

АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ПРОЕКТОВ DARPA В ОБЛАСТИ СОЗДАНИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ОБРАЗЦОВ ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ИНТЕРЕСАХ ВООРУЖЕННЫХ СИЛ

Д.Б. Изюмов, зам. дир. центра ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, izyumov@extech.ru

Е.Л. Кондратюк, нач. отдела ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, kel@extech.ru

Рецензент: С.С. Голубев, д-р экон. наук, канд. техн. наук, проф., ФГУП

«Всероссийский научно-исследовательский институт «Центр», sergei.golubev56@mail.ru

В статье рассмотрены программные элементы Управления перспективных исследовательских проектов Министерства обороны США (DARPA), включающие разработку перспективных образцов электронной компонентной базы военного и двойного назначения. Представлены финансирование, классификация и краткое описание исследовательских проектов DARPA, относящихся к развитию и разработке электронной компонентной базы с 2023 по 2029 годы. Показана эволюция технологий и исследовательских направлений DARPA.

Ключевые слова: перспективные исследования, исследовательский проект, программный элемент, электронная компонентная база, электронные технологии, микроэлектроника, оборонные исследования.

ANALYSIS OF DARPA RESEARCH PROJECTS IN THE FIELD OF CREATING PROMISING ELECTRONIC COMPONENT BASE SAMPLES FOR USE IN THE INTERESTS OF THE ARMED FORCES

D.B. Izyumov, Deputy Director of Centre, SRI FRCEC, izyumov@extech.ru

E.L. Kondratyuk, Head of Department, SRI FRCEC, kel@extech.ru

The article examines the Program elements of The Defense Advanced Research Projects Agency of the US Department of Defense (DARPA), which include the development of advanced samples of electronic component base for military and dual-use purposes. The financing, classification and brief description of DARPA research projects related to the electronic component base development and design from 2023 to 2029 are presented in the article. The evolution of DARPA technologies and research directions is shown.

Keywords: advanced research, research project, program element, electronic component base, electronic technologies, microelectronics, defense research.

Управление перспективных исследовательских проектов Министерства обороны (МО) США – DARPA (Defence Advanced Research Projects Agency) имеет статус национального стратегического исследовательского центра (агентства) по разработке новых технологий в интересах национальной безопасности США. DARPA, являясь подведомственным агентством МО США, ставит целью достижение и поддержание технологического превосходства и предотвращение внезапного появления у потенциальных противников новейших образцов вооружения, военной и специальной техники (ВВСТ). Эволюция технологий и исследовательских направлений DARPA представлена на рис. 1.

Анализ программных элементов 6-й Главной научно-технической программы МО США по финансированию передовых исследований и разработок и составляющих их исследовательских проектов показал, что обособленной (отдельной) программы в области разработки электронной компонентной базы (ЭКБ) не существует, однако профильные научно-иссле-

довательские, опытно-конструкторские и технологические работы (НИОКТР) по рассматриваемому направлению ведутся в рамках и фундаментальных, и прикладных, и технологических исследований (табл. 1) [1].



Рис. 1. Эволюция технологий и исследовательских направлений DARPA

Анализ финансирования исследовательских проектов DARPA в области создания перспективных образцов ЭКБ военного и двойного назначения за период 2023–2029 годов показывает, что ежегодный уровень ассигнований с 2023 года составляет около 845–890 млн долл. США, из которых около 61–64 % средств приходится на прикладные исследования и разработки (ИиР), 29–32 % – на технологические (перспективные) ИиР, и максимум до 10 % – на фундаментальные ИиР в рассматриваемой области.

К текущим программным элементам (НИОКТР) в области создания перспективных образцов ЭКБ военного и двойного назначения стоит отнести три основных (табл. 1):

– ПЭ 0601101E DEFENSE RESEARCH SCIENCES («Оборонные исследования»), включающий в рассматриваемой области ЭКБ два фундаментальных исследовательских проекта ES-01: ELECTRONIC SCIENCES («Исследования в области микроэлектроники») и ES-02: BEYOND SCALING SCIENCES («Исследования в области микроэлектроники за пределами традиционного масштабирования полупроводниковых технологий»);

Таблица 1

Финансирование основных программных элементов Управления перспективных исследовательских проектов Минобороны США (DARPA), относящихся к разработке образцов и изделий электронной компонентной базы военного и двойного назначения за период 2023–2029 годов

Тип исследований	Фундаментальные		Прикладные		Технологические		Всего	
Программные элементы, относящиеся к разработке ЭКБ	PE 0601101E DEFENSE RESEARCH SCIENCES («Оборонные исследования»)		PE 0602716E ELECTRONICS TECHNOLOGY («Электронные технологии»)		PE 0603739E ADVANCED ELECTRONICS TECHNOLOGIES («Перспективные электронные технологии»)			
	ES-01: ELECTRONIC SCIENCES («Исследования в области микро-электроники»)	ES-02: BEYOND SCALING SCIENCES («Исследования в области микро-электроники за пределами традиционного масштабирования полупроводниковых технологий»)	ELT-01: ELECTRONICS TECHNOLOGY («Электронные технологии»)	ELT-02: BEYOND SCALING TECHNOLOGY («За пределами технологий масштабирования изделий ЭКБ»)	MT-15: MIXED TECHNOLOGY INTEGRATION («Интеграция гибридных (комбинированных) технологий»)	MT-16: BEYOND SCALING ADVANCED TECHNOLOGIES («За пределами перспективных технологий масштабирования изделий ЭКБ»)		
Размер финансирования по годам, млн долл.	2023	4,7	68,9	105,2	422,7	33,8	209,3	844,6
	2024	12,8	52,0	120,8	451,8	47,8	206,2	891,4
	2025	4,8	55,4	88,9	484,3	24,6	233,2	891,2
	2026	5,4	48,6	107,3	420,6	30,0	238,6	850,5
	2027	6,1	53,6	114,3	410,7	31,7	242,1	858,5
	2028	6,5	55,6	120,8	437,2	33,5	221,6	875,2
	2029	6,7	53,7	125,1	442,9	34,7	226,4	889,5

– ПЭ 0602716E ELECTRONICS TECHNOLOGY («Электронные технологии»), включающий два прикладных исследовательских проекта: ELT-01: ELECTRONICS TECHNOLOGY («Электронные технологии») и ELT-02: BEYOND SCALING TECHNOLOGY («За пределами технологий масштабирования изделий ЭКБ»);

– ПЭ 0603739E ADVANCED ELECTRONICS TECHNOLOGIES («Перспективные электронные технологии»), включающий два технологических исследовательских проекта: MT-15: MIXED TECHNOLOGY INTEGRATION («Интеграция гибридных (комбинированных) технологий») и MT-16: BEYOND SCALING ADVANCED TECHNOLOGIES («За пределами перспективных технологий масштабирования изделий ЭКБ»).

Еще одним немаловажным программным элементом является ПЭ 0602715E MATERIALS AND BIOLOGICAL TECHNOLOGY «Материалы и биотехнологии» (в табл. 1 этот программный элемент не указан), в рамках которого есть прикладной исследовательский проект (подпрограмма) MBT-01: MATERIALS PROCESSING TECHNOLOGY («Технология обработки материалов»), содержащий исследовательское направление Materials for Extreme Environments («Материалы для экстремальных условий»). Данное широкое направление, среди прочих¹, включает разработку микроэлектроники, устойчивой к радиации и воздействию электромагнитных импульсов для космических аппаратов. Ежегодное финансирование междисциплинарного (в разрезе всех видов вооруженных сил США) исследовательского направления «Материалы для экстремальных условий» в среднем составляет 65–70 млн долл.

Краткая характеристика исследовательских проектов вышеуказанных программных элементов представлена ниже.

Проект ES-01: ELECTRONIC SCIENCES («Исследования в области микроэлектроники») направлен на проведение фундаментальных (базовых) исследований электронных и оптоэлектронных устройств, схем и концепций обработки ими информации в режиме, близком к реальному времени. Основные области исследований включают: аналоговые и смешанные сигналы; фотонные схемы для связи и других приложений; интегрированную фотонику (разработку компактного фотонного интегрированного чипа для обеспечения лучшей точности PNT – координатно-временного и навигационного обеспечения (КВНО), а также обеспечение снижения зависимости ВВСТ от сбоя или подавления системы GPS); альтернативные компьютерные архитектуры; магнитные компоненты для уменьшения массогабаритных характеристик электромагнитных и сенсорных систем; новые подходы к нанометровым структурам и устройствам. Конечная цель проекта – снижение стоимости и повышение производительности электронных и оптоэлектронных военных систем.

Проект ELT-01: ELECTRONICS TECHNOLOGY («Электронные технологии») направлен на проведение прикладных исследований в области:

– непрерывного развития передовой микроэлектроники, квантовой электроники, фотоники и изделий ЭКБ, включая электронные и оптоэлектронные устройства, и микроэлектромеханические системы (разработки источников оптического и радиочастотного излучения, радиочастотных фильтров, выпрямителей и диодов, высокопроизводительных радиочастотных переключателей, высокомошных радиочастотных усилителей, компактных вакуумных усилителей мощности, радиочастотных устройств защиты от перенапряжений, высоковольтных силовых выключателей, высокотемпературных электронных компонентов, ультрафиолетовых лазерных диодов (лазерных диодов, излучающих в части спектра «глубокого» ультрафиолета), нового поколения компактных и сверхбыстрых лазеров повышенной мощности, и другой ЭКБ);

¹ Также в рамках направления «Материалы для экстремальных условий» исследуются и разрабатываются высокотемпературные (жаропрочные) материалы для гиперзвуковых платформ; коррозионностойкие покрытия и материалы; активные и пассивные методы охлаждения поверхностей ВВСТ, наиболее часто подверженных перегреву; магнитные и сверхпроводящие материалы для передовых силовых установок.

- проектирования и производства полупроводниковых электронных компонентов (ПЭК), разработки новых материалов и структур материалов для создания ПЭК (например, сверхширокозонных полупроводниковых материалов);

- разработки более чувствительных и надежных современных датчиков (например, средств КВНО при отсутствии сигналов GPS, маломощных инфракрасных датчиков и нейроморфных камер для обнаружения быстро движущихся малозаметных целей);

- разработки изогнутых (криволинейных) антенных решеток в фокальной плоскости для широкоугольных разведывательных камер и обеспечения машинного зрения (программа Focal Arrays for Curved Infrared Imagers – FOCII);

- разработки технологии интеллектуальной фильтрации и подавления максимально возможного спектра помех (включая собственные помехи) для защиты широкополосных цифровых приемников сигналов (программа Wideband Adaptive RF Protection – WARP);

- развития технологий квантовой электроники, разработки квантовых датчиков визуализации, квантовых радиочастотных антенн, квантовых гравитационных и магнитных датчиков, квантовых инерциальных датчиков и т. п.;

- разработки новых систем радиоприемников и антенн, использующих квантовые датчики в качестве приемных элементов, состоящих из паровых ячеек с атомами в высоковозбужденных «ридберговских» состояниях (программа Quantum Apertures, цель – создание приемной системы, включающей фазочувствительную матрицу квантовых приемных элементов);

- развития методов производства недорогих высокопроизводительных устройств и датчиков;

- улучшения массогабаритных и эксплуатационных характеристик электронных систем (улучшение показателя SWaP²).

Например, в области развития нелинейной интегральной фотоники можно выделить такие направления, как перевод опорной радиочастотной генерации на интегрированные фотонные системы с целью снижения зависимости от внешних условий (от влияния постороннего радиоизлучения); разработку маломощных, компактных и устойчивых к изменению частоты интегрированных фотонных систем, способных обеспечить выходной сигнал в диапазоне 1–40 ГГц; развитие передовых методов, обеспечивающих еще более низкий фазовый шум или сверхширокую перестраиваемость для создания будущих архитектур радиочастотных генераторов.

Особое внимание в рамках проекта DARPA «Электронные технологии» уделяется проектированию и изготовлению ПЭК и изделий ЭКБ в соответствии с техническими требованиями заказчика (прежде всего, Минобороны США), использованию усовершенствованных технологий производства для создания недорогих высокопроизводительных датчиков и сенсоров для передовых ВВСТ.

Конечная цель проекта ELT-01: ELECTRONICS TECHNOLOGY («Электронные технологии») – повышение эффективности вооружений, скорости обработки больших цифровых массивов информации (полученных разведданных) и возможностей разведывательной военной техники, обеспечение 360-градусной ситуационной осведомленности, подавляющего информационного превосходства сил и средств в целом, а также развитие технологий поиска, дальнего наведения, пассивного сопровождения целей и пассивного самонаведения управляемых ракет.

Проект ELT-02: BEYOND SCALING TECHNOLOGY («За пределами технологий масштабирования изделий ЭКБ») направлен на проведение прикладных исследований в области дальнейшего масштабирования и повышения производительности электроники в «пост-

² Показатель SWaP (от англ. «Size, Weight and Power») – габариты, масса и энергопотребление – основные характеристики электронных систем.

КМОП³»-эру (выход за рамки традиционного геометрического масштабирования полупроводниковых технологий в соответствии с законом Мура) за счет применения новых концепций специализации интегральных схем и трехмерной гетерогенной интеграции (3D-интеграции) новых приборов и изделий ЭКБ. Согласно Международным маршрутным картам развития приборов и систем 2023–2024 годов (International Roadmap for Devices and Systems – IRDS), зарубежными специалистами выделяются несколько направлений развития микроэлектроники, в числе которых и миниатюризация (но иными методами), и расширение возможностей интегральных микросхем, и применение новых технологий изготовления чипов [2]. По мнению зарубежных экспертов, к 2025 году завершилось традиционное масштабирование полупроводниковых технологий. Следующая крупная волна инноваций в области микроэлектроники будет включать в себя интеграцию разнородных материалов, устройств и схем для создания тесно связанной трехмерной микроэлектроники с производительностью, превышающей возможности современного монолитного подхода. Прогнозируется, что на смену КМОП-технологии и приборам придет большое количество новых типов приборов, а развитие технологий этажирования и системных инноваций обеспечит дальнейший рост вычислительной мощности, снижение потребляемой мощности и стоимости полупроводниковых приборов. Именно на эту область исследований и разработок ЭКБ рассчитаны прикладной проект ELT-02: BEYOND SCALING TECHNOLOGY («За пределами технологий масштабирования изделий ЭКБ») и технологический проект MT-16: BEYOND SCALING ADVANCED TECHNOLOGIES («За пределами перспективных технологий масштабирования изделий ЭКБ»). Успешная реализация ряда НИОКР по данным проектам позволит значительно упростить разработку, производство и модернизацию критически важной специализированной микроэлектроники, в том числе радиационно-стойкой, для нужд Минобороны США. Стоит подчеркнуть, что доля финансирования прикладных исследований и разработок в рамках исследовательского проекта ELT-02: BEYOND SCALING TECHNOLOGY («За пределами технологий масштабирования изделий ЭКБ») на ближайшие пять лет (с 2025 по 2029 год включительно) составляет около 48–54 % ежегодного уровня ассигнований, выделяемых Управлением DARPA в области создания перспективных образцов и изделий ЭКБ военного и двойного назначения.

Проект ELT-02: BEYOND SCALING TECHNOLOGY («За пределами технологий масштабирования изделий ЭКБ») направлен на проведение следующих основных прикладных исследований:

- моделирование и разработку полупроводниковых компонентов экстремальной электроники (с учетом воздействия радиации и температуры);
- разработку электронных схем в диапазоне криогенных температур (программа Low Temperature Logic Technology – LTLT);
- повышение производительности и мощности низкотемпературной электроники;
- развитие помехоподавляющих радиочастотных и микроволновых технологий для приемо-передающих модулей АФАР (разработка нового класса высокочастотных фильтров с низкими потерями и высокой мощностью) – программа COmpact Front-end Filters at the ElEment-level (COFFEE);
- разработку технологий производства и интеграции для создания компактной, высокопроизводительной радиочастотной и микроволновой электроники, которая позволит использовать системы связи и датчики на частотах G-диапазона (110–300 ГГц, особенно в диапазоне выше 200 ГГц) – программа ELectronics for G-band ARrays (ELGAR);
- совершенствование технологий разработки и производства кремниевых сверхбольших интегральных схем и полупроводниковых приборов, сверхвысокочастотных монолитных интегральных схем и полупроводниковых приборов на A3B5 (AIII BV);

³ Технология построения электронных схем на комплементарной структуре металл-оксид-полупроводник (от англ. «CMOS – complementary metal-oxide-semiconductor»).

- обеспечение реализации квантовых алгоритмов в новых вычислительных архитектурах для эффективного решения сложных задач оптимизации (программа Quantum Inspired Classical Computing – QuICC);

- разработку масштабируемого широкополосного коррелятора, который может одновременно достигать современного динамического диапазона цифрового коррелятора с энергоэффективностью, обеспечиваемой аналоговой электроникой (программа Massive Cross Correlation – MAX);

- разработку усовершенствованной радиационно-стойкой энергонезависимой памяти для космических и стратегических систем военного назначения (программа Robust Electronics for Radiative Environments – RE2);

- разработку технологии теплоотвода в электронике на уровне устройства (преодоление тепловых ограничений транзисторов, функционирующих вблизи их фундаментального электронного предела выходной мощности; применение в радиочастотных передатчиках (систем РЛС, связи и РЭБ) мощных широкозонных транзисторов на основе нитрида галлия (GaN), которые обеспечивают пятикратное улучшение выходной мощности по сравнению с устаревшей технологией устройств на арсенид-галлиевых транзисторах; разработка новых топологий транзисторов и использование последних достижений в интеграции двух- и трехмерных структур охлаждения и материалов с высокой теплопроводностью, таких как алмаз);

- программа Technologies for Heat Removal in Electronics At the Device Scale (THREADS);

- создание новых программных инструментов проектирования, разработки и производства новых (прототипов) кремниевых и некремниевых трехмерных гетерогенно-интегрированных (3DHI) микросистем (программа Next Generation Microelectronics Manufacturing – NGMM);

- разработку новых методов и компонентов отвода тепла для высокопроизводительных трехмерных гетерогенно-интегрированных (3DHI) микросистем;

- обеспечение новых производственных подходов, включая проектирование, изготовление элементов, упаковку, сборку, тестирование изделий и безопасность производства, при создании микроэлектроники 3DHI нового поколения (программа Next Generation Microelectronics – Advanced Manufacturing Approaches for three-dimensional heterogeneous integration);

- разработку высокоэффективных радиационно-стойких высоковольтных переключателей (транзисторов) с высокими характеристиками и малыми размерами для создания компактных преобразователей мощности в точке нагрузки (POL-модулей) с высоким коэффициентом преобразования для космических приложений (в частности, для построения простой и эффективной системы электропитания устройств низкоорбитальных космических аппаратов) – программа Space Power Conversion Electronics – SPCE;

- разработку новой массивно-параллельной архитектуры вычислительной системы со сверхнизким энергопотреблением (программа NanoWatt Platforms for Sensing, Analysis, and Computation – NaPSAC);

- разработку высокопроизводительных процессоров потоковой обработки данных, которые изменяют свое программирование в наносекундных временных масштабах для обнаружения новых и сложных радиочастотных сигналов (разработка реконфигурируемых локально-связанных процессорных массивов для широкополосных систем обнаружения целей в режиме реального времени) – программа Processor Reconfiguration for Wideband Sensing Systems (PROWESS);

- разработку компактных и сверхмалошумящих оптоэлектронных детекторных модулей (программа Intensity-Squeezed Photonic Integration for Revolutionary Detectors – INSPIRED);

- разработку высокотемпературной микроэлектроники, способной функционировать при температуре до 800 °C (программа High Operational Temperature Sensors – HOTS);

- обеспечение аддитивного производства микроэлектроники, используя селективный синтез материалов и 3D-моделирование электронных компонентов для создания нового класса микросистем (программа Additive Manufacturing of MicrosystEms – AMME);

- разработку интеллектуальных программных решений, средств и методов выявления киберуязвимостей в программном обеспечении защищенных вычислительных платформ (программа Intelligent Generation of Tools for Security – INGOTS);

- создание нового процесса литейного производства для интегрированной лазерной фотоники на кремнии (интеграция лазерного источника света в чип на основе кремния) – программа Lasers for Universal Microscale Optical Systems (LUMOS);

- разработку автоматизированных технологий сокращения времени проектирования, оптимизации производительности и минимизации мощности (энергопотребления) при производстве специализированных интегральных схем (ASIC) – программа Structured Array Hardware for Automatically Realized Applications (SAHARA).

Далее следуют два исследовательских проекта – MT-15: MIXED TECHNOLOGY INTEGRATION («Интеграция гибридных (комбинированных) технологий») и MT-16: BEYOND SCALING ADVANCED TECHNOLOGIES («За пределами перспективных технологий масштабирования изделий ЭКБ»), – относящиеся к категории технологических (перспективных) разработок в рамках программного элемента (НИОКТР) ПЭ 0603739E ADVANCED ELECTRONICS TECHNOLOGIES («Перспективные электронные технологии»). Стоит отметить, что исследования и разработки, относящиеся к категории технологических (перспективных), носят двойкий характер и подразделяются на две подкатегории: «разработки перспективных технологий» и «демонстрации и оценки».

Работы, выполняемые в рамках первой подкатегории (разработки перспективных технологий), включают в себя:

- собственно разработки перспективных военно-ориентированных технологий;

- демонстрации перспективных технологий, реализуемые министерствами видов вооруженных сил и центральными управлениями МО США программы оценки степени отработанности технологий, способных повысить боевые возможности войск и/или экономическую эффективность ВВСТ;

- демонстрации перспективных технологических концепций – ключевой элемент деятельности МО США по быстрому внедрению новых технологий и технических решений в перспективные и существующие системы ВВСТ, включающий в себя программы демонстрации потенциальных возможностей новых средств ведения вооруженной борьбы или их подсистем, созданных с использованием перспективных технологий.

Работы, выполняемые в рамках второй подкатегории (демонстрации и оценки), включают в себя:

- разработки и демонстрации перспективных технологий, ориентированных на применение в конкретных образцах вновь создаваемых ВВСТ;

- экспериментальные исследования, направленные на демонстрацию технических решений и подтверждение концепций создания прототипов элементов и подсистем образцов ВВСТ;

- экспериментальные исследования, проводимые на этапе конкурсного отбора потенциальных подрядчиков для реализации конкретной программы приобретения ВВСТ.

Так, проект MT-15: MIXED TECHNOLOGY INTEGRATION («Интеграция гибридных (комбинированных) технологий») направлен на проведение технологических исследований в области:

- уменьшения показателя SWaP для компонентов систем лазерного оружия, предназначенного для защиты воздушных платформ от новых ракет класса «земля-воздух»;

- разработки (демонстрации) интегрированных фотонно-электронных компонентов для средств КВНО при отсутствии сигналов GPS;

- разработки (демонстрации) гибких программно-определяемых цифровых камер анализа сложных изображений в реальном времени для предоставления более полезной информации;

— разработки и создания сверхширокополосной приемопередающей технологической платформы для демонстрации надежной, безопасной и защищенной линии связи военного назначения (включая разработку сверхширокополосной компактной антенны, входной защитной цепи радиочастотного тракта, комбинированных микросхем для обработки смешанных сигналов и т.п.) — программа Wideband Secured and Protected Emitter and Receiver (WiSPER);

— разработки и создания (демонстрации) компактного высокомоушного лазерного модуля в качестве ключевого элемента высокоэнергетического лазера (HEL) для комплексов лазерного оружия (LWS) следующего поколения различного назначения (для этого будут использоваться последние технологии и достижения в области производства ПЭК, фотонных интегральных схем, алгоритмов когерентного суммирования (сложения) лазерных пучков (технология спектрального совмещения лучей меньшей мощности в один высокоэнергетический луч), методов охлаждения полупроводниковых изделий и оптической литографии) — программа Modular Efficient Laser Technology (MELT).

В свою очередь, проект MT-16: BEYOND SCALING ADVANCED TECHNOLOGIES («За пределами перспективных технологий масштабирования изделий ЭКБ») направлен на проведение технологических исследований в области:

— изготовления (демонстрации) уникальных тестовых образцов микросистем следующего поколения с использованием широкого спектра устройств и материалов, интегрируя самые передовые технологии производства и сборки в области кремния, полупроводниковых соединений, фотоники, МЭМС и других передовых технологий микроэлектроники;

— разработки новой гетерогенной вычислительной платформы (архитектуры) для обработки больших массивов данных (обеспечение более чем десятикратного увеличения пропускной способности на чипе, развитие оборонных систем на основе программируемой логики) — программа Programmable Logic for Applications In Defense (PLAID);

— обеспечения надежных и безопасных внутренних цепочек поставок ПЭК для производства современных микросистем, включая определение наибольших потребностей, разработку методов надежной интеграции, сборки и упаковки электроники с передовыми фотонными и оптическими соединениями, разработку новых методов тестирования надежности сложных микросистем и т.п. (программа Supply Chain & Logistics in Electronic Technology);

— разработки смешанных ультрамасштабируемых интегральных схем (интеграция высокоскоростной и высокопроизводительной аналоговой и цифровой электроники, развитие технологий 5G/6G, разработка терагерцевых смешанных устройств следующего поколения) — программа Technologies for Mixed-mode Ultra Scaled Integrated Circuits (T-MUSIC);

— расширения возможностей микроэлектроники за счет тесной интеграции фотоники с передовой интегрированной электроникой, создания фотонных блоков экстремальной масштабируемости, разработки нового вида аппаратного обеспечения для искусственного интеллекта, который использует свет для обработки трехмерных данных (обеспечение выполнения сложных расчетов параллельно, используя разные длины волн и радиочастоты света; развитие (добавление измерений) параллелизма в интегрированных фотонно-электронных чипах) — программа Photonics in the Package for Extreme Scalability (PIPES).

Таким образом, анализ существующих проектов Управления DARPA в области создания передовых образцов и изделий ЭКБ военного и двойного назначения показал, что в интересах вооруженных сил США ведется разработка новейших электронных технологий, технологий микроэлектромеханических и интегральных микросистем, гибридных (комбинированных) технологий на базе интеграции кремниевых КМОП-структур, квантовой электроники, фотоники, МЭМС-устройств, сложных полупроводниковых материалов и других, а также технологий, позволяющих комплексировать электронные микросистемы различного назначения и размещать их в единой микросхеме, в том числе за счет применения новых концепций специализации интегральных схем и трехмерной гетерогенной интеграции

(3D-интеграции) новых приборов и изделий ЭКБ. НИОКТР в области создания ЭКБ военного и двойного назначения ведутся в рамках целого комплекса фундаментальных, прикладных и технологических исследований и разработок с целью повышения эффективности стоящих на вооружении и перспективных образцов ВВСТ, их возможностей по ведению разведки наземных и воздушных целей и информационного превосходства над высокотехнологичным противником. Кроме того, текущие исследовательские проекты DARPA нацелены на повышение эффективности функционирования радиолокационных систем, систем обнаружения, наведения и управления, систем радиоэлектронной борьбы и радиоэлектронной разведки различного типа базирования, лазерных систем, включая комплексы лазерного оружия, систем навигации, спутниковой и наземной связи, а также систем зондирования земли. Руководством Минобороны США ожидается, что реализация НИОКТР по проектам DARPA позволит существенно снизить стоимость и массогабаритные характеристики указанных систем, их энергопотребление, повысить характеристики систем обнаружения угроз, идентификации, распознавания и сопровождения целей днем и ночью в сложной метеорологической обстановке.

Статья опубликована при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках Государственного задания 2026 г. № 075-00705-26-02.

Список литературы (References)

1. Department of Defense Fiscal Year (FY) (2025) Budget Estimates. March 2024. Defense Advanced Research Projects Agency. Defense-Wide Justification Book Volume 1 of 5. Research, Development, Test & Evaluation, Defense-Wide. Available at: https://comptroller.defense.gov/Portals/45/Documents/defbudget/FY2025/budget_justification/pdfs/03_RDT_and_E/RDTE_Vol1_DARPA_MasterJustificationBook_PB_2025.pdf (date of access: 12.05.2025).
2. International Roadmap for Devices and Systems (IRDS) (2024). Edition. Available at: <https://irds.ieee.org/editions/2024> (date of access: 16.05.2025).