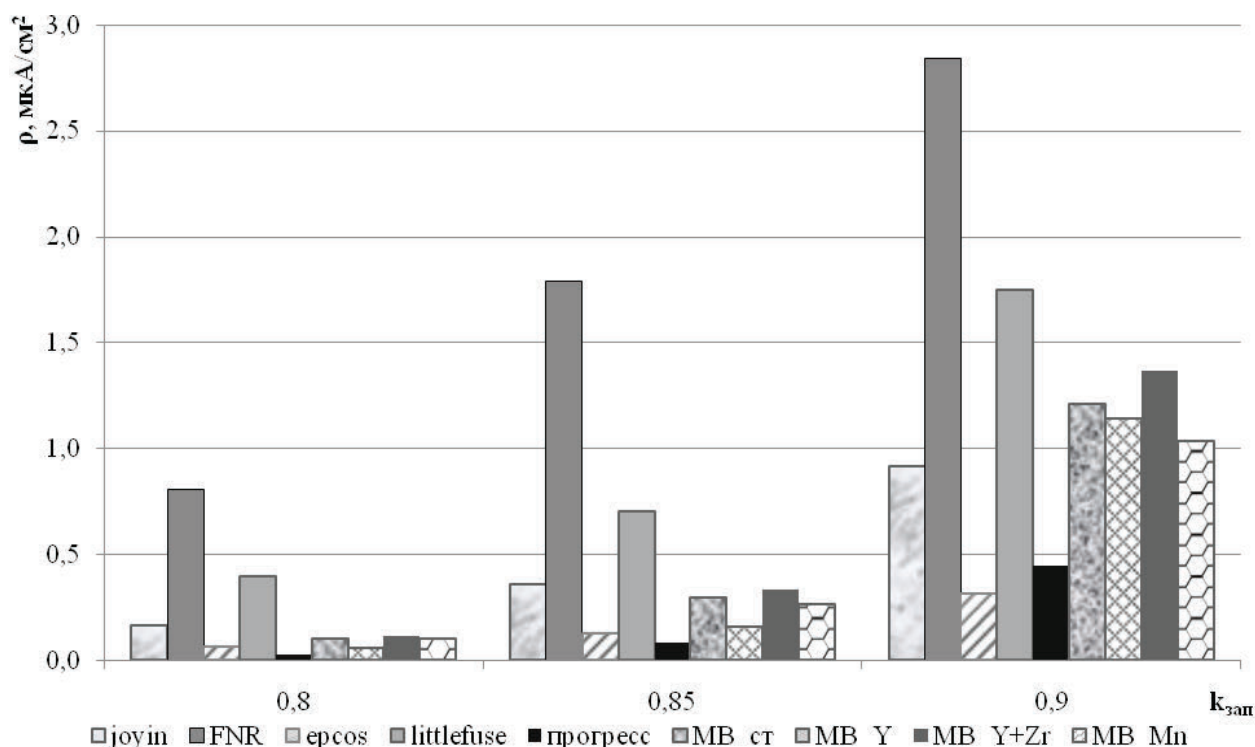


Рис. 3. Плотность тока утечки варисторов при комнатной температуре для трех рабочих напряжений

плоизолированный корпус для ослабления теплоотдачи через электроды и нагревался в термостате до 60°C , после чего к нему прикладывалось рабочее напряжение от $0,8 U_{кл}$ до $0,9 U_{кл}$ и с выдержкой по $10 \div 20$ минут регистрировались изменения температуры варистора и тока утечки.

Затем на варистор подавали напряжение ($0,91 \div 0,99 U_{кл}$), необходимо-достаточное для того, чтобы он начал разогреваться собственным током, и по достижении варистором температуры в 100°C напряжение уменьшалось до $0,9 U_{кл}$, а в случае отсутствия видимого начала охла-

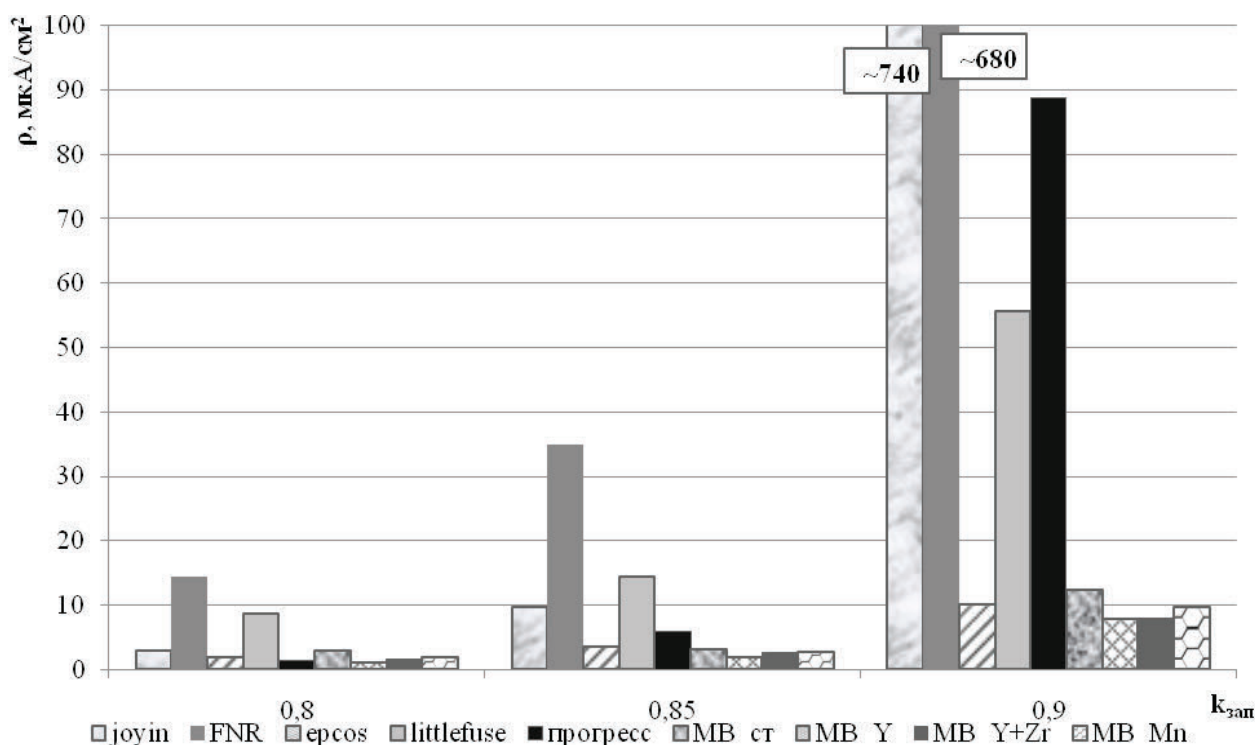


Рис. 4. Плотность тока утечки варисторов при $T = 110^{\circ}\text{C}$ для трех рабочих напряжений

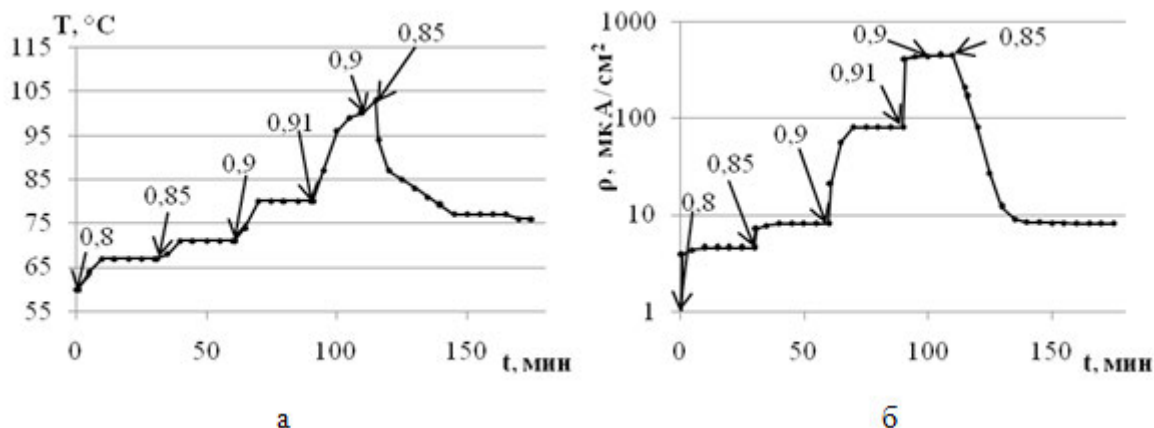


Рис. 5. Временные зависимости температуры (а) и плотности тока утечки (б) для варистора стандартного состава

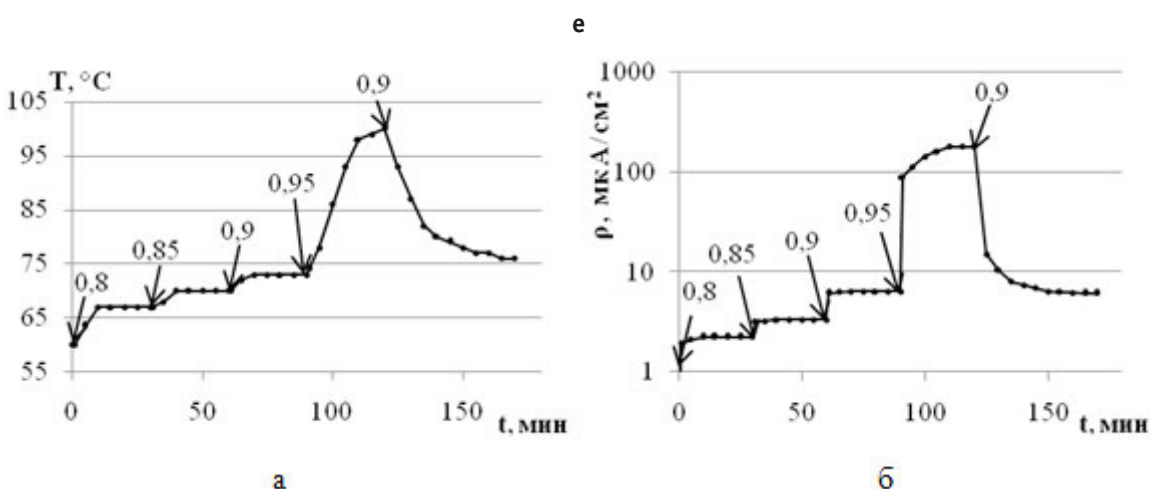


Рис. 6. Временные зависимости температуры (а) и плотности тока утечки (б) для варистора, допированного иттрием

ждения — до 0,85 $U_{кл}$. При этом также регистрировались скорости снижения температуры и тока утечки. Данные для варисторов стандартного состава, состава, допированного иттрием, а также для варисторов фирм Ercos и Joyin представлены на рис. 5–8, соответственно.

Можно заметить, что варистор допированного иттрием состава (рис. 5) обладает улучшенной термостабильностью по сравнению со стандартным: он в меньшей степени разогревался в процессе выдержки при рабочем напряжении, перешел в состояние саморазогрева при большем приложенном напряжении, вышел из этого состояния уже при снижении напряжения до 0,9 $U_{кл}$ и охлаждался быстрее, чем образец стандартного состава (рис. 6).

Импортные образцы ввиду малости их размеров быстрее охлаждались после снятия избыточного напряжения, однако, и к саморазогреву переходили при меньшей нагрузке, чем допированный варистор.

Также были проведены исследования газочувствительности варисторной керамики на постоянном токе к воздействию газов-реагентов: этанола, ацетона и изопропилового спирта при комнатной температуре и при 150°C. Величина чувствительности рассчитывалась как

$$S = \frac{(R_{\text{возд}} - R_{\text{газ}})}{R_{\text{газ}}} \quad (5),$$

где $R_{\text{возд}}$ — сопротивление образца на воздухе, $R_{\text{газ}}$ — сопротивление образца в присутствии газа-реагента [10, 11].

Была выявлена чувствительность к этанолу при комнатной температуре ($S = 1 \div 10$), повышающаяся с уменьшением градиента напряжения варисторной керамики ($G = U_{кл}/h$), то есть при увеличении неоднородности поверхности. Чувствительность к ацетону и изопропиловому спирту при обеих температурах детектирования незначительна. При нагреве образцов до 150°C увеличение проводимости самой керамики превышало вклад адсорбированных молекул газов, ввиду чего величина газочувствительности не превышала 1.

Срок службы и безотказная работа варистора определяются не только ресурсом пропускной способности, но и возможностью их теплового пробоя в результате старения или в экстремальных условиях использования (повышенная температура и влажность окружающей среды). Варистор или ОПН не имеют последовательно вклю-

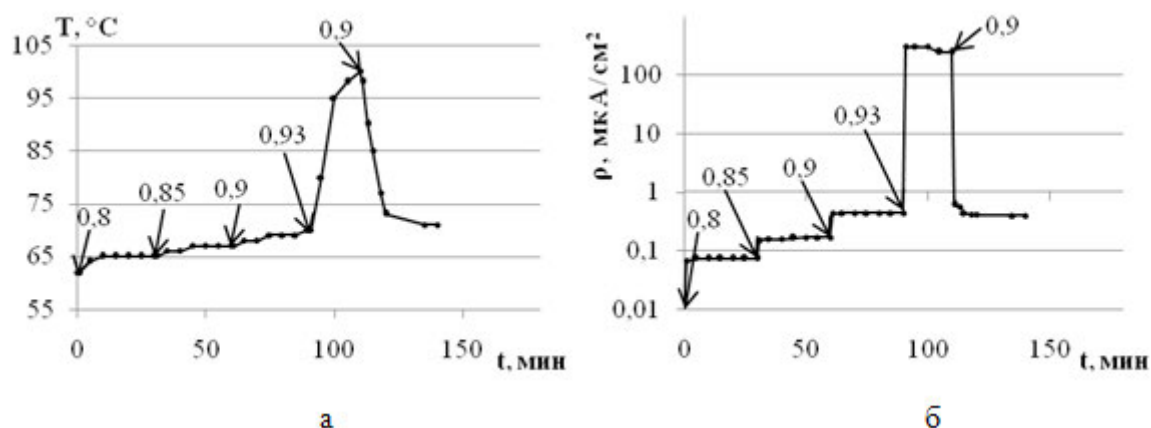


Рис. 7. Временные зависимости температуры (а) и плотности тока утечки (б) для варистора S20K320 (Epcos)

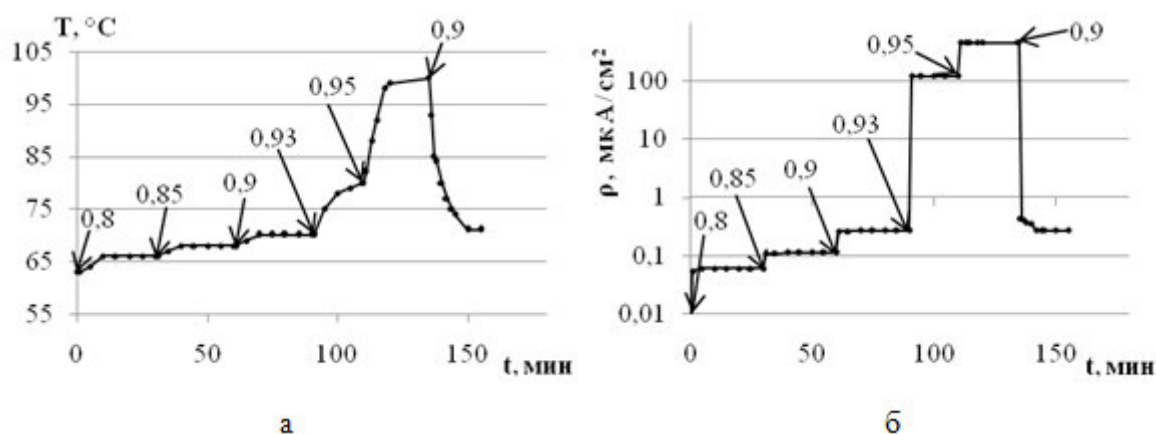


Рис. 8. Временные зависимости температуры (а) и плотности тока утечки (б) для варистора 20N471K (Joyin)

ченных искровых промежутков, изолирующих нелинейный резистор от воздействия рабочего напряжения в нормальном эксплуатационном режиме. Поэтому надежная работа варистора при длительном (в течение всего срока службы защищаемого устройства) протекании малых токов является необходимым условием, как и малые значения самих протекающих токов, не приводящих к саморазогреву и тепловому пробоев варистора. При этом работоспособность варистора должна обеспечиваться в широком диапазоне температур окружающей среды (от -50 до $+70^\circ\text{C}$). Исследования показали, что при повышении значений рабочей температуры до 110°C варисторы, допированные оксидами иттрия и циркония, производимые ЗАО «НПФ «Магнетон Варистор», имеют явные преимущества.

Представленные результаты являются результатами экспериментальной части диссертационной работы, направленной на повышение качества варисторов, выпускаемых отечественной промышленностью. Для развития теоретических представлений и объяснения обнаруженных закономерностей токопротекания, выходящих за рамки существующих моделей, планируется



Рис. 9. Варисторы, выпускаемые ЗАО «НПФ «Магнетон Варистор»

проведение дополнительного комплекса исследований по методикам, развитым в СПбГЭТУ «ЛЭТИ», включая анализ диффузии компонентов в жидкой и твердой фазах по [12–14].

Также предполагается рассмотрение влияния спинодального распада на выделение фаз оксидов иттрия и цир-

кония вдоль границ зерен с учетом физико-химических особенностей фаз переменного состава [15–17].

Более полная информация о технических характеристиках варисторов, выпускаемых ЗАО «НПФ «Магнетон Варистор» (рис. 9), приведена в [18].

Литература:

1. Dietmar Prisching, Axel H. Pecina. Temperature behaviour of ZnO varistors before and after post sintering heat treatment // *Materials Letters* 43. 2000. P. 295–302.
2. T. K. Gupta. Application of Zinc Oxide Varistors // *J. Am. Ceram. Soc.* 73 [7]. 1990. P. 1817–1840.
3. G. E. Pike. Electronic properties of ZnO varistors: a new model // *Mater. Res. Soc. Symp. Proc.* 5. 1982. P. 369–379.
4. Slavko Bernik, Sreco Macek, Bui Ai. Microstructural and electrical characteristics of Y₂O₃-doped ZnO–Bi₂O₃-based varistor ceramics // *J. Am. Ceram. Soc.* 21. 2001. P. 1875–1878.
5. Chul-Hong Kim, Jin-Ho Kim. Microstructure and electrical properties of ZnO–ZrO₂–Bi₂O₃–M₃O₄ (M = Co, Mn) varistors. // *J. Am. Ceram. Soc.* 24. 2004. P. 2537–2546.
6. Алмазов В.А. [и др.] Влияние химического состава добавок на свойства варисторов на основе оксида цинка // *Электротехника*. 2006. № 9. С. 26–28.
7. Б. С. Скидан, Маунг Маунг Мьинт. Влияние оксидов металлов на микроструктуру цинковой керамики // *Стекло и керамика*. 2007. № 1. С. 29–31.
8. Пинская Д.Б., Саенко И.В. Влияние легирования оксидами иттрия и циркония на свойства варисторов на основе ZnO // *Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ»*. 2012. Вып. 8. С. 20–25.
9. David R. Clarke. Varistor Ceramics. *J. Am. Ceram. Soc.* 82 [3]. 1999. P. 485–502.
10. Томаев В.В., Гарькин Л.Н., Мирошкин В.П., Мошников В.А. Исследование газочувствительности в наноструктурированных пленках на основе диоксида олова методом импедансной спектроскопии // *Физика и химия стекла*. 2005. Т. 31. № 2. С. 331–339.
11. Карпова С.С., Грачева И.Е., Мошников В.А. Об особенностях спектров полной проводимости сетчатых нанокomпозитных слоев на основе диоксида олова // *Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ»*. 2010. № 4. С. 3–7.
12. Gorokhov V.A., Dedegkaev T.T., Ilyin Y.L. et al. The investigation of P-diffusion and As-diffusion in liquid gallium // *Crystal research and technology*. Vol. 19. Issue: 11. 1984. P. 1465–1468.
13. Gorokhov V.A., Dedegkaev T.T., Ilyin Y.L. et al. Temperature-dependence of diffusion-coefficient of phosphorus in gallium melts // *Zhurnal tekhnicheskoi fiziki*. Vol. 54. Issue 4. 1984. P. 823–825.
14. Гамарц А.Е., Лебедев В.М., Мошников В.А., Чеснокова Д.Б. Определение профиля диффузии кислорода в поликристаллических слоях селенида свинца методами ядерного микроанализа // *Физика и техника полупроводников*. Т. 38. № 10. 2004. С. 1195.
15. Alexandrova O.A., Kamchatka M.I., Miropolsky M.S., Passynkov V.V. Diffusion of native defects in PbSnTe during liquid phase epitaxy // *Physica Status Solidi (A) Applied Research*. № 94. 1986. С. 13.
16. Аверин И.А., Мошников В.А., Пронин И.А. Особенности созревания и спинодального распада самоорганизующихся фрактальных систем // *Нано- и микросистемная техника*. № 5. 2012. С. 29–33.
17. Мошников В.А., Грачева И.Е., Налимова С.С. Смешанные металлооксидные наноматериалы с отклонением от стехиометрии и перспективы их технического применения // *Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета*. № 42–2. 2012. С. 59–67.
18. <http://www.magneton.ru/cat.php?id=64>