

# Взгляд на перспективы сверхширокополосной твердотельной радиоэлектроники из 2024 года

Г. Анцев д. т. н.<sup>1</sup>, В. Сарычев д. т. н.<sup>2</sup>

УДК 621.396 | ВАК 2.2.2

Направление, связанное с созданием сверхширокополосных (СШП) радиоэлектронных систем, в настоящее время можно оценить только как становящееся и непосредственно зависящее от задействуемой и постоянно меняющейся элементной базы. По этой причине, из-за такой текущей актуальности, в статье анализируется, по оценке авторов, успешный опыт разработки в АО «НПП «Радар ммс» СШП-радиолокаторов для грузовых автомобилей, в том числе беспилотных, в варианте сверхкороткоимпульсных (СКИ) радиоэлектронных систем.

Уже свыше 50 лет в радиолокации и радиосвязи наблюдается устойчивый интерес к сверхширокополосным (СШП) сигналам, в том числе к импульсным сигналам очень короткой (порядка нано- и пикосекунд) длительности (СКИ, сверхкороткие импульсы), которые, как правило, специально выделяют из множества СШП-сигналов. С использованием СШП-сигналов удалось реализовать информационные технологии, которые вообще не имеют конструктивных аналогов в рамках традиционных (узкополосных) подходов в радиоэлектронике. Важность данной проблематики подчеркивает тот факт, что сегодня любая конференция по радиосвязи и радиолокации обязательно заявляет о проблематике использования СШП-сигналов. То же самое можно сказать о проблематике конференций по электромагнитной совместимости и радиоэлектронной борьбе.

СШП-эра началась для многих радиоинженеров не только в нашей стране, но и во всем мире, с книг Х.Ф. Хармута, которые тут же после своего выхода в свет были переведены на русский язык несколькими ведущими нашими издательствами. Одна из них – «Применение методов теории информации в физике» – была к тому же крайне революционной, поскольку утверждала, что весь мир и все его физические сущности, в том числе пространство и время, по своей природе дискретны. Самое интересное, что для демонстрации такой неординарной точки зрения, оказывается, имеется

специальный математический аппарат и физический инструментарий.

Такая новая парадигма на радиоэлектронику сразу же привлекла на свою сторону первоклассных наших радиоинженеров и радиофизиков, таких как Л.Ю. Астанин, И.Я. Иммореев, Н.В. Зернов, М.И. Финкельштейн, А.А. Костылев, Л.Е. Варакин, А.Ю. Гринев, А.В. Ашихмин, В.Б. Авдеев и др. Деятельность первых двух ученых из этого перечня практически сразу же получила признание за рубежом, их публикации тех лет до сих пор имеют высокий индекс цитируемости, о них постоянно упоминается в авторитетных изданиях по СШП-радиолокации. Очень также помогла в становлении этого научного направления наша первоклассная отечественная дифракционная школа, в рамках которой, как оказалось, уже достаточно давно изучаются временные процессы, а также развивается такое направление математики, как теория рассеяния. Вообще говоря, отечественная деятельность по СШП-радиолокации сразу же вышла на международный уровень, в том числе благодаря налаживанию очень продуктивных взаимных связей в «досанкционные» годы.

Напомним, что под СШП-сигналами в практических приложениях сегодня принимаются сигналы, обладающие хотя бы одним из свойств:

- ширина спектра излучаемых сигналов  $f_B - f_H$ , где  $f_B$  – верхняя, а  $f_H$  – нижняя граничные частоты спектра по уровню  $-10$  дБ относительно максимального значения спектра не менее 500 МГц;
- введенный в обиход Л.Ю. Астаниным показатель широкополосности  $\mathcal{Ш}$  для таких сигналов удовлетворяет условию:

$$\mathcal{Ш} = \frac{f_B - f_H}{f_B + f_H} \geq 0,2,$$

<sup>1</sup> АО «НПП «Радар ммс», генеральный директор – генеральный конструктор.

<sup>2</sup> АО «НПП «Радар ммс», заместитель генерального конструктора, профессор, sarychev\_va@radar-mms.com.

где граничные частоты оцениваются также на уровне  $-10$  дБ.

В то же время в традиционной теории сигналов СШП-сигналами считаются сигналы, для которых выполняется условие  $(f_B - f_H) \gg 1/\tau$ , где  $\tau$  – длительность импульса.

Поскольку с течением времени широкополосности, заключенной в сигнале, требуется для радиоэлектронных систем все больше, то целесообразно на соответствующем показателе **Ш** задать лингвистическую (размытую, нечеткую) переменную (функцию принадлежности) относительно высказываний о широкополосности сигналов, которая может с течением времени корректироваться. Сегодня существуют системы, использующие СШП-сигналы с **Ш**-0,8.

Здесь вполне закономерен вопрос – а зачем вообще переходить к технологиям СШП-радиолокации, тем более что большинство из них есть по существу прогнозируемое наращивание возможностей узкополосной радиолокации на основе хорошо освоенного расширения спектра радиолокационного сигнала? Основных причин здесь несколько.

1. На сегодняшний день возможности узкополосной радиолокации по существу исчерпаны. С этой тенденцией вполне согласна влиятельная научная школа члена-корреспондента РАН В.С. Вербы, которая связывает будущее радиолокации с многопозиционными технологиями. Они обеспечивают помехозащищенность, «пробивание» Stealth-покрытий, оценку полного вектора скорости, многоракурсное наблюдение, вариабельность характеристик организуемого радиолокационного поля, использование возможностей скрытной радиолокации, когда используются зондирующие сигналы широкополосных передатчиков, и т.д. Все эти технологии допускают использование СШП-сигналов.
2. Узкополосная радиолокация обеспечивает наблюдение укрытых объектов только в своей длинноволновой ипостаси, что вызывает серьезные трудности при создании соответствующих бортовых авиационных систем. СШП-сигналы проникают вглубь тех сред, которые ранее считались «радиолокационно-непроходимыми», а значит, они способны «доставать» укрытые, глубинные и замаскированные цели. Это обстоятельство породило так называемую подземную радиолокацию или георадиолокацию.
3. Качественное распознавание целей так или иначе связано с оценкой формы и материала соответствующих объектов, причем в реальном времени (мгновенное распознавание). Теория дифракции (рассеяния) здесь приоритет отдает при решении так называемых обратных задач именно временным методам, воплощение которых основано на использовании СКИ-сигналов.
4. СШП-технологии по своей сути родственны цифровым технологиям, с проникновением которых

в радиолокацию связывается ее прогресс практически по всем магистральным направлениям. Неслучайно уже давно стал популярным термин «цифровая радиолокация». Применение СШП-сигналов практически полностью уничтожает аналоговую часть радиолокационного тракта, чего не достичь в узкополосной, пусть и цифровой, радиолокации.

5. Интерес к СКИ-радиолокации подогревается еще тем, что мощными СКИ-сигналами осуществляется в рамках РЭБ функциональное подавление или даже поражение радиоэлектронных средств, в том числе радиолокационных. Отсюда – новый взгляд на проблему радиоэлектронного обеспечения группировки боевых средств и тактики ее функционирования (радиолокатор своим излучением, в принципе, способен подавлять и поражать другие, в том числе, свои радиосистемы).
6. В настоящее время широко уже используются системы радиосвязи, где в качестве несущего используется импульсный сигнал, например, в виде вырезки из синусоиды только одного периода. По принятой терминологии в электросвязи такие СШП-системы относятся к классу систем с шумоподобными сигналами, несмотря на то, что такой импульс ни в коей мере не подобен шуму. В таких системах обеспечивается удлинение битового интервала против минимально возможного при заданной полосе частот. По отношению к импульсным системам это выглядит как редко следующие импульсы с уникальным законом изменения расстояния между импульсами для каждого из абонентов коллективного доступа к эфирному пространству. Такой тип модуляции иногда называют модуляцией с «прыгающими во времени» импульсами. СШП-системы радиосвязи, обслуживающие групповые действия, могут не использовать фиксированную частоту, а передавать информацию короткими импульсами на нескольких частотах спектра. Такая технология радиосвязи обеспечивает потребление значительно меньшей энергии, нежели традиционные системы беспроводной передачи данных, что позволяет в значительной степени миниатюризировать применяемые модули радиосвязи. Важно отметить, что те же СШП-сигналы могут быть задействованы и в радиолокации с соответствующими аппаратно-программными «наворотами».

Сегодня можно говорить о следующих четырех основных типах СШП-сигналов: СКИ-радиоимпульс, протяженный радиоимпульс с внутриимпульсной модуляцией, СКИ-видеоимпульс, многочастотные сигналы с последовательным и параллельным синтезом спектра. Второй и четвертый типы являются результатом развития ставших традиционными для сегодняшнего дня направлений, связанных с расширением спектра и использованием



**Рис. 1.** Мобильная экспериментальная лаборатория SKI РЛС

пачек узкополосных сигналов, занимающих в совокупности широкий частотный диапазон (межпериодное расширение спектра). Здесь все достижения есть результат развития хорошо развитых радиолокационных технологий. А вот первый и третий типы сигналов обладают свойствами, которых нет у их узкополосных аналогов.

Можно следующим образом определить преимущества СШП-систем с импульсными сигналами (СКИ-систем):

- малая спектральная плотность мощности у применяемых сигналов, поскольку их энергия получается «размазанной» на значительном интервале частот, что приводит к весьма малой мощности в каждом из узких частотных диапазонов, используемых традиционными (узкополосными) радиоэлектронными системами. Появляется возможность вторичного использования уже занятых частотных диапазонов без существенных помех классическим радиоэлектронным системам. Важно отметить, что синусоидальные сигналы различных частот, используемые в обычных системах связи, и сигналы, используемые импульсными системами, не являются взаимно ортогональными в строгом смысле этого слова. Это стало еще одной причиной гарантии высокой скрытности СКИ радиолокационных систем;
- высокая устойчивость к поражению сигнала в отдельных частотных диапазонах. Здесь гарантируется устойчивость к частотно-селективным затуханиям сигнала, вызванным, например, интерференцией, а также к естественным или намеренно создаваемым узкополосными помехами другим сигналам. В случае использования СКИ отсутствуют интерференционные точки замирания в сложной окружающей обстановке. Указанные СКИ-сигналы

обеспечивают наименьшее затухание используемых в радиоэлектронике сигналов при прохождении сквозь препятствия (листва, стены и т.п.), возможность использования малых по своим массогабаритным характеристикам антенн, передатчиков и приемников, а также построение систем на основе сборки стандартных модулей;

- еще более важным, особенно в долгосрочной перспективе, является отказ от популярной частотной фильтрации (в которой последние 30 лет наблюдается медленный прогресс), в том числе и для радиолокационных систем, и переход к чисто цифровой технике (которая развивается экспоненциально в соответствии с законом Мура);
- структура импульсного трансивера со СКИ-импульсами получается проще, чем классические приемопередатчики. Используемое при обеспечении электромагнитной совместимости кодовое разделение каналов (CDMA) является в данном случае «врожденным» свойством. СКИ радиолокационные системы (РЛС) обычно используют импульсы, пространственная протяженность которых меньше размера цели.

Повышение скрытности, устойчивости к помехам, включая многолучевое распространение, в системах связи сопровождается расширением спектра излучения. Предельный случай развития этой тенденции – это СШП-связь, когда ширина спектра близка к частоте несущей – «импульсное радио». Импульсное радио обеспечивает закрытость канала связи, скрывая факт наличия связи, а также возможно точное определение положения передатчика при использовании нескольких приемных антенн, разнесенных на небольшое расстояние.

В мобильной экспериментальной лаборатории (МЭЛ) АО «НПП «Радар ммс» (рис. 1) размещена аппаратура SKI РЛС, которая позиционируется как система помощи водителю автомобиля по распознаванию и предупреждению развития опасных ситуаций на дорогах. Она обеспечивает контроль скорости участников дорожного движения относительно собственной скорости движения автотранспортного средства и подходит для установки на грузовые и большегрузные автомобили, карьерную автотехнику, в том числе для работы в беспилотном режиме, а также для работы в Арктике в условиях снежных буранов и сильного обледенения. СКИ РЛС определяет порог опасного сближения с попутным транспортным средством, производит выделение движущихся малоразмерных объектов, в том числе пешеходов. Система незаменима в условиях нулевой видимости (снег, буран, ливень), в условиях развития чрезвычайных ситуаций – поиск и обнаружение заметенных дорожных маркеров, обездвиженных транспортных средств, поиск и обнаружение людей.

Задействуемые СКИ-сигналы занимают широкую полосу частот до 6 ГГц. В пределах этой полосы частот может быть

выбран рабочий диапазон частот, обеспечивающий требуемые характеристики РЛС и в то же время удовлетворяющий требованиям Государственной комиссии по радиочастотам – по использованию полосы радиочастот СШП беспроводными устройствами. Мощность излучения автомобильной СКИ РЛС составляет единицы микроватт, а спектральная плотность может не превышать допустимых значений  $-57$  дБм/МГц для СШП беспроводных устройств малого радиуса действия. Несмотря на столь малые уровни излучения передатчиков, СКИ РЛС обеспечивает обнаружение радиолокационно-контрастных объектов на дистанции от 200 м и более. Такие характеристики РЛС получают благодаря когерентному накоплению СКИ-сигналов.

Вид экрана автомобильной РЛС приведен на рис. 2. На ее дисплее формируется изображение местности перед автомобилем в виде радиолокационно-контрастных отметок как стационарных объектов, так и в движении. Автомобильная СКИ РЛС позволяет вести доплеровскую селекцию радиолокационно-контрастных объектов в движении, определять скорость объекта и направление движения на приближение или удаление. Она обеспечивает высокое разрешение радиолокационно-контрастных объектов по дальности – разрешение по дальности составляет величину не более 1 м, из-за чего большинство реальных участников дорожного движения представляют собой групповую цель с индивидуальной сигнатурой радиолокационного сигнала.

Антенная система СКИ РЛС представляет собой две антенны – передающую и приемную. Она выполнена в виде антенных решеток: 4-элементной передающей и 8-элементной приемной, и ее антенные элементы имеют разные размеры. В качестве элементов антенной решетки выбраны СКИ-излучатели линейной вертикальной поляризации. Отметим, что предприятие АО «НПП «Радар ммс» владеет технологиями формирования СШП-сигналов (в том числе и СКИ-сигналов) любой поляризации.

Программа управления и обработки данных выставляет фронт волны излучения передающей антенной решетки на заданный угол, формирует электрическую задержку фронта волны передающей антенной решетки относительно положения коммутатора приемной антенной решетки, производит накопление радиолокационной информации и синтезирование апертуры приемной антенной решетки в заданном направлении. Антенные элементы передающей и приемной решеток могут быть расположены на любой поверхности, а синтез апертуры антенной системы РЛС может осуществляться с учетом реальных задержек возбуждения антенных элементов и формирования антенного луча в заданном направлении. Таким образом, была продемонстрирована конструктивная реализуемость СКИ-технологий. Все радиоэлектронные средства МЭЛ работали без сбоев, изображения получались четкими и воспроизводимыми при повторных экспериментах.

На рис. 3 представлена АФАР круговой поляризации, предназначенная для работы в составе излучающих СКИ-систем. Данная система обладает большей эффективностью (по крайней мере, на порядок выше) по всем параметрам по сравнению с классическими рупорными системами.

СКИ-технологии обеспечивают высокую детальность наблюдаемой окружающей обстановки из-за высокого разрешения и возможности специальными несинусоидальными сигналами «высвечивать» характер покрытия у объекта наблюдения. Даже если радиосредства являются традиционными (узкополосными), то сейчас становятся все более популярными технологии настройки, испытаний и эксплуатации таких средств, базирующиеся на применении СКИ-сигналов для оценки их состояния, а также типа импульсных передаточных характеристик.

Следует особенно подчеркнуть, что в случае применения СКИ-систем, противодействовать им можно только с помощью систем СКИ-радиоэлектроники. Поэтому развитие систем РЭБ и электронного противодействия, базирующихся на технологиях СКИ-радиоэлектроники, является необходимым не только как альтернатива традиционным методам радиопротиводействия, но и как единственный возможный метод организации эффективной РЭБ.

Однако необходимо отметить ряд принципиальных недостатков, препятствующих широкому использованию СКИ в радиолокации:

- более жесткие требования к выполнению норм по электромагнитной совместимости;
- необходимость разработки специализированных СКИ-модулей приема и обработки сверхкоротких импульсов, хотя бы во входных цепях;
- повышенные требования к вычислительной производительности бортовых процессоров;



Рис. 2. Вид дисплея автомобильной СКИ РЛС

- необходимость разработки мощных передающих устройств и приемников СКИ сигналов, следующих с высокой частотой повторения.

Можно перечислить следующие основные режимы работы радиолокационных СКИ-систем: всепогодный мониторинг воздушного, наземного и морского пространства; высокоточные измерения координат различных объектов с высоким разрешением в условиях группового применения; распознавание вплоть до типа целей; подповерхностный мониторинг; обнаружение наземных целей, скрытых в лесных массивах; работа на сверхмалых дальностях, в том числе и при предотвращении различных коллизий; преодоление Stealth-технологий; СВЧ-оружие.

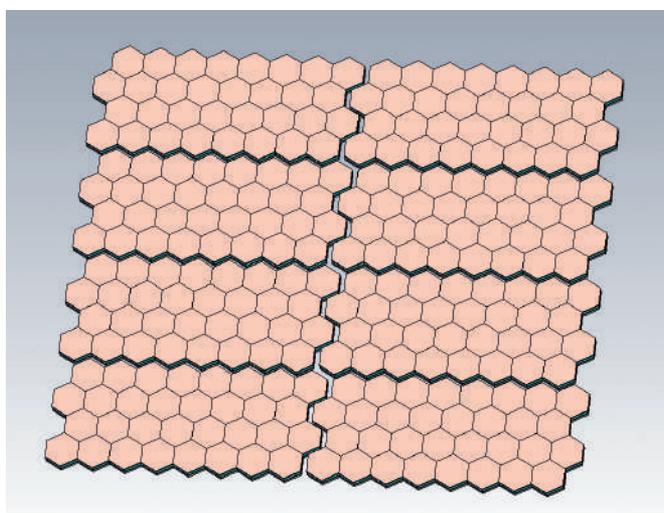
В последние годы развивается такое направление обеспечения скрытности, как использование стеганографических информационных технологий, которые условно можно отнести к маскировке на уровне информационной скрытности. Стеганографическая защита для информационных средств может обеспечиваться несколькими способами: а) по сигнальным полям естественного и «чужих» искусственного происхождения; б) маскировкой работ своих средств под другие (лучше, если ширококвотельные); в) вынесением источников поля из зоны боевых действий (разнообразные подсветки); г) унификацией используемых сигналов для разнообразных радиосредств; д) использованием технологии терминальных программ. Способы б) и в) сегодня все чаще комбинируются, когда в качестве подсветки используются сигналы ширококвотельных систем.

Унификация по работающим радиосредствам интенсивно сейчас прорабатывается в рамках SDR-технологий (программируемого радио), базирующихся на использовании СКИ-сигналов, которые могут соответствовать радиосредствам, значительно различающимся по своему

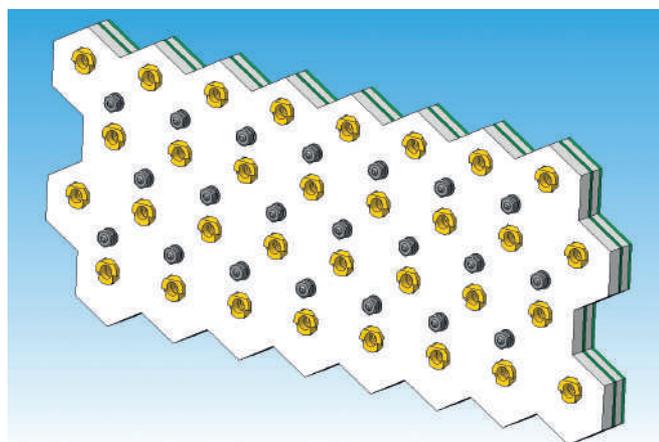
функциональному и целевому назначению. Применительно к РЛС реализуются СКИ аппаратные средства стеганографической защиты. Информация может встраиваться в пространственную, временную, частотную, поляризационную и кодовую структуру сигналов и данных (точнее заданной области или фрагмента сигналов и данных).

Разработанные в рамках стеганографической радиоэлектроники системы и устройства, а также соответствующие организационно-технические мероприятия позволяют совершенно по-иному обеспечивать электромагнитную совместимость, скрытность работы, маскировку и принципиально новые принципы функционирования радиосредств. Разрозненные усилия в этой области сегодня все чаще предпринимаются, причем с обнадеживающими результатами – использование связной станции в качестве передатчика для РЛС, а спутниковых систем как передатчиков многопозиционных РЛС, предложения по развертыванию сети обнаружения объектов в зоне ответственности, многофункциональное использование одних и тех же СШП-сигналов и др.

Здесь же уместно сказать о стеганографической возможности комплексирования систем РЭБ с информационными средствами иного функционального назначения. Например, различные средства РЭБ могут использоваться для решения задач навигации, связи, управления оружием и т.д., в том числе, с привлечением SDR-технологий (технологии программируемого радио). В свою очередь



Антенна СШП. Сборка



Антенна СШП



Антенная система СШП (подрешетка)

**Рис. 3.**  
Антенная система СКИ приемопределяющего модуля



# ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ МИКРО- ЭЛЕКТРОНИКИ



Разработка и производство  
технологического оборудования



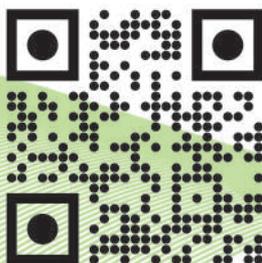
Разработка и внедрение современ-  
ных технологий



Поставка зарубежного оборудо-  
вания и комплексных технологий



Модернизация сервисное  
обслуживание технологического  
оборудования



## Установки плазмохимического травления

Производство оборудо-  
вания для плазмохимиче-  
ского травление критиче-  
ских слоёв материалов в  
полупроводниковых  
производствах СБИС  
уровня 65–28 нм



## Установки вакуумного напыления

Производство установок  
нанесения тонких плёнок  
методом магнетронного,  
ионно-лучевого распыле-  
ния и термического  
испарения



## Зарубежное оборудование

Официальный дилер  
производителей специ-  
ального полупроводнико-  
вого оборудования и  
установок для обработки  
полупроводниковых  
материалов

ряд информационных систем может привлекаться для решения задач РЭБ. Например, АФАР и СКИ-передатчики РЛС могут применяться для РЭБ, а при нанесении удара РЭБ-передатчики могут использоваться для наращивания энергетического потенциала радиолокационных каналов, в том числе с организацией подсвета, или решения задач управления оружием. Поскольку СКИ-сигналы используются в радиолокационных системах, системах радиосвязи, радионавигации и РЭБ, то это обстоятельство создает мощную основу для применения технологий стеганографической защиты.

Для радиоэлектронного (функционального) подавления методы, использующие СКИ-сигналы, открывают принципиально новые возможности из-за следующих причин:

- СКИ импульсное излучение имеет существенно большую проникающую способность, чем любые другие типы радиосигналов, в том числе и сквозь покрытия, выполненные по технологии Stealth;
- большие уровни импульсной мощности позволяют наводить СКИ-сигналы, соизмеримые с сигналами внутренней синхронизации «умных» систем, и осуществлять непосредственное воздействие на «мозг» системы, вызывая серьезные нарушения в ее работе;
- «распределенные» мощные системы РЭБ и электронного подавления, фактически импульсные аналоги многоэлементных фазированных СВЧ-решеток, позволяют концентрировать во времени и пространстве слабые парциальные электромагнитные воздействия;
- в рамках технологии SDR происходит унификация функционирования средств, базирующаяся на использовании СКИ-сигналов;
- практически отсутствуют мертвая зона и боковые лепестки у автокорреляционной функции зондирующего сигнала;
- допускается задействование импульсных сигналов с высокой (например, мегагерцовой) частотой повторения с соответствующей «пачечной» ее вобуляцией;
- информационные платформы СКИ-систем могут быть подавлены только СКИ-системами РЭБ, то есть имеют гарантированную радиоэлектронную защиту.

Практическая реализация СКИ-систем возможна только после достижения соответствующего уровня развития следующих технологий: генерация мощных СКИ-сигналов с неограниченным ресурсом ( $>10^{10}$  импульсов) с высокой стабильностью и большой частотой повторения, передача и излучение таких импульсов непосредственно в пространство – СШП волноводная антенная техника, скоростная цифровая обработка больших массивов информации.

В основу простой и недорогой технологии создания генераторов СКИ-сигналов положены разработанные компаниями АО «НПП «Радар ммс» и ООО «Импульсные системы» новые типы полупроводниковых приборов

(диодов, транзисторов): дрейфовые диоды с резким восстановлением, дрейфовые транзисторы с резким восстановлением, дрейфовые тиристоры с резким восстановлением, динисторы, диодные и триодные обострители на задержанной ионизации. Каждый из этих приборов имеет свои области эффективного применения. Была разработана эффективная технология повышения напряжения путем сборки приборов в «стопку». При этом в случае двухэлектродных приборов эта сборка выглядит для пользователя как один, также двухэлектродный прибор большей толщины. К настоящему времени достигнуты уровни напряжения, близкие к 100 кВ и фронтах  $<1$  нс (пиковые мощности до 100 МВт). При фронтах  $\sim 100$  пс достигнуты напряжения  $\sim 20$  кВ (пиковые мощности более 10 МВт) при практически неограниченном ресурсе и малом джиттере.

Для излучения СКИ необходимы излучатели с резко выраженным фазовым центром. Наиболее полно этому требованию отвечают ТЕМ-рупорные излучатели. Однако согласование ТЕМ-рупора с коаксиальной линией неизбежно приводит к формированию решеток рупорных излучателей. В АО «НПП «Радар ммс» созданы решетки, где согласование генератора СКИ с решеткой ТЕМ-рупоров обеспечивается с помощью полосковых делителей мощности. При этом потенциал радиосистемы возрастает за счет увеличения коэффициента усиления антенной решетки, что позволяет при дешевых и маломощных генераторах достигать значительных уровней мощности. Система синхронизации осуществляет уверенное управление диаграммой направленности решетки. Достижимая частота повторения в такой технологии может быть увеличена до десяти мегагерц при воздушном охлаждении модуля. Успешно была решена проблема «узкого горла» при излучении больших мощностей, когда передачи коротких фронтов тракты передачи должны иметь малые поперечные сечения. В СКИ РЛС каждый элемент решетки запитывается импульсом от относительно маломощного генератора при жесткой синхронизации всех генераторов, что позволяет обеспечить только полупроводниковые приборы. В ООО «Импульсные Системы» и АО «НПП «Радар ммс» разработан и успешно реализован новый класс СШП антенных решеток, где существенно (на порядки) снижены масса и габариты системы.

Разработанные технологии позволяют осуществлять гибкое управление параметрами и режимами излучения – непрерывная генерация, амплитудная, частотная, поляризованная, импульсная модуляция, одиночные импульсы, серии импульсов. На основе единичных модулей осуществляется построение системы – антенной решетки, количество модулей которой определяет решаемые задачи (функциональное подавление или поражение заданного объекта в определенных условиях), способной стабилизировать режим формирования луча и гибко им управлять. ●

**interlight**

RUSSIA

**intelligent building**

RUSSIA

[interlight-building.ru](http://interlight-building.ru)

**29** лет  
в России

Международная выставка освещения,  
автоматизации зданий, электротехники  
и систем безопасности

**17–20.09.2024**

ЦВК «Экспоцентр», Москва

## РАЗДЕЛЫ ВЫСТАВКИ

Техническое освещение		BUILDING	
Декоративное освещение			
Архитектурное освещение			
Лампы			Электротехника
Компоненты			Автоматизация зданий
Праздничное освещение			Интегрированные системы безопасности
	LIGHT		Умный дом
			Умный город

## ВЫСТАВКА 2023

**20 000 м<sup>2</sup>**  
выставочная  
площадь

**498**  
экспонентов

**23 617**  
посетителей

**41%**  
посетили выставку  
впервые



Используйте промокод **IL24-U1KSB**  
для регистрации и получите бесплатный билет!

+7 495 649 87 75 • [interlight@gefera.ru](mailto:interlight@gefera.ru) • [interlight-building.ru](http://interlight-building.ru)

**ГЕФЕРА** GEFERA MEDIA