

## КОМПЕТЕНТНОЕ МНЕНИЕ

Е. Иванова

- 14 **В СТРАНЕ ЕСТЬ ЭКСПЕРТИЗА ДЛЯ СОЗДАНИЯ  
ОТЕЧЕСТВЕННОЙ САПР МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ**

- 23 **КОЛОНКА ДЕПАРТАМЕНТА  
РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

- 24 **НОВОСТИ**

## ВЫСТАВКИ И КОНФЕРЕНЦИИ

Ю. Ковалевский, Е. Каспарова

- 36 **ДИСКУССИОННЫЕ СЕССИИ ВЫСТАВКИ  
EXROELECTRONICA 2025  
ЧАСТЬ 3**

## РЕПОРТАЖ С ПРЕДПРИЯТИЯ

Ю. Ковалевский

- 44 **ТЕХНОЛОГИИ, КОТОРЫЕ ОТКРЫВАЮТ НОВЫЕ  
ВОЗМОЖНОСТИ НЕ В ТЕОРИИ, А НА ПРАКТИКЕ  
ВИЗИТ В ЦЕНТР АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ГК «ДИПОЛЬ»**

## СИСТЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

В. Дождёв, И. Кузьменко, С. Сафронов,  
А. Переверзев, А. Коршунов

- 56 **ФОРМИРОВАНИЕ ПОДХОДОВ К РАЗРАБОТКЕ  
ОТЕЧЕСТВЕННЫХ САПР СБИС**

Сложившиеся сегодня в стране условия сделали возможным и необходимым создание экосистемы отечественных САПР

В статье обсуждаются тенденции развития современных инструментов проектирования СБИС, структура мирового рынка САПР, а также перспективы, организационные подходы и основные направления разработки отечественных САПР

**Ключевые слова:** САПР СБИС, маршрут проектирования, САПР с открытым исходным кодом, цифровые СБИС, аналоговые ИС, СВЧ ИС

В. Сазонов, Р. Ерохин, В. Серов, М. Шейблаев

## **66 РАЗРАБОТКА ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ФИЗИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ВЕРИФИКАЦИИ ЦИФРОВЫХ СБИС**

МГУ им. М.В. Ломоносова в составе кооперации, возглавляемой МНТЦ МИЭТ, разрабатывает три компонента САПР СБИС: инструмент физического синтеза, инструмент расчета паразитных параметров и универсальную базу данных для хранения информации о разрабатываемой ИС. В статье рассматриваются задачи, решаемые в ходе выполнения данной работы.

**Ключевые слова:** САПР, инструмент физического синтеза, инструмент расчета паразитных параметров, универсальная база данных

А. Стемповский, Е. Кожевников, Е. Демидов, Р. Соловьев, Д. Тельпухов, Л. Переверзев, В. Карташев, В. Дождѐв, И. Назаров, А. Третьяков

## **76 СПЕЦИАЛЬНЫЕ ВИДЫ АНАЛИЗА ДЛЯ СОВРЕМЕННЫХ ИС: ВЫЗОВЫ НАНОМЕТРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА**

В статье представлен обзор специальных видов анализа для современных ИС, которые учитывают такие эффекты, как падение напряжения в шинах питания, электромиграция и нарушение целостности сигналов. Рассмотрены методы реализации специальных видов анализа в инструментах проектирования, в том числе с применением машинного обучения.

**Ключевые слова:** САПР, инструмент проектирования, ИС, анализ падения напряжения, анализ эффектов электромиграции, анализ целостности сигналов, нарушение тайминга, методы машинного обучения

В. Ухин, В. Кухарук

## **84 ЧАСТОТНЫЙ АНАЛИЗ ЛИНИЙ ПЕРЕДАЧИ В САПР SIMPCB LITE**

В статье рассматриваются математические и физические основы расчета параметров линий передачи в зависимости от частоты, реализованного в САПР SimPCB Lite. Приводится сравнение результатов вычислений, полученных с помощью SimPCB Lite и в программе Ansys.

**Ключевые слова:** САПР, частотный анализ, волновое сопротивление линии передачи, метод граничных элементов

Д. Сморкалов, О. Жирнов, Ш. Шугаепов,  
В. Егошин, Р. Ахметгалиев

## **88 КОМПАС-3D ОТ АСКОН – ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ НА МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ**

КОМПАС-3D – полнофункциональная платформа для инженеров отечественного машиностроения и электронной промышленности. При проектировании технологической оснастки для производства металлокерамических корпусов эта система сочетает инструментарий 3D-моделирования с интеграцией российских стандартов.

**Ключевые слова:** металлокерамические корпуса, технологическая оснастка, 3D-моделирование

## **ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА И ВСТРАИВАЕМЫЕ СИСТЕМЫ**

А. Бекмачев, А. Михеев

## **92 ИНЕРЦИАЛЬНЫЕ МОДУЛИ ГКВ: БОРЬБА СО СПУФИНГОМ И РАСШИРЕННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ДЛЯ НАВИГАЦИИ**

Спуфинг глобальных навигационных систем может приводить к искажению данных о местоположении, что особенно опасно для воздушного и морского транспорта. В статье обсуждаются решения компании «Лаборатория Микроприборов» для автономной инерциальной навигации, способные противостоять спуфингу.

**Ключевые слова:** спуфинг, глобальные навигационные спутниковые системы, GPS, ГЛОНАСС, автономная инерциальная навигация, джамминг

## СИЛОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

Т. Гайказьян

### 98 ПРИВЯЗНЫЕ ДРОНЫ И РОЛЬ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ DC/DC-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ SMARTPOWER В ОБЕСПЕЧЕНИИ СТАБИЛЬНОГО ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ

Рассматриваются особенности применения привязных дронов – летательных аппаратов, получающих электроэнергию от наземного источника через кабель. Особое внимание уделено роли высоковольтных DC/DC-преобразователей SmartPower в обеспечении эффективного электропитания бортовых систем.

**Ключевые слова:** привязные дроны, наземная станция питания, DC/DC-преобразователи, модули SmartPower

## СХЕМОТЕХНИКА

А. Токарев

### 106 ГИБРИДНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ МЕМРИСТИВНЫМИ МАССИВАМИ: РАЗРАБОТКА ВЕРХНЕУРОВНЕВОЙ СХЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РЕАЛИЗАЦИИ

Предложена архитектура управления мемристивными массивами, которая позволяет работать с пассивными кроссбар-структурами, что существенно повышает плотность компоновки элементов и снижает технологическую сложность производства. Описаны основные функциональные блоки системы.

**Ключевые слова:** мемристивная электроника, мемристивные кроссбары, синхронизация вычислительных потоков, аналого-цифровое взаимодействие

## МИКРО- И НАНОСТРУКТУРЫ

В. Кочемасов, В. Горбачев, С. Хорев

### 116 ВЫСОКОЧАСТОТНЫЕ КОНДЕНСАТОРЫ ПО ТЕХНОЛОГИИ MEMS

В статье представлен обзор основных технологий, применяемых для изготовления микроэлектромеханических систем (МЭМС). Рассматриваются особенности конструкций MEMS-конденсаторов и принципы их работы, а также приводятся примеры устройств на их основе.

**Ключевые слова:** MEMS-конденсатор, КМОП, переменная емкость, MEMS-микрофон, фрактальный конденсатор, технологии микрообработки

## ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Д. Суханов

### 126 ПРЕЦИЗИОННОЕ УТОНЕНИЕ ПЛАСТИН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОМЕЖУТОЧНОГО НОСИТЕЛЯ ИЗ СТЕКЛА

Рассматриваются методы прецизионного утонения полупроводниковых пластин и обосновывается целесообразность применения подложки из стекла. Анализируется влияние упругих характеристик и коэффициентов теплового расширения на деформацию двуслойной структуры, исследуются напряжения, возникающие при демонтаже пластины, для проверки надежности стеклянного носителя.

**Ключевые слова:** прецизионное утонение, КТР, механический дебондинг, двуслойная пластина, стеклянный носитель, предел прочности

С. Шихов

### 134 ЛАЗЕРНЫЙ РЕБОЛЛИНГ: КАК СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОМОГАЮТ СОВЕРШЕНСТВОВАТЬ ЭЛЕКТРОНИКУ

Лазерный реболлинг – инновационная технология ремонта микросхем в корпусе типа BGA, которая использует лазер для точного позиционирования и надежной пайки шариков припоя к корпусу BGA-компонента. В статье представлено описание технологического процесса, рассмотрены преимущества метода.

**Ключевые слова:** лазерный реболлинг, шарик припоя, BGA-компонент, азотная среда, паяное соединение

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ

Ю. Коваль

### 138 ОТМЫВКА ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ ОТ ФЛЮСА

В статье описываются функциональные возможности установки струйной отмывки в вакууме УСОТП-1, разработанной НПП «ПРОТОН». Инновационная российская технология «струи в вакууме» обеспечивает высокоэффективную очистку и сушку изделий, комбинируя струйную обработку с циклическим вакуумированием.

**Ключевые слова:** флюсы, пайка, автоматическая струйная отмывка, ультразвуковая отмывка, система вакуумирования, «струи в вакууме», сушка в вакууме, УСОТП-1

## НАДЕЖНОСТЬ И ИСПЫТАНИЯ

А. Росляков, Р. Малышев

### 144 АКТУАЛЬНЫЙ ВЗГЛЯД

#### НА ЭЛЕКТРОТЕРМОТРЕНИРОВКУ: СТЕНДЫ МОДЕЛЬНОГО РЯДА FTT-17.XX.XXX ОТ «СОВТЕСТ АТЕ»

Представлены актуальные сведения о стендах электротермотренировки изделий полупроводниковой электроники серии FTT-17, разработанных компанией «Совтест АТЕ»

**Ключевые слова:** модельный ряд, слоты, двухкамерная модель, параллельная тренировка, программное обеспечение

В. Плебанович, В. Светенкова, В. Гришкевич

### 150 ФОТОННАЯ ЭМИССИЯ – ИННОВАЦИОННЫЙ МЕТОД АНАЛИЗА ДЕФЕКТОВ В МИКРОЭЛЕКТРОНИКЕ

Аналитический комплекс «Фотон», разработанный совместно ОАО «Оптоэлектронные системы» и НТЦ «Белмикросистемы», решает проблему выявления скрытых дефектов ИС, таких как структурные дефекты кристаллической решетки, локальные утечки тока и перегрев силовых элементов.

**Ключевые слова:** фотонная эмиссия, дефекты, микросхема