

**П.Н. Мележик<sup>1</sup>, В.Б. Разказовский<sup>1</sup>, Н.Г. Резниченко<sup>1</sup>,  
В.А. Зуйков<sup>1</sup>, С.Д. Андренко<sup>1</sup>, Ю.Б. Сидоренко<sup>1</sup>, С.А. Провалов<sup>1</sup>,  
А.В. Варавин<sup>1</sup>, Л.С. Усов<sup>1</sup>, В.М. Чмиль<sup>2</sup>, Ю.Н. Муськин<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Институт радиофизики и электроники им. А.Я. Усикова НАН Украины, Киев

<sup>2</sup> ОАО "Научно-производственное предприятие «Сатурн»", Киев

## **ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ КОГЕРЕНТНЫЙ РАДИОЛОКАТОР МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА ДЛЯ КОНТРОЛЯ НАЗЕМНОГО ДВИЖЕНИЯ В АЭРОПОРТАХ**



Обоснованы целесообразность и технические возможности создания полупроводникового когерентного радиолокатора миллиметрового диапазона радиоволн (Ka-диапазон) для мониторинга наземного движения в аэропортах. Он имеет ряд преимуществ по сравнению с существующими (в частности, лучшие габаритные и эксплуатационные характеристики, существенно меньшие уровни энергопотребления и СВЧ-излучения), а также обеспечивает обнаружение движущихся целей и их классификацию по скорости. Обоснован выбор технических решений, создан экспериментальный образец радиолокатора и проведены его испытания. Антенны нового типа и полупроводниковое когерентное приемо-передающее устройство созданы учеными и специалистами Украины.

*Ключевые слова:* миллиметровые радиоволны, когерентный полупроводниковый приемопередатчик, селекция движущихся целей, аэропорт.

### **ВВЕДЕНИЕ**

В связи с возросшими требованиями к обеспечению безопасности воздушных перевозок особое внимание в настоящее время уделяется созданию радиолокационных систем контроля территорий аэропортов, которым согласно современным стандартам надлежит выполнять несколько функций. Во-первых, они должны давать необходимую информацию для диспетчерских служб о местонахождении и движении воздушных судов на взлетно-посадочных полосах (ВПП), рулежных дорожках и стоянках, а также об отсутствии на маршрутах движения каких-либо объектов (препятствий), которые могут привести к авариям. Во-вторых, остро

стоит вопрос о предотвращении несанкционированного присутствия посторонних транспортных средств и людей на всей территории аэропорта, особенно в зонах стоянок воздушных судов, их заправки, посадки пассажиров, подвоза грузов и багажа. На важность обеспечения радиолокационного контроля наземного движения в аэропортах указывается в соответствующих документах Министерства транспорта Украины [1]. Можно выделить следующие требования к радиолокационному мониторингу территорий аэропортов в соответствии с рекомендациями международных авиационных организаций [2, 3]:

• раздельное обнаружение неподвижных и движущихся целей, имеющих эффективную поверхность рассеяния более  $1 \text{ м}^2$  в различных погодных условиях (в том числе и в дождь интенсивностью до  $16 \text{ мм/час}$ );

© П.Н. МЕЛЕЖИК, В.Б. РАЗКАЗОВСКИЙ, Н.Г. РЕЗНИЧЕНКО, В.А. ЗУЙКОВ, С.Д. АНДРЕНКО, Ю.Б. СИДОРЕНКО, С.А. ПРОВАЛОВ, А.В. ВАРАВИН, Л.С. УСОВ, В.М. ЧМИЛЬ, Ю.Н. МУСЬКИН, 2008

- ✦ высокие линейные разрешения по дальности и по азимуту, которые должны позволять определять форму объекта и его ориентацию;
- ✦ сплошное (без затененных участков) покрытие зоной наблюдения всей контролируемой территории, обнаружение несанкционированного появления объектов на взлетно-посадочной полосе и нарушений установленных маршрутов движения, в том числе автотранспортом.

На сегодня одним из обязательных требований к радиолокационным средствам гражданского применения является также снижение средней плотности потока мощности облучения в зонах, где могут находиться люди.

Существующие радиолокационные системы обзора летного поля (РЛС ОЛП), например, типа "Обзор-2" и близкие к ней зарубежные станции, разработанные лет 20–30 назад, не отвечают полностью этим требованиям. В связи с этим в последние десятилетия ведутся поиски новых подходов к решению задачи радиолокационного контроля территорий аэропортов. Одним из таких подходов является переход к сети станций, состоящей из нескольких компактных, экономичных и достаточно дешевых устройств — радиолокационных датчиков. Например, по оценке авторов [2], для полного обслуживания таких крупных аэропортов, как Мюнхен-2 и Хитроу, необходимо менее четырех радиолокаторов с дальностью действия до 1,5 км. Для их размещения могут быть во многих случаях использованы имеющиеся здания и сооружения высотой около 10–20 м. Аналогичной точки зрения придерживаются разработчики автоматизированной радиолокационной системы охраны аэропортов "Монитор" (АО "Радар-ГА", Россия, г. Москва).

#### **ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ЧАСТОТНОГО ДИАПАЗОНА И ХАРАКТЕРИСТИК РЛС**

В работе [4] показано, что на базе современных достижений в области техники милли-

метровых волн может быть создан и предложен потребителям новый класс радиолокаторов, имеющих ряд технико-экономических и тактико-технических преимуществ по сравнению с используемыми в настоящее время. Преимущества миллиметрового диапазона по сравнению с более длинноволновым хорошо известны. *Во-первых*, это возможность существенного уменьшения размеров апертур антенн, необходимых для получения разрешающей способности по азимуту лучше  $0,25^\circ$ , а следовательно — облегчение требований к механизмам приводов и сооружениям для установки антенн; *во-вторых* — практическое отсутствие интерференционного ослабления из-за многолучевого распространения радиоволн над поверхностью грунта в пределах требуемой зоны обслуживания даже при высотах установки антенн 5–10 м.

Недостатками этого диапазона являются молекулярное поглощение миллиметровых радиоволн в газах атмосферы и влияние осадков, в первую очередь дождя, проявляющееся в ослаблении радиоволн при их распространении и в обратном рассеянии, которое маскирует отражения от целей.

Существенно влияет на выбор диапазона радиоволн уровень развития элементной базы, в первую очередь — устройств для генерирования сигналов достаточной мощности и высокочувствительных приемников. Именно последнее обстоятельство стало определяющим для авторов при обосновании выбора диапазона волн, характеристик предлагаемого радиолокатора и особенностей используемых в нем технических решений. Одним из ключевых моментов разработки радиолокационной системы является выбор передающего и приемного устройств, обеспечивающих необходимый энергопотенциал. Расчеты показали, что использование разработанного ОАО НПП "Сатурн" и ГП НИИ "Орион" полупроводникового приемо-передающего устройства, в состав которого входят стабилизированный кварцем импульсный передатчик и высокочу-

вствительный когерентный приемник Ка-диапазона, а также применение когерентного накопления в системе цифровой обработки сигнала позволяют обеспечить характеристики обнаружения, требуемые от радиолокаторов контроля наземного движения на территории аэропортов. Для подтверждения сделанных выводов, проверки и отработки принятых технических решений, а также для демонстрации возможностей радиолокационной системы предложенного типа в рамках двух специально поставленных поисковых НИР [5, 6] и проекта [7] по целевой программе Министерства образования и науки Украины ДНТП-2002 (проект 4.4.3) был разработан, создан и испытан в условиях, близких к реальным, экспериментальный образец радиолокатора. Радиолокатор имеет следующие основные технические характеристики:

Несущая частота	36 ГГц
Длительность зондирующих импульсов	0,1 мкс
Частота повторения	20 кГц
Импульсная мощность	около 20 Вт
Ширина диаграммы направленности (радиолокационная)	
в азимутальной плоскости	около 0,25°
в вертикальной плоскости	около 3°
Уровень боковых лепестков радиолокационной диаграммы направленности в азимутальной плоскости	менее 40 дБ
Коэффициент шума приемника	менее 5 дБ
Круговой обзор пространства по азимуту с периодом	4 с
Когерентное накопление пачки из 64 (в варианте 32) импульсов	
Селекция движущихся целей (СДЦ) и их классификация на скоростные группы по доплеровскому смещению частоты	

При таких параметрах расчетная дальность действия по цели с эффективной поверхностью рассеяния 1 м<sup>2</sup> в отсутствие осадков превышает интервал однозначности, равный 7,5 км (вероятность обнаружения 0,9 при уровне ложной тревоги 10<sup>-6</sup>).

Подробнее остановимся на вопросе о дальности действия в условиях дождя (туман при

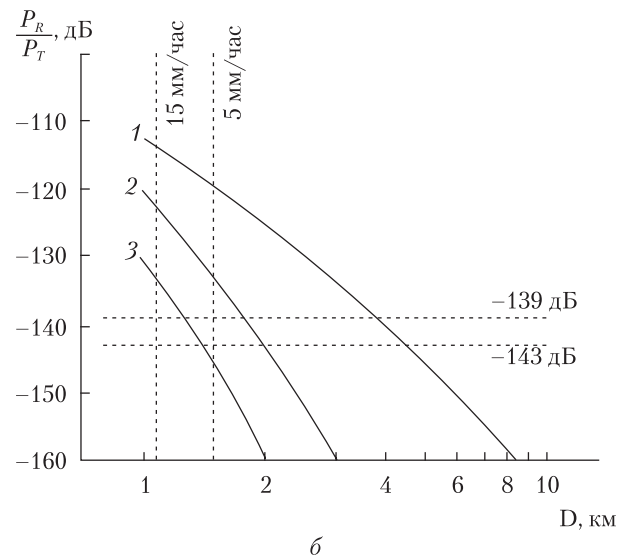
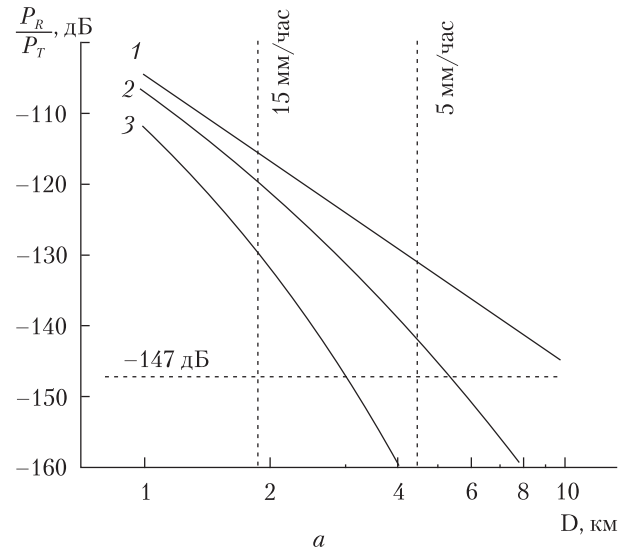
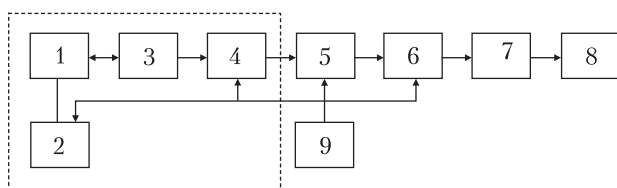


Рис. 1. Зависимость отношения принятой мощности к излучаемой от дальности при отражении радиолокационного сигнала от цели с ЭПР 1 м<sup>2</sup>: а — на частоте 36 ГГц; б — на частоте 95 ГГц

видимости 300 м приводит к незначительному сокращению дальности действия — менее 10 %). На рис. 1 представлены зависимости от дальности отношения принятой к излучаемой мощности радиолокационного сигнала от цели с эффективной поверхностью рассеяния (ЭПР) 1 м<sup>2</sup> при влажности 7,5 г/м<sup>3</sup> (кривая 1), в дождь 5 мм/час (кривая 2) и интенсивностью



**Рис. 2.** Функциональная схема радиолокационной системы: 1 — приемно-передающая антенна; 2 — привод вращения антенны; 3 — блок приемно-передатчика СВЧ; 4 — блок согласования; 5 — устройство аналого-цифровой преобразования сигналов; 6 — блок цифровой обработки сигналов; 7 — линия передачи данных; 8 — устройство отображения радиолокационной информации; 9 — синхронизатор

16 мм/час (кривая 3). Горизонтальные штриховые прямые представляют расчетный энергopotенциал РЛС, т.е. отношение мощности минимально обнаруживаемого сигнала к мощности излучаемого. Для разрабатываемой РЛС на частоте 36 ГГц он составляет 147 дБ, а при тех же частоте повторения, длительности импульса и диаграмме направленности антенны, но на частоте 95 ГГц — 139 дБ. Для радиолокатора, описанного в [2] и работающего на частоте 95 ГГц с магнетронным передатчиком мощностью 1 кВт, энергopotенциал составляет приблизительно 143 дБ. Точки пересечения горизонтальных штриховых прямых с кривыми 1, 2 и 3 соответствуют дальностям действия в указанных метеоусловиях. Вертикальными штриховыми прямыми отмечены дистанции, начиная с которых ЭПР отражений от дождя с интенсивностями 5 и 15 мм/час превышает  $1 \text{ м}^2$ .

Из анализа рисунка можно сделать следующий вывод. Дальность действия более 5 км даже в условиях слабого дождя может быть обеспечена только в длинноволновой части миллиметрового диапазона, хотя и здесь при дожде 15 мм/час она будет сокращаться до 3 км. На частоте около 95 ГГц в условиях слабого дождя дальность действия сокращается до 2 км, а при сильном — до 1,5 км. Без принятия специальных мер для подавления радиолокационных отражений от осадков, цели с ЭПР  $1 \text{ м}^2$  будут маскироваться этими помехами, начи-

ная с дистанций 2–4 км на частоте 36 ГГц и с 1–1,5 км на частоте 95 ГГц. Поэтому повышение энергopotенциала РЛС в таких условиях не имеет смысла. Оно также практически малоэффективно и с точки зрения увеличения дальности действия.

В созданной радиолокационной системе используется фильтровая система селекции движущихся целей, которая позволяет ослабить влияние радиолокационных отражений от дождя, поскольку их спектр сосредоточен в окрестностях нулевой частоты. Функциональная схема радиолокационной системы показана на рис. 2, назначение ее функциональных частей обозначено в тексте под рисунком.

#### ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ И ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

Кратко остановимся на особенностях основных функциональных составных частей системы.

1. Для формирования диаграммы направленности ножевидного типа с более чем десятикратным отношением ее ширины в вертикальной плоскости к ширине в горизонтальной используются два варианта антенн. Принцип их действия основан на преобразовании поверхностных волн, распространяющихся в диэлектрическом волноводе, в объемную излученную волну. Теория и методы расчета таких антенн разработаны в ИРЭ НАН Украины [8, 9]. Ряд вариантов их конструкций с характеристиками, отличающимися от требуемых в данной радиолокационной системе, реализован и успешно используется при решении задач дистанционного зондирования, в том числе в составе бортовых аэрокосмических систем. Достоинством такого типа антенн является то, что нет необходимости в параболическом рефлекторе для формирования остронаправленной диаграммы в одной из плоскостей (в нашем случае — в азимутальной).

Два варианта антенн, разработанных для рассматриваемой здесь радиолокационной системы, а также методы их наладки и результаты

испытаний подробно описаны в [5–7]. Они отличаются друг от друга способом формирования диаграммы направленности в вертикальной плоскости. В первом варианте это достигается применением цилиндрической диэлектрической линзы, а во втором — за счет формирования соответствующего распределения амплитуды поля в широком планарном диэлектрическом волноводе (антенна этого типа была названа "планарной"). Фрагмент конструкции антенны этого варианта показан на рис. 3.

2. Генерирование зондирующих сигналов и их когерентный прием осуществляются в полностью полупроводниковом приеме-передающем устройстве (ППУ), разработанном и изготовленном в ОАО "НПП "Сатурн" (г. Киев). Его главными особенностями являются:

а) формирование сигналов несущей частотой 36 ГГц, СВЧ гетеродина частотой 35 ГГц и опорного сигнала частотой 1 ГГц для синхронного детектора из общего сигнала задающего генератора частотой 10 МГц при относительной нестабильности 10–8;

б) использование в передатчике мощных выходных импульсных усилительных каскадов на лавинно-пролетных диодах, обеспечивающих импульсную мощность около 20 Вт при длительности импульсов 0,1 мкс и скважности около 500;

в) наличие на входе приемника транзисторного малошумящего неохлаждаемого усилителя (коэффициент шума — менее 5 дБ);

г) использование усилителя промежуточной частоты на частоте около 1 ГГц с временной автоматической регулировкой усиления (ВАРУ) для выравнивания амплитуд сигналов, отраженных от объектов на разных дальностях;

д) выходными устройствами приемника являются два синхронных детектора, опорными напряжениями для которых служат сигналы частотой 1 ГГц, когерентные с принятым сигналом и сдвинутые по фазе друг относительно друга на 90°, что обеспечивает формирование двух квадратурных составляющих протектированного сигнала.



Рис. 3. Фрагмент конструкции планарной антенны

Более полные сведения о функциональной схеме ППУ и его характеристиках приведены в [10], а результаты испытаний в составе РЛС — в [6, 7].

3. В блоке цифровой обработки после аналого-цифрового преобразования двух квадратурных составляющих сигнала с выхода синхронного детектора в 14-разрядном АЦП с тактовой частотой 40 МГц осуществлялись следующие основные операции:

а) формирование числовых массивов ("пачек"), соответствующих отражениям от точечных целей на всех дальностях при облучении их сканирующей диаграммой направленности антенны (64 или 32 выборки в пачке);

б) фильтрация по величине доплеровского смещения частоты и объединение отражений в четыре скоростные группы с использованием быстрого фурье-преобразования;

в) сравнение амплитуд сигналов с выбранными порогами обнаружения и принятие решения о наличии или отсутствии цели в данном импульсном объеме;

г) формирование массива данных для отображения радиолокационной информации на мониторе с использованием данных о координатах, скоростных группах и интенсивностях отражений от обнаруженных целей.

С целью отработать режимы работы блока цифровой обработки в процессе испытаний предусматривалось оперативное управление многими параметрами и визуализация промежуточных результатов цифровой обработки (напр., полного спектра отражений в выбранном элементе пространства).

4. Завершающим функциональным звеном радиолокационной станции являлась система отображения радиолокационной информа-



Рис. 4. Внешний вид СВЧ-модуля

ции, реализованная в виде специальной программы на серийном персональном компьютере. Ее основные возможности:

а) отображение в полярной системе координат, типичной для кругового обзора пространства, всех отражений от местности в виде яркостных меток (так называемый "светоплан" местности);

б) формирование цветowych яркостных отметок, цвет которых соответствует скоростной группе обнаруженной цели (цветовая гамма задается оператором). При этом при наведении на цель маркера в специальной табличке приводятся данные о координатах, интенсивности отражения и радиальной скорости цели.

Конструктивно экспериментальный образец радиолокационной системы состоит из трех модулей:

а) СВЧ-модуль, в состав которого входит антенная система с механизмом вращения и датчиком угла поворота, приемо-передающее устройство, схемы формирования запускающих импульсов, напряжения ВАРУ, синхронизации вращения антенны, буферные усилители и вторичные источники питания (общий вид СВЧ-модуля показан на рис. 4);

б) модуль обработки сигналов и формирования радиолокационного изображения, в состав которого входят буферные входные усилители принятых сигналов, собственно блок цифро-

вой обработки сигналов, первичные устройства запускающих импульсов и вспомогательные контрольно-измерительные приборы;

в) пульт управления работой РЛС.

Поскольку экспериментальный образец РЛС предназначен для отработки вариантов технических решений и режимов работы функциональных узлов системы, то его компоновка предусматривала размещение СВЧ-модуля на открытой площадке, а остальных устройств — в лабораторном помещении на расстоянии 50 м от СВЧ-модуля с кабельными коммуникациями между ними. Именно последнее обстоятельство потребовало введения в состав модулей СВЧ и обработки сигналов буферных усилителей и других согласующих устройств.

#### МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ

После испытаний РЛС в лабораторных условиях, когда проверялось и отлаживалось взаимодействие всех функциональных систем станции (в том числе с наблюдением отражений от местных предметов с помощью вспомогательных калиброванных параболических антенн), проводились комплексные испытания с наблюдением объектов на реальной местности. Схема проведения этих испытаний показана на рис. 5.

СВЧ-модуль радиолокационной системы (1) устанавливался на крыше пятиэтажного производственного здания на высоте примерно 30 м над уровнем грунта, откуда хорошо наблюдался равнинный участок местности на

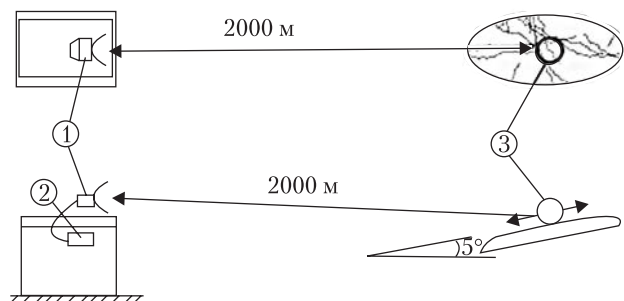
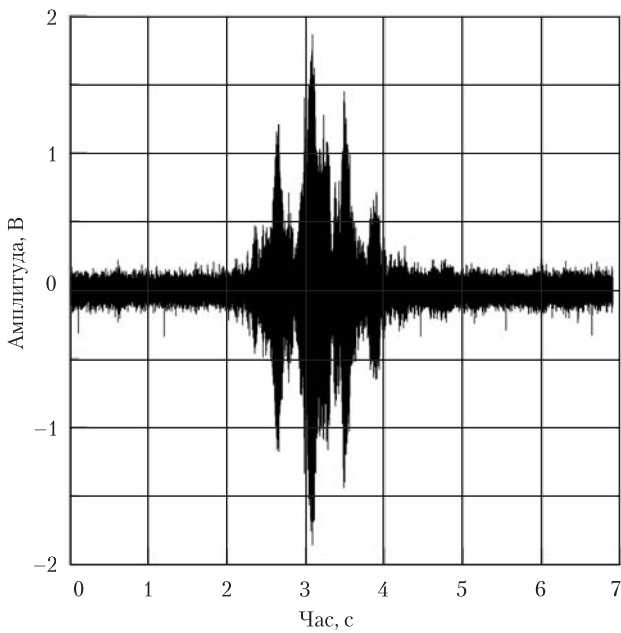


Рис. 5. Схема проведения испытаний РЛС на местности





**Рис. 6.** Пример записи отфильтрованного сигнала, отраженного от автомобиля при пересечении им импульсного объема

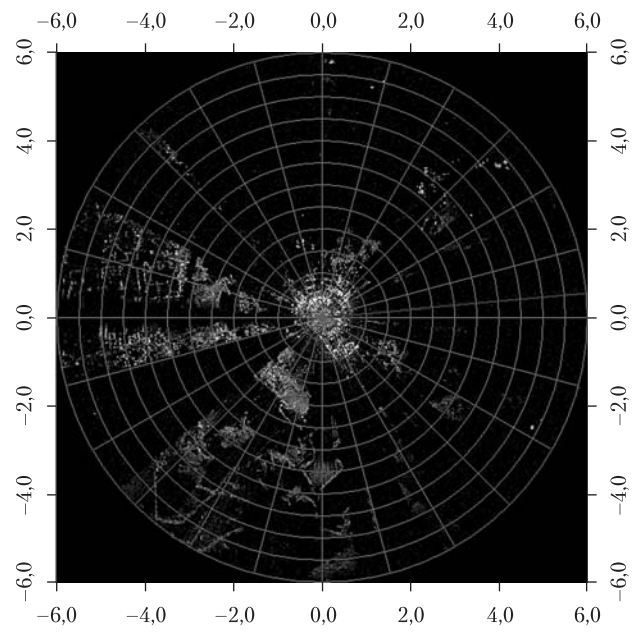
удалении 1 800 м, имеющий небольшой (около  $3^\circ$ ) наклон в сторону РЛС, на котором в пределах площадки размером примерно  $150 \times 50 \text{ м}^2$  отсутствовали источники интенсивных мешающих отражений. Благодаря особенностям рельефа местности все строения и деревья на трассе от РЛС до цели находились ниже границы диаграммы направленности антенны и не оказывали заметного влияния на распространение сигналов.

На первом этапе испытаний радиолокационное наблюдение осуществлялось при фиксированном положении луча антенны, максимум которого был направлен в центр участка местности с объектом.

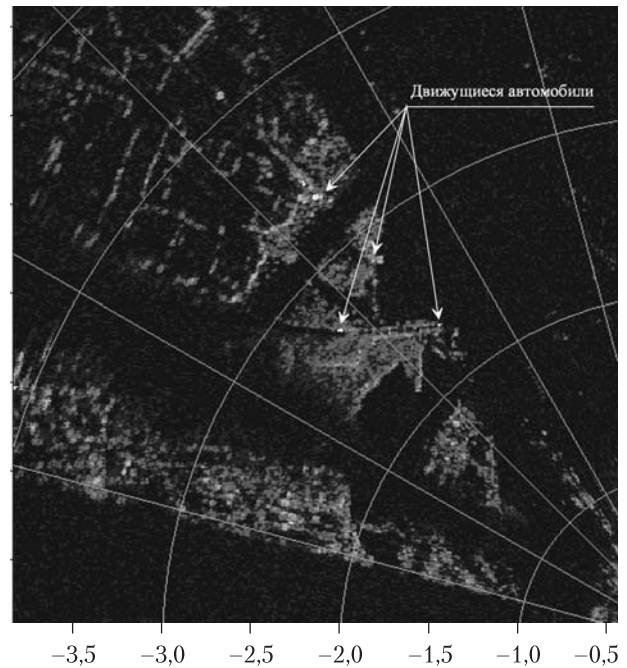
В качестве объектов наблюдения использовались:

а) уголкового трехгранного отражатели с эффективными поверхностями рассеяния 300; 30 и  $3 \text{ м}^2$ ;

б) автомобиль типа УАЗ-469 — неподвижный или пересекающий импульсный объем в



**Рис. 7.** Изображение на дисплее системы отображения радиолокационной информации



**Рис. 8.** Фрагмент участка местности с движущимися по ней автомашинами

близком к радиальному направлению со скоростью около 10; 20 и 40 км/час;

в) человек — пересекающий импульсный объем в радиальном направлении шагом или бегом.

Кроме визуального наблюдения радиолокационного отражения на осциллографе в режиме развертки по дальности (индикатор типа А) проводилась регистрация сигнала с выделенной дальности и его фильтрация с подавлением отражений от неподвижных рассеивателей на поверхности грунта (неровности грунта, остатки травянистой растительности). Пример записи отфильтрованного сигнала, отраженного от автомобиля при пересечении им импульсного объема, показан на рис. 6.

Анализ результатов этих экспериментов подтвердил соответствие характеристик обнаружения, дальности действия и разрешающей способности экспериментального образца расчетным. По аналогичным записям отражений от практически точечных, строго неподвижных отражателей, наблюдаемых в условиях свободного пространства, были оценены предельно достижимые возможности подавления помех от местных предметов, обусловленные фазовыми флуктуациями, т.е. взаимной некогерентностью зондирующих сигналов и гетеродина.

Заключительный этап испытаний состоял в наблюдении радиолокационной панорамы окружающей местности в режиме кругового обзора. Положение радиолокационной системы было таким же, как и в опытах предыдущего этапа (рис. 5). Но наклон оси вращения антенны устанавливался таким образом, что в зону обзора попадали участки местности с характерными деталями (участки шоссе и проселочных дорог, лесопосадки, одиночные строения и др.) и движущимися транспортными средствами, которые обнаруживались на фоне местности и выделялись на изображении цветовыми метками. На рис. 7 показано изображение на дисплее системы отображения радиолокационной информации в коор-

динатах азимут—дальность при круговом обзоре местности. В секторах, не затененных многоэтажными зданиями, хорошо видны детали ландшафта пригородной зоны вплоть до граничной дальности обзора, составляющей 6 км. На рис. 8 приведен фрагмент изображения, на котором виден участок дороги с движущимися по ней автомобилями. Последние обнаружены как движущиеся цели и выделены цветовыми метками; часть из них показана стрелками.

### ВЫВОДЫ

1. Обоснован выбор диапазона радиоволн и принципы построения радиолокатора нового типа — полностью полупроводниковой импульсной когерентной радиолокационной системы миллиметрового Ка-диапазона для контроля наземного движения на территориях аэропортов. Предложенный нами радиолокатор имеет ряд преимуществ по сравнению с существующими. Показана возможность создания такой системы на основе использования достижений научных учреждений и предприятий Украины в создании новых типов антенн и полупроводниковых мощных генераторов когерентных сигналов миллиметровых радиоволн.

2. Создан экспериментальный образец радиолокатора, в котором реализованы предложенные принципы построения и варианты технических решений всех функциональных устройств.

3. Проведены испытания созданного экспериментального образца радиолокатора, в том числе с наблюдением эталонных отражателей и реальных объектов на местности, подтвердившие соответствие его характеристик проектным и позволившие уточнить требования к отдельным устройствам и наметить пути их модернизации.

4. При незначительной модификации отдельных устройств разработанная радиолокационная система может быть использована для контроля акваторий морских и речных портов и участков местности с особым режимом.



ЛИТЕРАТУРА

1. Правила радіолокаційного обслуговування. Пункт 13.2: використання радіолокатора контролю наземного руху // Міністерство Транспорту України. Наказ від 15.04.2004, № 311.
2. *Ferri M., Galati G., Naldi M.* W-band Radar for Airport Traffic Monitoring: Implementation, First Operational Result, Perspectives. // MSMW'2001 Symp. Proc. Kharkov, Ukraine, June 4–9, 2001, V.1, pp. 27–32.
3. Государственный стандарт Российской Федерации (ГОСТ Р51505-99) "Система обзора летного поля и управления движением воздушных судов и транспортных средств по аэродрому".
4. *Евдокимов А.П., Комяк В.А., Мележик П.Н., Разказовский В.Б. Чмиль В.М.* Когерентный радиолокатор миллиметрового диапазона для обзора летного поля // Прикладная радиоэлектроника. — 2003, Т. 2, № 1, С. 10–18.
5. Разработка и экспериментальная проверка метода высокоинформативного дистанционного зондирования участков земной поверхности в миллиметровом диапазоне радиоволн. Отчет о НИР (заключительный) / Институт радиопизики и электроники НАН Украины; рук. В.Б.Разказовский. — № ГР 01.01.U004648; инв. №02.03.U000522 — Харьков, 2002. — 105 с.
6. Экспериментальная проверка, доработка и демонстрация возможностей аппаратуры и метода радиолокационного мониторинга участков местности. Отчет о НИР / Институт радиопизики и электроники НАН Украины (ИРЭ НАН Украины); рук. В.Б.Разказовский. — № ГР 01.03.U000648; инв. № 02.06.U009157 — Харьков, 2006. — 81 с.
7. Розробка експериментального зразка радіолокаційної системи міліметрового діапазону нового типу для спостереження за об'єктами та їх рухом на територіях аеропортів для забезпечення диспетчерських і охоронних функцій. Звіт про НДР (заключний) / Інститут радіопизики та електроніки НАН України; кер. П.М. Мележик. — № ДР 01.01.U004648; инв. № 02.06.U007971 — Харків, 2006. — 99 с.
8. *Андренко С.Д., Девятков Н.Д., Шестопалов В.П.* Антенные решетки миллиметрового диапазона. — ДАН СССР, 1978. — т. 240, № 6, С. 1340–1343.
9. *Андренко С.Д., Провалов С.А., Сидоренко Ю.Б.* Четырехлучевая антенная решетка миллиметрового диапазона // Труды международной научной конференции "Излучение и рассеяние электромагнитных волн" ИРЭ МВ — 2005, Таганрог. — 2005. — С. 165–167.
10. *Зуйков В.А., Клочко Г.И., Колисниченко М.В., Потієнко В.П., Черный Б.С.* Приемно-передающий радиолокационный модуль миллиметрового диапазона длин волн // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. — 2003, № 3. — С. 15–18.

*П.М. Мележик, В.Б. Разказовський, Н.Г. Резніченко, В.О. Зуйков, С.Д. Андренко, Ю.Б. Сидоренко, С.А. Провалов, А.В. Варавин, Л.С. Усов, В.М. Чміль, Ю.Н. Муськин*

НАПІВПРОВІДНИКОВИЙ КОГЕРЕНТНИЙ РАДІОЛОКАТОР МІЛІМЕТРОВИХ ХВИЛЬ КОНТРОЛЮ НАЗЕМНОГО РУХУ В АЕРОПОРТАХ

Обґрунтовано доцільність та технічні можливості створення напівпровідникового когерентного радіолокатора міліметрового діапазону радіохвиль (Ka-діапазон) для моніторингу наземного руху в аеропортах. Він має деякі переваги порівняно з існуючими (зокрема, кращі габаритні та експлуатаційні характеристики, суттєво менші рівні енергоспоживання та НВЧ-випромінювання) і забезпечує виявлення рухомих цілей та їх класифікацію за швидкістю. Обґрунтовано вибір технічних рішень, створено експериментальний зразок радіолокатора та проведено його випробування. Антену нового типу та напівпровідниковий когерентний приймально-передавальний пристрій створено науковцями та фахівцями України.

*Ключові слова:* міліметрові радіохвилі, когерентний напівпровідниковий приймач-передавач, селекція рухомих цілей, аеропорт.

*P.N. Melezhih, V.B. Razskazovskiy, N.G. Reznichenko, V.A. Zuykov, S.D. Andrenko, Yu.V. Sidorenko, S.A. Provalov, A.V. Varavin, L.S. Usov, V.M. Chmil, Yu.N. Mus'kin*

SEMICONDUCTOR COHERENT KA-BAND RADAR FOR AIRPORT SURFACE TRAFFIC MONITORING

The utility and technical capabilities of creating semiconductor coherent radar at the millimeter radiowave (Ka-band) for monitoring surface traffic in airports are substantiated. This radar has a number of advantages as compared with existing ones, in particular, the better mass-dimension and operating characteristics, significantly less power consumption and the level of microwave radiation, and it also provides the detection of moving targets and their classification on velocity. The selection of technical solutions is justified, the experimental radar sample is developed and its tests were carried out. The key fundamental component parts providing the novel features and high technical radar characteristics, namely, antennas of a new type and the semiconductor coherent transmit-receive device are developed by scientists and specialists of Ukraine.

*Key words:* millimeter radiowaves, coherent semiconductor transmit-receive device (transceiver), selection of moving targets, airport.

Надійшла до редакції 17.10.07.