

УДК 621.385.6+537.876

АНТЕННА КРУГОВОГО ОБЗОРА СВЕРХВЫСОКОЧАСТОТНОГО ДИАПАЗОНА

А. А. Фролов, С. В. Гирич, В. П. Заярный

Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград, Россия

Описаны свойства щелевых излучателей сверхвысококачастотного диапазона и выполненных на их основе антенн, формирующих направленное излучение для обеспечения кругового или секторного обзоров. Представлены экспериментально полученные диаграммы направленности и характеристики таких антенн на частотах $8\div 12$ ГГц.

Разработка и исследование электродинамических характеристик антенных систем сверхвысококачастотного (СВЧ) диапазона для обеспечения кругового или секторного обзоров приёмопередающей аппаратурой является важной и актуальной задачей, поскольку подобные системы востребованы в радио-, видеолокации, охранных системах и т. д. Решение задачи создания антенны кругового (секторного) обзора может быть достигнуто, в частности, путём применения симметричных щелевых осевых линий. Один из вариантов такой антенны описан в [1]. Однако конструкция этой антенны достаточно сложная и жёсткая, в результате чего гибкая регулировка частотного диапазона и оптимизация формы диаграмм направленности излучателей становятся невозможными. Кроме того, в слое диэлектрика имеют место потери энергии.

Исследуемая одиночная симметричная щелевая линия для создания дисковой антенны кругового (секторного) обзора приведена на рис. 1 и представляет собой полосу алюминиевой фольги соответствующей формы с толщиной 0,3 мм, нанесённую на пенопласт с толщиной 5 мм с помощью специального слабопоглощающего в рассматриваемом диапазоне частот клея. Характеристики антенны и её компонентов в процессе эксперимента исследовались в диапазоне частот $8\div 12$ ГГц в окрестности частоты $f_0 = 10$ ГГц, соответствующей длине волны $\lambda = 3$ см. Длина симметричной щелевой линии выбиралась не менее $10\lambda = 30$ см. При этом длина излучателя (отсчитываемая от края конструкции) равнялась 3λ , а его ширина — $2/3\lambda$. Излучатель запитывался с помощью микрополосковой линии (см. рис. 1), имевшей длину полоска $2,5\lambda$ и ширину 2 мм. Обоснованность выбранных размеров симметричной щелевой линии установлена экспериментально на основе оптимизации электродинамических процессов в данной конструкции антенны.

Измерение диаграмм направленности и обработка результатов измерений для исследовавшихся симметричных щелевых линий и антенны кругового обзора проводились на установке, описанной в работах [2, 3]. Диаграмма направленности для одиночной симметричной щелевой линии, измеренная на частоте $f_0 = 10$ ГГц в E -плоскости, приведена на рис. 2, причём в области её главного лепестка расположены лепестки тестового сигнала. Видно, что ширина главного лепестка измеренной диаграммы направленности по уровню половинной мощности не более 20° , а уровень боковых лепестков не превышает -23 дБ.

Выявлено, что для заданной геометрии диаграммы направленности одиночной симметричной щелевой линии в диапазоне частот $8\div 12$ ГГц в E -плоскости существенно не изменялись. Соответствующие диаграммы направленности на краях указанного диапазона частот приведены на рис. 3 (для частоты $f = 8$ ГГц) и рис. 4 (для частоты $f = 12$ ГГц). Из них видно, что ширина главных лепестков по уровню половинной мощности оказывается также порядка 20° , а уровень боковых лепестков несколько выше, но не превышает -20 дБ для нижней частоты указанного выше диапазона и -16 дБ для верхней. Полученный коэффициент усиления для исследуемой

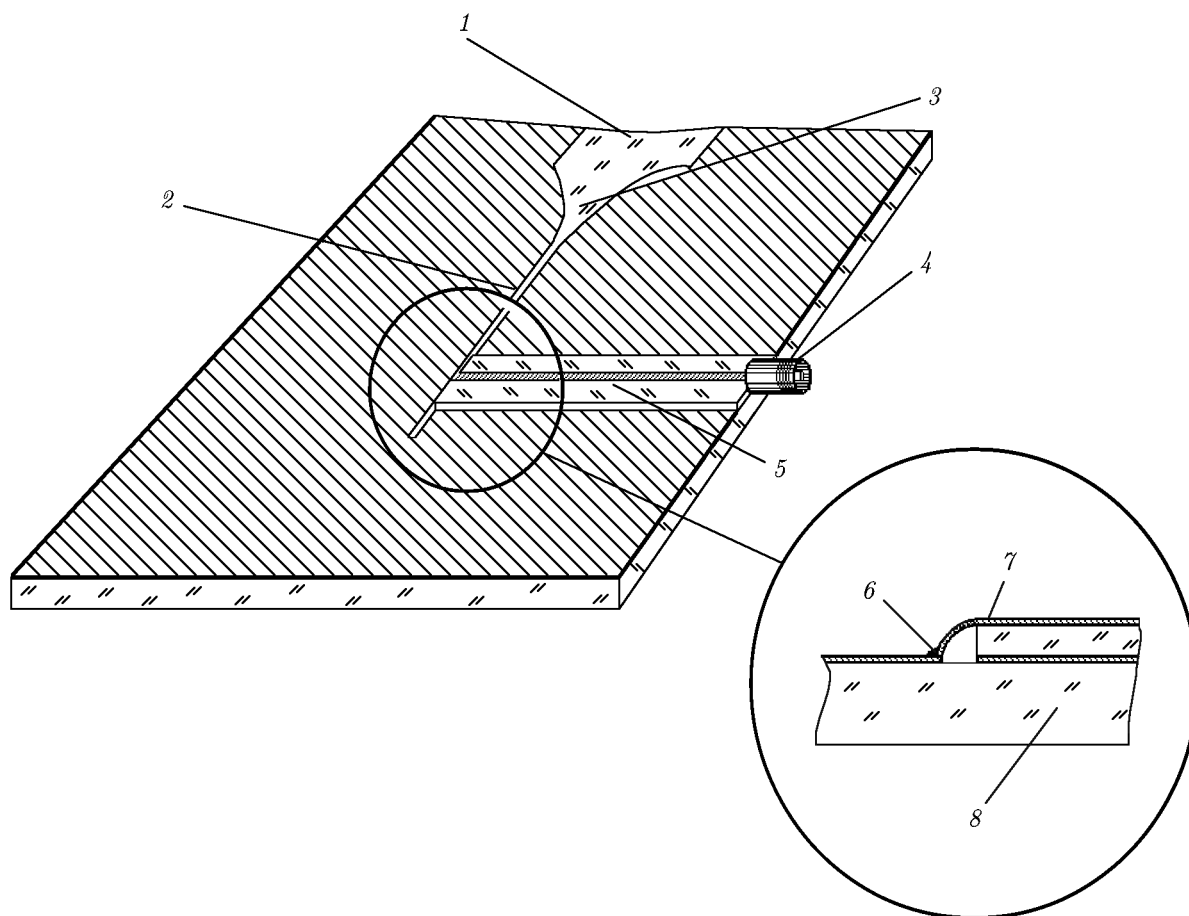


Рис. 1. Конструкция одиночной симметричной щелевой линии и схема её питания: 1 — регулярная симметричная щелевая линия с широкой щелью, 2 — симметричная щелевая линия, 3 — расширение симметричной щелевой линии, 4 — коаксиальный разъём, 5 — микрополосковая линия. На вставке показан разрез вдоль микрополосковой линии, где 6 — припой, 7 — полосок микрополосковой линии, 8 — подложка симметричной щелевой линии

симметричной щелевой линии составил $4 \div 7$ дБ, что для пассивного режима её работы является хорошим показателем.

При определении полосы пропускания исследуемой симметричной щелевой линии установлено, что искажения формы диаграмм направленности в данном случае появились на частотах ниже 8 ГГц и выше 11,5 ГГц. Их следовало ожидать, т. к. питание полоска характеризуется недостаточной шириной спектра, а использовавшиеся детектирующие СВЧ сигнал диоды имеют ограниченный рабочий диапазон частот. При необходимости расширения частотного диапазона следует заменить указанные элементы на более широкополосные.

Измеренные диаграммы направленности для исследуемой симметричной щелевой линии в H -плоскости в этом же частотном диапазоне также оставались практически неизменными и по своим параметрам были близки к диаграмме направленности на частоте $f_0 = 10$ ГГц. Ширина главных лепестков этих диаграмм по уровню половинной мощности не превышала 20° . Поскольку разрабатываемая антенна должна обеспечивать обзор в азимутальной плоскости, то в дальнейшем мы будем анализировать только диаграммы направленности в E -плоскости.

Из анализа характеристик диаграмм направленности также следует, что, если симметричные щелевые линии конструктивно располагать на диске с соответствующим диаметром, то можно

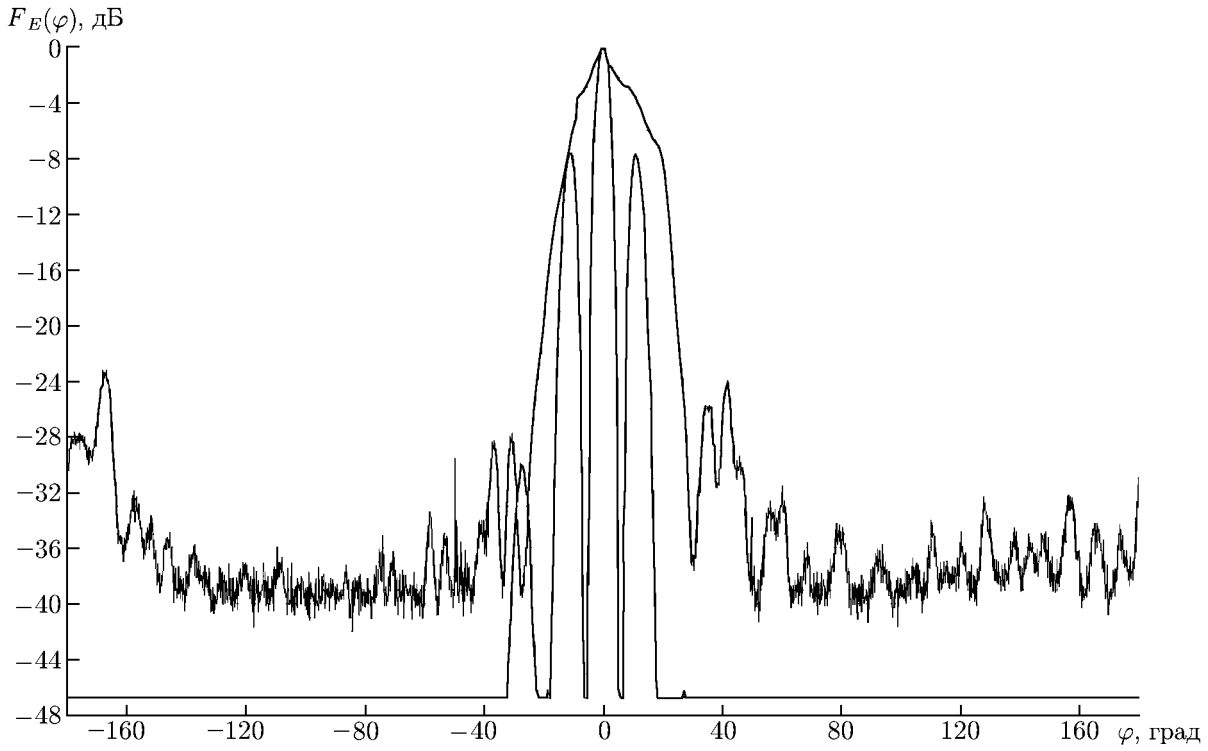


Рис. 2. Диаграмма направленности симметричной щелевой линии в E -плоскости на частоте $f_0 = 10$ ГГц

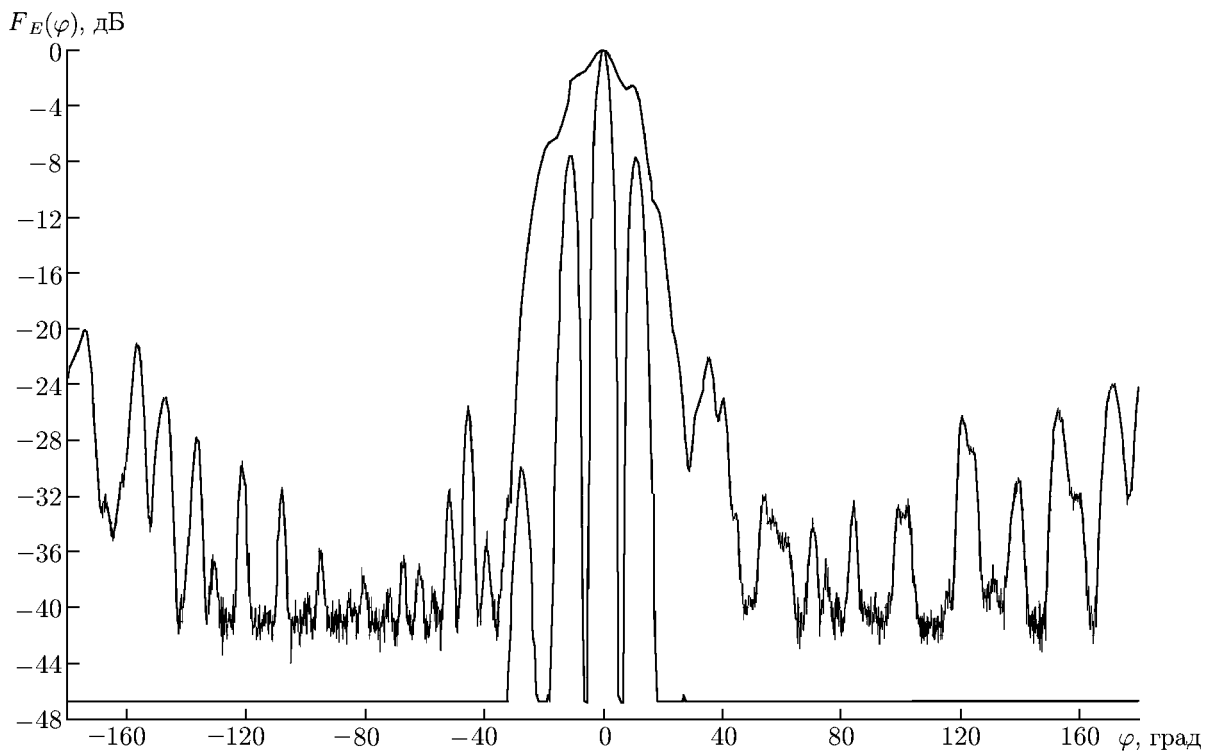
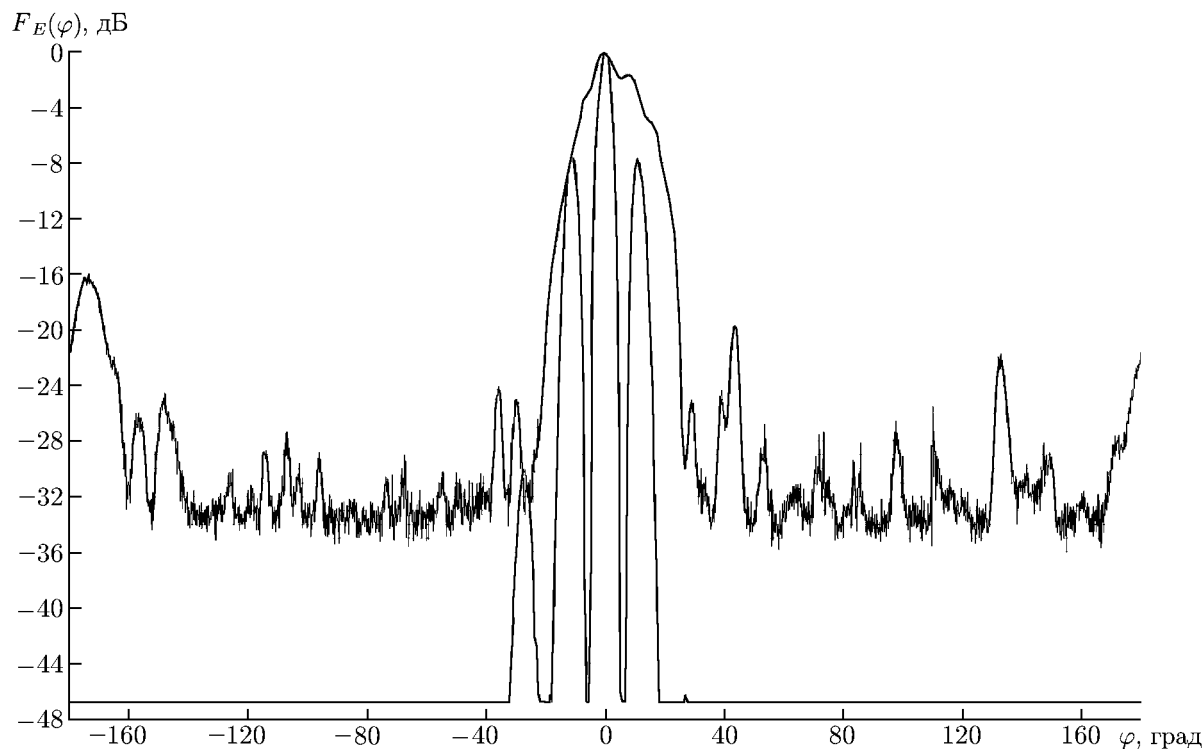


Рис. 3. То же, что и на рис. 2, на частоте $f = 8$ ГГц

Рис. 4. То же, что и на рис. 2, на частоте $f = 12$ ГГц

разместить до 8 таких линий. При этом может быть обеспечен практически полный круговой обзор. Однако эксперимент показал, что размещение 8 симметричных щелевых линий на одном диске не обеспечивает отсутствия перекрытия главных лепестков диаграмм направленности для соседних линий. При этом уменьшение ширины симметричной щелевой линии нецелесообразно, т. к. оно может привести к искажению её диаграммы направленности и вызвать ухудшение качества обзора.

В процессе разработки антенны к имеющейся одиночной симметричной щелевой линии была добавлена вторая аналогичная симметричная щелевая линия, геометрически направленная в противоположную сторону от первой. Обе линии были расположены на тонком алюминиевом диске. Анализ измеренных диаграмм направленности такой конфигурации антенны показывает, что в диапазоне частот от 8 до 11 ГГц (когда ширина полосы частот составляет величину порядка 3 ГГц) их форма оставалась практически неизменной. Диаграммы направленности данной антенны для указанных граничных частот приведены на рис. 5 и 6. Ширина их главного лепестка для обеих частот по уровню половинной мощности в диапазоне $8 \div 11$ ГГц составляет $20^\circ \div 25^\circ$, что позволяет считать осевую направленность излучения достаточной для создания антенны кругового обзора. Такая антенна может быть использована, например, в пассивной радио- и видеолокации.

Приведённые выше характеристики для двух противоположно направленных симметричных щелевых линий позволяют создать антенную решётку, имеющую четыре симметричные щелевые линии, расположенные друг за другом под углом 90° на одном диске. Полученная диаграмма направленности для такой дисковой антенны с четырьмя симметричными щелевыми линиями на частоте 10 ГГц приведена на рис. 7. Видно, что в этом случае хорошо обеспечивается отсутствие перекрытия главных лепестков диаграмм направленности для соседних линий.

Очевидно, что перекрытия всего окружающего пространства (и даже достаточно широкого

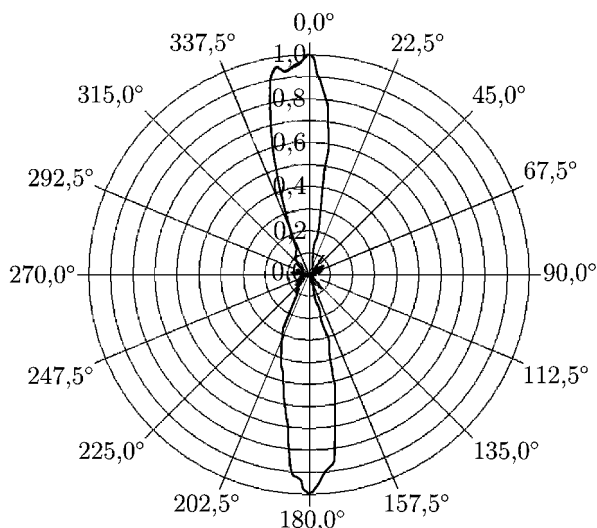


Рис. 5. Диаграмма направленности в E -плоскости двух противоположно направленных симметричных щелевых линий на диске на частоте $f = 8$ ГГц

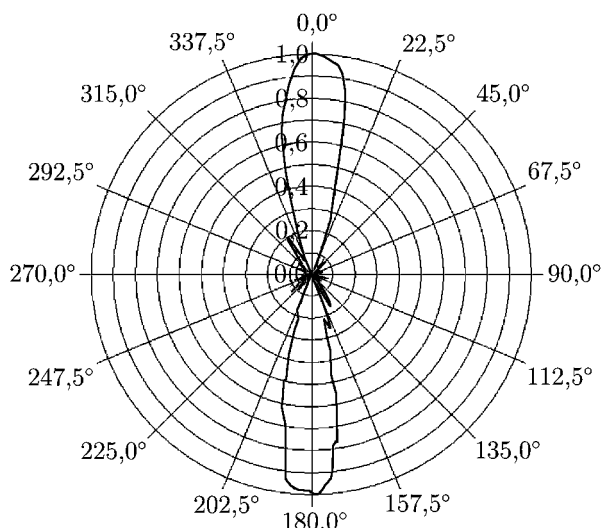


Рис. 6. То же, что и на рис. 5, на частоте $f = 11$ ГГц

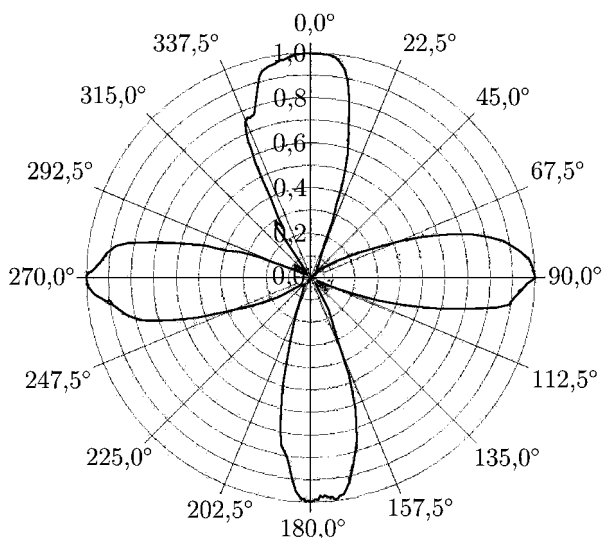


Рис. 7. Диаграмма направленности в E -плоскости состоящей из четырёх симметричных щелевых линий антенной решётки, на частоте $f_0 = 10$ ГГц

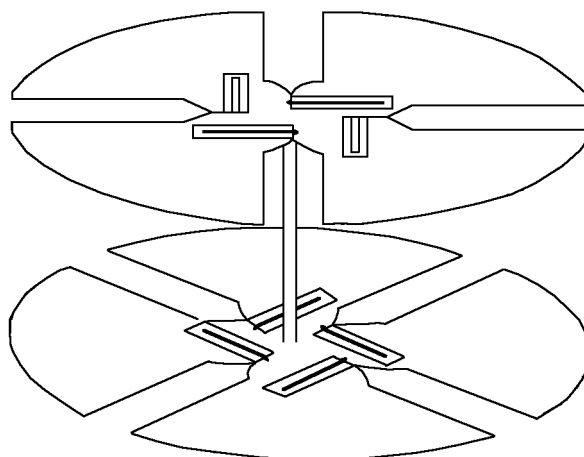


Рис. 8. Вид антенны кругового обзора

сектора) такая конструкция антенны пока не обеспечивает. Наилучший и окончательный вариант антенны кругового (секторного) обзора представляет собой два соосных диска, подобных рассмотренным выше и азимутально смещённых относительно друг друга на угол 45° (рис. 8). При этом симметричные щелевые линии каждого диска работают на разных частотах, что предполагает как пространственное, так и частотное разнесение их диаграмм направленности.

Такая конструкция антенны обеспечивает полный круговой (и любой секторный) обзор [4]. Экспериментально установлено, что оптимальное расстояние между дисками, обеспечивающее отсутствие перекрытия главных лепестков диаграмм направленности ближайших симметричных

щелевых линий верхнего и нижнего дисков, составляет величину порядка одной длины волны, т. е. в данном случае порядка 3 см.

Для использовавшейся одиночной симметричной щелевой линии описывающие её математические модели уже известны [5], однако при усложнении конструкции антенны, как в данном случае, сложность математических моделей резко возрастает и их разработка требует отдельного рассмотрения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пат. № 2047249 РФ. Антенна / Гвоздѣв В. И., Гирич С. В., Пономарѣв И. Н. Оpubл. 1995, Бюл. № 30.
2. Фролов А. А., Гирич С. В., Заярный В. П. // Изв. вузов. Радиофизика. 2009. Т. 52, № 4. С. 328.
3. Фролов А. А., Гирич С. В., Заярный В. П. // Изв. Волгоградского гос. тех. ун-та. Сер. Электроника, измерительная техника, радиотехника и связь. 2008. Вып. 2. С. 77.
4. Пат. № 103676 РФ. Антенна кругового обзора / Фролов А. А., Гирич С. В., Заярный В. П. Зарег. 20.04.2011.
5. Janaswamy R., Schaubert D. // IEEE Trans. Antennas Propagat. 1987. V. 35. P. 1058.

Поступила в редакцию 26 ноября 2012 г.; принята в печать 29 ноября 2012 г.

MICROWAVE ALL-AROUND LOOKING ANTENNA

A. A. Frolov, S. V. Girich, and V. P. Zayarny

We describe the properties of slot radiators operated in the microwave band and the antennas, which are based on them and form directional radiation for all-around or sector surveillance. Experimentally obtained radiation patterns and characteristics of such antennas at frequencies from 8 to 12 GHz are presented.