

В. Г. ПАДАЛКО, д.т.н. Ю. Е. НИКОЛАЕНКО,
А. Н. ВЫСОЦКИЙ, Н. В. КОНЧИЦ

Украина, г. Киев, Минпромполитики Украины
E-mail: nikola@industry.gov.ua

ОБЗОР РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТ ПО РАЗВИТИЮ КОНКУРЕНТОСПОСОБНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ, ВЫПОЛНЕННЫХ В 2007—2009 гг. В РАМКАХ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПРОГРАММЫ

Приведены основные технические характеристики научно-технической продукции, созданной в рамках Государственной программы развития промышленности на 2003—2011 годы в области микроэлектроники.

Выполнение работ, направленных на развитие наиболее конкурентоспособных направлений микроэлектроники в Украине, в рамках Государственной программы развития промышленности осуществляется по следующим направлениям:

- материалы для микроэлектроники;
- функциональная микроэлектроника;
- энергетическая микроэлектроника;
- сенсоелектроника;
- новое технологическое оборудование для микроэлектроники;
- интегральные схемы и полупроводниковые приборы.

Комплекс научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, которые выполнялись в 2007—2009 годах, направлен на разработку конкурентоспособных изделий микроэлектроники на основе новых материалов, в частности карбиде кремния, фосфиде индия, на алмазе и т. п., что позволяет повысить рабочую температуру элементов до 400°C, уровень пробивного напряжения до 1000—2000 В, увеличить мощность генераторных модулей в 1,5—4 раза, повысить чувствительность радиолокационных устройств и т. п.

Материалы для микроэлектроники

НИР «Разработка технологии изготовления гетероструктур на основе InP для диодов Ганна», НПП «Карат», г. Львов.

Впервые в Украине разработаны физико-химические принципы технологии выращивания чистых эпитаксиальных слоев i -InP, являющихся активными слоями в составе гетероструктур для диодов Ганна с повышенной частотой генерации и высокой надежностью.

В основу проведения работы был положен предложенный в [1] способ получения высококачественных гетероструктур n^+ -InP/ n -InP для диодов Ганна с низкой концентрацией дефектов и высокой подвижностью электронов в активном слое, основанный на применении комплексного легирования слоев InP

редкоземельными и изовалентными элементами Al и Yb в специально подобранных пропорциях. Эпитаксиальные слои InP, полученные таким способом, являются некомпенсированными и обладают низкой концентрацией фоновых примесей и высокой подвижностью электронов. При этом эффект «очистки» эпитаксиальных слоев проявляется при незначительных концентрациях легирующих элементов (Yb), что уменьшает вероятность загрязнения эпитаксиального слоя неконтролируемыми примесями из легирующего материала.

Полученные гетероструктуры n^+ -InP/ n -InP по своим техническим характеристикам отвечают лучшим мировым образцам (табл. 1).

Таблица 1
Характеристики гетероструктуры n^+ -InP/ n -InP

Концентрация электронов, см^{-3}	
в подложке n^{++} -InP	$(3-5) \cdot 10^{18}$
в буферном слое n_0^+ -InP	$(1-3) \cdot 10^{18}$
в активном слое i -InP, не больше	$1 \cdot 10^{16}$
в контактном слое n_k^+ -InP	$(1-3) \cdot 10^{18}$
Подвижность электронов, $\text{см}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$	>17000 (77 K)
Толщина активного слоя, мкм	1—2
Площадь гетероструктуры, см^2 , не меньше	10,0

Для промышленного использования результатов работы планируется разработка базового технологического промышленного процесса производства гетероструктур n^+ -InP/ n -InP для диодов Ганна с дальнейшим внедрением его в серийное производство на технологической базе НПП «Карат».

НИР «Разработка методов выявления и идентификации электрически активных дефектов в полупроводниковых материалах и структурах для создания высоконадежных и конкурентоспособных изделий микроэлектроники», НИИ микроприборов НТК «Институт монокристаллов» НАНУ, г. Киев.

Для выявления электрически активных дефектов (ЭАД) в материалах и технологических структурах на разных технологических этапах изготовления приборов микроэлектроники создан комплекс из пяти специализированных методик:

1) выявления и визуализации ЭАД в структурах Si-SiO₂ со сверхтонким диэлектриком при изготовлении интегральных схем;

2) выявления локальных источников тепловыделения („горячих точек”) в кристаллах изделий микроэлектроники на основании визуализации локальной холестерической фазы в смектической фазе холестерических жидких кристаллов;

3) определения ЭАД в приповерхностных слоях кремния, в т. ч. в сверхтонких $p-n$ -переходах, на основе оптического (лазерного) зонда;

4) определения распределения и концентрации ЭАД в технологических МДП-структурах на основе растровой электронной микроскопии;

5) исследования ЭАД в приповерхностном слое кремния в области канала МДП-транзисторов на основе емкостной релаксационной спектроскопии глубоких уровней.

Эти методики внедрены в Центре «Микроаналитика» НИИ микроприборов на этапах разработки технологии приборов. Их использование на предприятиях, которые изготавливают изделия микроэлектроники, требующие углубленного контроля технологических структур и процессов, позволит значительно улучшить технико-экономические показатели современных изделий микроэлектроники, повысить их надежность и конкурентоспособность микроэлектронных компонентов [2—5].

НИР «Разработка и исследование технологии получения пленочных катодолюминесцентных структур для дисплеев с высокой разрешающей способностью», НИИ «Гелий», г. Винница.

Предложен и исследован новый способ получения пленочных катодолюминесцентных структур состава $ZnS:Cu.Ga$ и $ZnO:Cu.Ga$ для создания информационных систем высококачественного отображения [6, 7]. Основными этапами разработанной технологии являются электронно-лучевое нанесение в вакууме пленок $Zn:Cu$ и дальнейший их отжиг с одновременным легированием Ga в атмосфере, содержащей серу или кислород.

Технический уровень полученных структур (табл. 2) отвечает уровню продукции таких ведущих фирм как Dai Nippon Toryo (Япония), Philips Corporation (Нидерланды), Fataba Denshi Kogyo (Япония).

Разработанная технология получения пленочных катодолюминесцентных структур использована в НИИ «Гелий» в производстве жидкостно-кристаллических индикаторов с повышенной разрешающей способностью.

ческих индикаторов с повышенной разрешающей способностью.

Функциональная микроэлектроника

ОКР «Разработка конструкции и технологии изготовления арсенид-галлиевых смесительных и детекторных диодов на кристаллодержателе для радиотехнических устройств диапазона частот (3...80) ГГц», НПП «Сатурн», г. Киев.

Выполнена разработка, а также освоено производство диодов СВЧ, которые не имеют аналогов в странах СНГ [8, 9], что позволит избежать существующих технических и материальных трудностей, связанных с критическим импортом СВЧ-диодов миллиметрового диапазона.

Конструкция диода позволяет использовать его в высокочувствительных детекторных и преобразовательных устройствах как в интегральном (планарном), так и в волноводном варианте реализации. Повышение рабочей частоты диодов до 80 ГГц достигнуто за счет снижения паразитных параметров (емкости и индуктивности), а также потерь на скин-эффект путем выполнения кристалла СВЧ-диода в виде планарной меза-структуры с балочными выводами, смонтированными непосредственно на металлических выводах пленочного кристаллодержателя.

Жизнеспособность и стойкость диодов к внешним воздействиям — климатическим, механическим и другим (при работе в составе гибридных интегральных схем и микросборок радиотехнических приборов объемного исполнения) — обеспечивают возможность их эксплуатации в соответствии с ОСТ 11336.925-81.

По своим техническим характеристикам (табл. 3) разработанный диод отвечает уровню лучших современных российских аналогов, а именно смесительных диодов СВЧ 3А123 и СВЧ 3А117-6; детекторного диода НВЧ 3А206-6.

Таблица 3

*Технические характеристики диода СВЧ
АРКА.432131.002 (ТУ В 32.1-14308747-20:2009)*

Емкость диода, фФ, не больше	120
Емкость кристаллодержателя, фФ, не больше	70
Показатель идеальности ВАХ, не больше	1,2
Последовательное сопротивление потерь, Ом, не больше	8
Обратный ток при напряжении 3В, мкА, не больше	5
Габаритные размеры, мм, не больше	1,5×1,5×1,5
Масса образца, г, не больше	0,02

НИР «Разработка и исследование видеомониторов на плоских ЖК-панелях для авиационной техники», НИИ «Гелий», г. Винница.

Разработаны конструкция и технология изготовления экспериментальных образцов видеомониторов на жидкокристаллических панелях с широким рабочим температурным диапазоном и повышенной механической стойкостью (табл. 4) [10, 11].

Таблица 2

Характеристики пленочных катодолюминесцентных структур состава $ZnS:Cu.Ga$ и $ZnO:Cu.Ga$

Яркость свечения, кд/м ²	до 1000
Плотность тока при ускоряющем напряжении 50 кВ, мкА/см ²	до 70
Цвет излучения	зеленый
Длина волны, нм	520
Площадь образца, см ² , не менее	5,5
Толщина пленок, мкм	6—8
Разрешающая способность, линий/мм, не менее	100

Таблица 4
Основные параметры экспериментальных образцов видеомониторов

Габаритные размеры, мм	265×198×56,2
Масса, кг	2,2
Размер экрана по диагонали, дюйм, не менее количество пикселей	10,4 1024×768
Потребляемая мощность, Вт, не более	90
Температурный диапазон, °С	от –40 до +55
Напряжение питания, В	27
Угол обзора, градус по вертикали по горизонтали	от –10 до +35 от –50 до +50
Яркость изображения, кд/м ² , в режиме дневном, не менее ночном, не более	800 15

Использование таких видеомониторов в авиационной технике позволит значительно уменьшить вес и габариты бортовой аппаратуры, что повышает летные качества авиационного транспорта.

Энергетическая микроэлектроника

НИОТР «Разработка высокоэффективных концентраторных солнечных батарей на основе соединений A_3B_5 », НПП «Карат», г. Львов.

Разработана новая отечественная технология изготовления высокоэффективных гетероструктур GaAs/InGa/AlGaAs для работы при концентрированных (до 500 раз) световых потоках. На основе полученных гетероструктур изготовлен опытный образец модуля солнечной батареи с концентраторами солнечной энергии и высокоэффективной системой отвода тепла с тепловыми трубами [12, 13]. Его КПД достигает 28%, что соответствует мировому уровню. На основе разработанных модулей могут быть созданы концентраторные солнечные батареи, предназначенные для работы в составе высокоэффективных автономных систем энергообеспечения жилых и бытовых помещений, комбинированных систем уличного освещения, подсветки дорожных знаков и т. п.

ОКР «Разработка и внедрение высокоэффективных микроэлектронных элементов для энергосберегающих источников света с целью улучшения эксплуатационных характеристик», НИИ «Гелий», г. Винница.

Разработаны микроэлектронные элементы для дуговых электродов [14, 15] энергосберегающих источников света — дуговых ртутных ламп высокого давления с люминофорным покрытием [16], которые пригодны для работы в светильниках внешнего освещения и освещения производственных помещений. Внедрение в технологию изготовления дуговых электродов РАЛС 657719.008 с высокоэффективными микроэлектронными элементами позволяет увеличить продолжительность горения ламп до 5200 ч, что на 900 ч выше, чем для ламп-аналогов, при этом сни-

жение светового потока за время эксплуатации не превышает 20%

Результаты ОКР будут использованы на Заводе газоразрядных ламп при серийном производстве ламп высокого давления типа ДРЛ 250 на основе дуговых электродов с высокоэффективными микроэлектронными элементами, которые уже поставляются в необходимых количествах НИИ «Гелий».

В рамках направления «Энергетическая микроэлектроника» проводятся следующие исследования, направленные на повышение эффективности теплоотвода в микроэлектронной аппаратуре.

НИР «Разработка конструкции и исследование технологических особенностей создания и рабочих характеристик крупноформатных термоэлектрических модулей с тепловыми трубами», Институт термоэлектричества НАНУ, г. Черновцы.

Для улучшения рабочих характеристик крупноформатных термоэлектрических модулей отрабатывается конструкция и технологические особенности создания экспериментальных образцов крупноформатных термоэлектрических модулей с тепловыми трубами в зонах подвода и отвода теплоты. Проведенные исследования основных рабочих характеристик таких модулей показали эффективность предлагаемой конструкции в сравнении с традиционными модулями тех же размеров без тепловых труб.

НИР «Исследование и разработка высокоэффективных теплообменников для мощных микропроцессоров», КНУСА, г. Киев.

Для проведения исследований изготовлены экспериментальные образцы водяных теплообменников с повышенной эффективностью [17] для отвода теплоты от мощных микропроцессоров (табл. 5).

Таблица 5
Основные технические характеристики экспериментальных образцов теплообменников

Плотность теплового потока на поверхности имитатора микропроцессора, Вт/см ²	от 20 до 100
Количество отводимой теплоты, Вт	от 60 до 600
Максимальная температура поверхности имитатора микропроцессора при температуре воды на входе в теплообменник 25°C, °C	+65
Гидродинамическое сопротивление теплообменника по воде, не более, кПа	6
Габаритные размеры (без учета длины штуцеров), не более, мм	55×55×20

НИР «Исследование теплопередающих свойств металлических подложек с замкнутым испарительно-конденсационным циклом для отвода тепла от тепловыделяющих элементов микроэлектронной аппаратуры», НПП «Карат», г. Львов.

Исследуется возможность эффективного отвода тепла от тепловыделяющих микроэлектронных элементов электронного блока [18] при их установке на охлаждающую пластину блока. Проводятся исследования для пластин размерами до 170×280 мм из различ-

ных материалов — меди, алюминия, титана или их сплавов при использовании в качестве теплоносителя воды, этанола или ацетона. Максимальная температура поверхности блока в зоне установки элементов составляет $+70^{\circ}\text{C}$, плотность теплового потока в зоне теплоподвода — до 5 Вт/см^2 .

Сенсоэлектроника

НИР «Разработка и исследование наноструктурированных пленок чувствительных элементов сенсоров влажности», НИИ «Гелий», г. Винница.

Впервые в Украине создана наноструктурированная композитная пленка [19] для практической разработки и производства интегральных сенсоров влажности [20] с высокой чувствительностью, стабильными во времени характеристиками, с линейной зависимостью емкости от относительной влажности практически во всем диапазоне изменения последней (от 3 до 100%). Такие сенсоры сохраняют работоспособность при низких температурах, вплоть до -35°C , что на данный момент невозможно обеспечить другими существующими материалами (пленки оксидов некоторых металлов, органические пленки и т. п.).

Полученные чувствительные элементы будут использованы в НИИ «Гелий» при изготовлении сенсоров влажности с функциональными параметрами для потребностей гидрометеорологии, медицины, промышленности, агропромышленного комплекса и бытовой электроники.

НИР «Разработка и исследование унифицированного акустоэлектронного преобразователя для сенсоров физических величин», Одесский национальный университет им. И. И. Мечникова.

Разрабатывается унифицированный преобразователь на поверхностных акустических волнах — базовый элемент сенсоров целого ряда функциональных назначений [21]. Благодаря использованию достижений акустоэлектроники в разработанном унифицированном преобразователе существенно упрощается электрическое сопряжение сенсора с микропроцессорной техникой. Это обеспечит решение проблемы интеллектуализации сенсора и повышения метрологических и эксплуатационных характеристик.

Преобразователь состоит из чувствительного элемента и электронной схемы первичной обработки электрического сигнала, конструктивно выполненных в одном корпусе. Работа преобразователя исследуется на примере разработанного экспериментального образца сенсора угла поворота (табл. 6).

Таблица 6

Основные технические характеристики экспериментального образца сенсора угла поворота

Вид исходного сигнала	частотный
Диапазон рабочих частот, МГц	15,7—16,3
Угол поворота	40°
Погрешность измерения угла, не более	$2'$
Напряжение питания, В	10 ± 1

Новое технологическое оборудование для микроэлектроники

ОКР «Разработка аппаратуры и технологии термоэлектротренировки сверхмощных лавинно-пролетных диодов 8-миллиметрового диапазона импульсного режима работы», НИИ «Орион», г. Киев.

Впервые в СНГ создан стенд (см. табл. 7) для термоэлектротренировки импульсных лавинно-пролетных диодов (ЛПД) для диагностического обеспечения производства мощных кремниевых ЛПД миллиметрового диапазона [22] и технология термоэлектротренировки диодов на этом стенде.

Таблица 7

Основные технические характеристики стенда

Диапазон импульсного рабочего тока, А	5—22
Длительность импульса, нс	100—340
Диапазон напряжения импульса, В	10—70
Температура корпуса диода, $^{\circ}\text{C}$	20—100
Количество диодов, тестируемых одновременно, шт.	24

Внедрение стенда в НИИ «Орион» обеспечило повышение надежности производимых супермощных кремниевых ЛПД 8-мм диапазона, что позволило укрепить свои позиции на международном рынке.

НИР «Разработка методов и аппаратуры для диагностики надежности кремниевых сверхмощных импульсных ЛПД», Институт физики полупроводников им. В. Е. Лашкарева НАНУ, г. Киев.

Впервые в Украине разработана аппаратура [23, 24] и методы [25] для предварительной диагностики надежности ЛПД по особенностям их вольт-амперной характеристики на участке лавинного пробоя в импульсном режиме работы при напряжении до 100 В, токе до 20 А и длительности импульса 100 нс.

В комплексе с разработанной в НИИ «Орион», г. Киев, аппаратурой и технологией термоэлектротренировки сверхмощных импульсных ЛПД 8-мм диапазона они позволяют получать более полную информацию о параметрах таких ЛПД и ускорить процесс оптимизации технологического процесса производства за счет экспресс-диагностики.

НИР «Исследование способов увеличения времени жизни плазменных образований», НИИ «Гелий», г. Винница.

При использовании электрических разрядов в свободной атмосфере получены автономные долгоживущие плазменные образования с временем жизни 2 с, что соответствует мировому уровню. Разработаны рекомендации по созданию нетрадиционных источников энергии [26].

НИОКР «Разработка малогабаритного ВЧ-диодного реактора с распределенными напуском и откачкой газа для процессов плазмохимического травления с высокой равномерностью», Харьковский национальный университет им. В. Н. Каразина.

Осуществляется разработка и изготовление экспериментального образца малогабаритной малоэнер-

Таблица 8

Давление газа в зоне обработки, Па	1—500
Диаметр зоны обработки, мм, не менее	100
Диапазон энергии ионов, эВ	20—500
Максимальная скорость травления Si, мкм/мин	2—3
Однородность травления, %, не хуже	2
Работа с химически-активными радикалами	C _n F _m , O, N, F
Продолжительность работы (смесь Ag+O ₂ +CF ₄)	
беспрерывной, ч, не менее	8
без профилактики, ч, не менее	40
ВЧ-мощность, Вт	
номинальная	100
максимальная	300
Габаритные размеры (без вакуумного насоса), мм, не более	500×500×300

гоемкой настольной установки с ВЧ-диодным реактором для плазмохимического травления [27] с соблюдением условий высокой равномерности, основные технические характеристики которого приведены в табл. 8.

Планируется проведение испытаний экспериментального образца реактора с целью исследования процессов формирования потоков заряженных частиц, физических принципов согласования импедансов ВЧ-генератора и плазмохимического реактора диодного типа.

НИОКР «Разработка универсального источника ионов для малоэнергоёмкого ионно-радикального травления материалов микроэлектроники на базе комбинированного индукционно-емкостного ВЧ разряда», Харьковский национальный университет им. В. Н. Каразина.

Осуществляется разработка универсального источника ионов на базе индукционного разряда с высокочастотной диодной ионно-оптической системой, обеспечивающей независимое управление энергией и плотностью потока ионов при условии полной токовой компенсации, пригодного для малоэнергоёмкого ионно-радикального травления материалов микроэлектроники. Проводятся исследования процессов формирования потоков заряженных частиц в условиях токовой компенсации с независимым управлением энергией и плотностью потока ионов, а также физических принципов согласования импедансов высокочастотного генератора и источника ионов.

Источник ионов предназначен для внедрения в современных ионно-плазменных технологиях на предприятиях микроэлектроники Украины.

Интегральные схемы и полупроводниковые приборы

ОКР «Разработка микросхемы четырехканального микромощного операционного усилителя с полевыми транзисторами на входе», НПО «Кристалл», г. Киев

Создана интегральная микросхема четырехканального микромощного операционного усилителя с по-

Таблица 9

Технические характеристики интегральной микросхемы

Скорость нарастания исходного сигнала, В/мкс	9
Полоса частот, МГц	4
Входной ток, пА	10
Коэффициент усиления напряжения	40×10 ³
Ток питания, мкА/канал	210
Напряжение питания, В	от ±4,5 до ±18

левыми транзисторами на входе, характеристики которой (см. табл. 9) полностью соответствует микросхеме OP482 фирмы “Analog Devices”, США [28, 29]. Впервые в СНГ разработана совместная биполярная технология изготовления полевых транзисторов и плёночных резисторов с изоляцией встречносмещёнными *p-n*-переходами. При проектировании применена двухуровневая металлизация и функциональная подгонка напряжения смещения нуля методом испарения плавящихся алюминиевых перемычек.

Микросхема предназначена для применения в активных RC-фильтрах, интеграторах, измерительных усилителях, детекторах и других устройствах радиоэлектронной аппаратуры. Начиная с 2010 г. организовано серийное производство микросхем четырехканального микромощного операционного усилителя с полевыми транзисторами на входе УФ1101УД48 (в корпусе SO-14) и УР1101УД48 (в корпусе DIP-14) для потребностей предприятий Национального космического агентства Украины. На 2010 год запланировано изготовление этих микросхем в количестве соответственно около 37 и 10 тыс. шт.

ОКР «Разработка БИС для микроэлектронного координатно-чувствительного детектора (МКЧД) для приборов элементного анализа веществ», НИИ микроприборов НТК «Институт монокристаллов» НАНУ, г. Киев.

Разработана специализированная большая интегральная схема [30, 31] для аналитического приборостроения, которая по своему техническому уровню является лучшей в Украине и соответствует техническому уровню аналогичных микросхем, выпускаемых в России и Белоруссии. Изготовлена и испытана опытная партия микросхем.

Внедрение микросхемы планируется в ОАО «СЕЛ-МИ» и Институте прикладной физики НАНУ, г. Сумы, в перспективном приборе для анализа состава многоэлементных веществ в реальном масштабе времени.

*НИР «Разработка физико-технологических основ производства мощных быстродействующих высоковольтных 4HSiC *p-i-n*-диодов», НИИ «Орион», г. Киев.*

Созданы научно-технологические основы для практической разработки и серийного производства мощных быстродействующих высоковольтных (до 1000 В) карбид-кремниевых СВЧ *p-i-n*-диодов с диапазоном рабочей частоты до 40 ГГц при температуре до 400°C [32—35], серийного производства кото-

рых в данное время в мире нет. Использование таких диодов позволит создать новое поколение СВЧ мощных коммутирующих устройств, быстродействие которых будет в 3—5 раз выше в сравнении с устройствами на кремниевых $p-i-n$ -диодах, с рабочей температурой до 300°C.

НИР «Исследование и разработка технологии изготовления диодов Ганна 3-мм диапазона с повышенными энергетическими характеристиками на основе фосфида индия», НИИ «Орион», г. Киев.

Впервые в СНГ разработаны базовые научные и конструкторско-технологические решения, обеспечивающие создание диодов Ганна из фосфида индия с повышенными энергетическими характеристиками с толщиной активного слоя 1,5—2,0 мкм в металлурбинных и металлокварцевых корпусах с диапазоном частоты 90—140 ГГц [36, 37]. На данном этапе изготовлены экспериментальные образцы диодов Ганна с катодным контактом, инжектирующим горячие электроны, и исследованы их СВЧ-характеристики. Далее планируется проведение ОТР по созданию серийного производства диодов Ганна 3-мм диапазона с повышенными энергетическими характеристиками на основе фосфида индия для новейших систем связи, навигации, радиолокации, медицины и аппаратуры специального назначения.

ОКР «Разработка конструкции и технологии изготовления сверхмощных до 30 Вт кремниевых лавинно-пролетных диодов 8-мм диапазона импульсного режима работы», НИИ «Орион», г. Киев.

Проводится разработка элементов гибридных СВЧ интегральных схем нового поколения для генерации и усиления СВЧ-мощности минимум до 30 Вт в импульсном режиме (продолжительность импульса рабочего тока — 100—280 нс, паузы между импульсами — 10—200 мкс) в диапазоне частот 33—35 ГГц

Таблица 10
Основные технические характеристики интегральной схемы

Номинальное значение напряжения питания, В	+5,0
Допустимые отклонения напряжения питания, %	±5
Исходное напряжение высокого уровня, не менее, В	–0,5
Исходное напряжение низкого уровня, не более, В	0,4
Входной ток низкого уровня по выводу IN, мкА, не менее	5—100
Исходный ток просачивания при низком уровне напряжения на выводе IN (режим «выключено», мкА	–10,0—10,0
Динамический ток потребления, мА при $C_L=15$ пФ в диапазоне частот	
от 1,0 до 19,999 МГц, не более	15
от 20,0 до 34,999 МГц, не более	20
от 35,0 до 70,0 МГц, не более	30
Диапазон рабочих температур, °C	от –60 до +85

[38] для применения в системах связи, радиолокации, навигации и аппаратуре специального назначения. Разработана рабочая конструкторская и технологическая документация для обеспечения гибкого производства сверхмощных кремниевых лавинно-пролетных диодов 8-мм диапазона импульсного режима работы.

ОКР «Разработка высокочастотных КМОП интегральных схем для генераторов с кварцевой стабилизацией частоты», НИИ микроприборов НТК «Институт монокристаллов» НАНУ, г. Киев.

Создается интегральная схема [39] для генерирования электрических импульсов в диапазоне частот от 1 до 70 МГц с подсоединением кварца на соответствующую частоту к КМОП ИС, а также управление входными напряжениями от ТТЛ интегральных схем наличием или отсутствием электрических импульсов на выходе интегральной схемы (табл. 10).

На протяжении 2007—2009 годов в рамках Государственной программы развития промышленности на 2003—2011 годы в области микроэлектроники выполнено 15 работ. Еще 8 работ, начатых в этот период, планируется завершить в 2010 году. По результатам разработок и исследований подано 23 заявки на выдачу патентов Украины на изобретения и полезные модели, по которым на данное время уже получено 11 патентов, рассмотрение других заявок продолжается. Опубликовано 20 научно-технических статей в специализированных изданиях Украины и сделано 11 докладов на международных научно-технических конференциях.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Круковский С. І. Легування рідкісноземельними та ізовалентними елементами / Автореф. дис. ... д. т. н. – Львівська політехніка. — 2005.
2. Попов В. М., Клименко А. С., Поканевич А. П. Усовершенствованный метод выявления «горячих точек» в изделиях микроэлектроники // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. — 2008. — № 3. — С. 55—58
3. Попов В. М., Шустов Ю. М., Клименко А. С., Поканевич А. П. Влияние облучения кремния низкоэнергетическими ионами аргона на образование в нем электрически активных дефектов // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. — 2009. — № 4. — С. 48—51.
4. Заявка № а2008 14889 від 24.12.2008 р на выдачу патенту України. Спосіб виявлення локальних електрично активних дефектів на поверхні напівпровідника в структурах «метал-діелектрик-напівпровідник» // ДП «НДІ мікроприладів» НТК «Інститут монокристалів» НАН України / В. М. Попов, А. С. Клименко, О. П. Поканевич.
5. Заявка № а2008 13387 на выдачу патенту України. Пристрій для візуального відображення електричних потенціалів і температури на поверхні кристала інтегральної мікросхеми // В. М. Попов, А. С. Клименко, О. П. Поканевич.
6. Патент 39999 України. Спосіб створення плівкових катодолінофорів // ДП НДІ «Гелій» / В. В. Севастьянов, Л. Ф. Коваленко, В. С. Хомченко та ін. — 2009. — Бюл. № 6.
7. Коваленко Л. Ф., Севастьянов В. В., Хомченко В. С., Цыркунов Ю. А. Получение эффективных катодоллюминесцентных структур на базе пленочной технологии // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. — 2008. — № 6. — С. 48—49.

8. Патент 40563 України. Напівпровідниковий НВЧ-діод на кристалотримачі // ВІС «НВП «Сатурн» / В. В. Ткаченко, Е. М. Глушеченко, М. І. Урїн, С. В. Бобженко.— 2009.— Бюл. № 7.
9. Ткаченко В. В., Іжко Н. С., Угрин М. І. Арсенід-галієві діоди на кристаллодержателі для детекторів 5- і 8-мм діапазонів довжин волн // Техніка і прилади СВЧ.— 2008.— № 1.— С. 50—51.
10. Патент 39400 України. Резистивний нагрівач активноматричного рідкокристалічного дисплея // ДП НДІ «Гелій» / Л. Ф. Коваленко, В. С. Хомченко, І. Ю. Жураковський та ін.— 2009.— Бюл. № 4.
11. Коваленко Л. Ф., Жураковський І. Ю., Сташевський В. В., Севаст'янов В. В. Жидкокристалічні монітори для авіаційної техніки // Технологія і конструювання в електронній апаратурі.— 2009.— № 3.— С. 32—34.
12. Патент 43132 України. Спосіб отримання гетероструктури з варізонною активною областю // НВП «Карат» / М. М. Ваків, С. І. Круковський, Н. Я. Сиворотка.— 2009.— Бюл. № 15.
13. Ваків Н. М., Круковський С. І., Ніколаєнко Ю. Е. і др. Технологія і конструкція модуля сонячних батарей на основі з'єднання A_2B_5 з концентраторами сонячної енергії і висококоefficientивної системою теплоотвода // Технологія і конструювання в електронній апаратурі.— 2010.— № 2.— С. 10—13.
14. Севаст'янов В. В., Шутовський В. В. Висококоefficientивні катодні елементи для газорозрядних джерел світла // Технологія і конструювання в електронній апаратурі.— 2009.— № 1.— С. 59—60.
15. Патент 45837. Спосіб виготовлення дугових електродів для газорозрядних ламп високого тиску // ДП НДІ «Гелій» / В. В. Севаст'янов, В. В. Шутовський, М. М. Когут, В. І. Давиденко.— 2009.— Бюл. № 22.
16. Заявка № а2008 11840 від 06.10.2008 р. на видачу патенту України. Спосіб виготовлення газорозрядної лампи високого тиску // ДП НДІ «Гелій» / В. В. Севаст'янов, В. В. Шутовський, М. М. Когут.
17. Патент 48048 України. Рідинна система охолодження потужного електронного компонента // КНУБА / Е. С. Малкін, Ю. С. Ніколаєнко, І. Е. Фуртат, М. І. Дячков.— 2010.— Бюл. № 5.
18. Патент № 40635 України. Електронний блок // НВП «Карат» / Ю. С. Ніколаєнко, О. О. Циганський.— 2009.— Бюл. № 8.
19. Коваленко К. Л., Шаран Н. Н., Севаст'янов В. В. Наноструктуризована композитна плівка для сенсорів вологості // Технологія і конструювання в електронній апаратурі.— 2009.— № 5.— С. 49—50.
20. Заявка № u2009 03672 від 15.04.2009 р. на видачу патенту України. Інтегральний сенсор вологості // ДП НДІ «Гелій» / К. Л. Коваленко, М. М. Шаран, В. В. Севаст'янов.
21. Лепих Я. І. Датчик кута повороту генераторного типу з елементом на поверхневих акустичних хвилях // Технологія і конструювання в електронній апаратурі.— 2009.— № 3.— С. 24—25.
22. Заявка № а 2008 14794 від 22.12.2008 р. на видачу патенту України. Пристрій для випробувань НВЧ напівпровідникових діодів // ДП НДІ «Оріон» / М. С. Болтовець, Г. М. Веремійченко, Т. В. Коростинська та ін.
23. Патент 43386 України. Апаратура для діагностики надійності напівпровідникових надпотужних і імпульсних лавинно-пролітних діодів (ЛПД) // ІФН ім. В. Є. Лашкарьова / О. Є. Беляєв, М. С. Болтовець, Р. В. Конакова та ін.— 2010.— Бюл. № 2.
24. Кудрик Я. Я., Шинкаренко В. В. Імпульсний характеристикограф // Техніка і прилади СВЧ.— 2009.— № 2.— С. 60—61.
25. Кудрик Я. Я. Вимірювання ВАХ імпульсних кремнієвих ЛПД на участі лавинного пробоя // Технологія і конструювання в електронній апаратурі.— 2009.— № 5.— С. 32—33.
26. Патент 40035 України. Пристрій для отримання плазмових згустків // ДП НДІ «Гелій» / В. В. Севаст'янов, М. М. Когут.— 2009.— Бюл. № 6.
27. Дудин С. В., Рафальський Д. В. Закономерності формування пучка іонів низької енергії при допомозі односотної іонно-оптичної системи // Технологія і конструювання в електронній апаратурі.— 2009.— № 6.— С. 42—45.
28. Рісін В. С., Ткаченко В. О., Сапон С. В. Чотириканальний мікропотужний операційний підсилювач з польовими транзисторами на вході // CHIP NEWS Україна.— 2008.— № 6.— С. 72—82.
29. Свідчення про державну реєстрацію топографії інтегральної мікросхеми / В. О. Ткаченко, В. С. Рісін, В. І. Захаренко, С. В. Сапон.— 2008.— Бюл. № 10.
30. Заявка № а2008 13628 від 25.11.2008 р. на видачу патенту України. Мікроелектронний координатно-чутливий детектор маспектрометра // ДП «НДІ мікроприладів» НТК «Інститут монокристалів» НАН України / О. І. Борискін, В. Г. Вербицький, О. М. Забродіна та ін.
31. Сидоренко В. П., Вербицький В. Г., Прокоф'єв Ю. В. і др. СБИС для мікроелектронного координатно-чутливого детектора приборів елементного аналізу матеріалів // Технологія і конструювання в електронній апаратурі.— 2009.— № 2.— С. 25—29.
32. Патент 43851 України. Напівпровідниковий р-і-п надвисокочастотний діод // ДП НДІ «Оріон» / В. В. Басанець, М. С. Болтовець, Г. М. Веремійченко та ін.— 2009.— Бюл. № 17.
33. Болтовець Н. С., Борисенко А. Г., Іванов В. Н. і др. Формування меза-структур 4HSiC р-і-п-діодів методом іонно-плазменного травлення // Технологія і конструювання в електронній апаратурі.— 2009.— № 5.— С. 45—48.
34. Заявка № а2009 04954 від 19.05.2009 р. на видачу патенту України. Омична контактна система для напівпровідникових приладів з карбідом кремнію // ДП НДІ «Оріон» / В. В. Басанець, М. С. Болтовець, Г. М. Веремійченко та ін.
35. Belyaev A. E., Boltovets N. S., Ivanov V. N. et al. Heat-resistant barrier and ohmic contacts based on TiB_x and ZrB_x interstitial phases to microwave diode structures // Semiconductor Physics, Quantum Electronics & Optoelectronics.— 2008.— Vol. 11, N 3.— P. 209—216.
36. Заявка № u2009 10362 від 13.10.2009 р. на видачу патенту України. Діод Ганна з фосфіду індія // ДП НДІ «Оріон» / О. Є. Беляєв, Р. В. Конакова, Я. Я. Кудрик та ін.
37. Іванов В. Н., Ковтонюк В. М., Раєвська Н. С., Ніколаєнко Ю. Е. Особливості технології і конструювання InP-діодів Ганна // Техніка і прилади СВЧ.— 2009.— № 1.— С. 31—33.
38. Заявка № u 2009 12890 від 11.12.2009 р. на видачу патенту України. Лавинно-пролітний діод з термостійкою контактною системою // ДП НДІ «Оріон» / М. С. Болтовець, Г. М. Веремійченко, Т. В. Коростинська та ін.
39. Заявка № а2009 13089 від 16.12.2009 р. на видачу патенту України. Високочастотна КМОН інтегральна схема для генераторів з кварцевою стабілізацією частоти // ДП «НДІ мікроприладів» НТК «Інститут монокристалів» НАН України / В. Г. Вербицький, Т. М. Віроzub, О. Ф. Вошкін та ін.