В.В. Кизименко, Д.В. Москалев, Н.М. Наумович, А.П. Юбко, О.А. Юрцев

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Плоская микрополосковая антенная решетка с одномерным широкоугольным сканированием

Приведены результаты численного моделирования и экспериментального исследования плоской микрополосковой антенной решетки с широкоугольным сканированием в одной плоскости. Исследуются характеристики направленности и согласования в 3-х сантиметровом диапазоне частот.

Ключевые слова: антенная решетка, микрополосковые излучатели, одномерное сканирование, численное моделирование, эксперимент.

Решетки с одномерным фазовым сканированием используются как самостоятельные антенные системы двухкоординатных и трехкоординатных радиолокаторов, в качестве модулей в многомодульных антенных решеток в радиолокаторах различного назначения [1 Роса, 2, 3- мониторинг]. В 3-х сантиметровом диапазоне в качестве излучателей решеток используются, как правило, микрополосковые излучатели. В настоящем докладе описывается плоская антенная решетка, в которой строкой является линейная антенная решетка микрополосковых излучателей с последовательным возбуждением. В плоскости столбцов производится фазовое сканирование в угловом секторе, равном $\pm 45^\circ$. Приводятся результаты численного моделирования и эксперимента. Численное моделирование выполнено в двух известных программах Microwaves Office (далее MWO) и CST Microwave Studio (далее CST). Приводится сравнение результатов моделирования этих двух программах одного и того же объекта.

На рис.1 показан фрагмент решетки их трех строк. Рисунок модели создан в программе AWR. Показаны размер решетки в плоскости H (в плоскости XZ) и расстояние между соседними строками в плоскости E (в плоскости YZ). Это расстояние обеспечивает выполнение условия единственности главного лепестка диаграммы направленности (ДН) при электронном сканировании в плоскости E в секторе углов $0\ldots\pm 45^\circ$ относительно нормали к плоскости решетки.

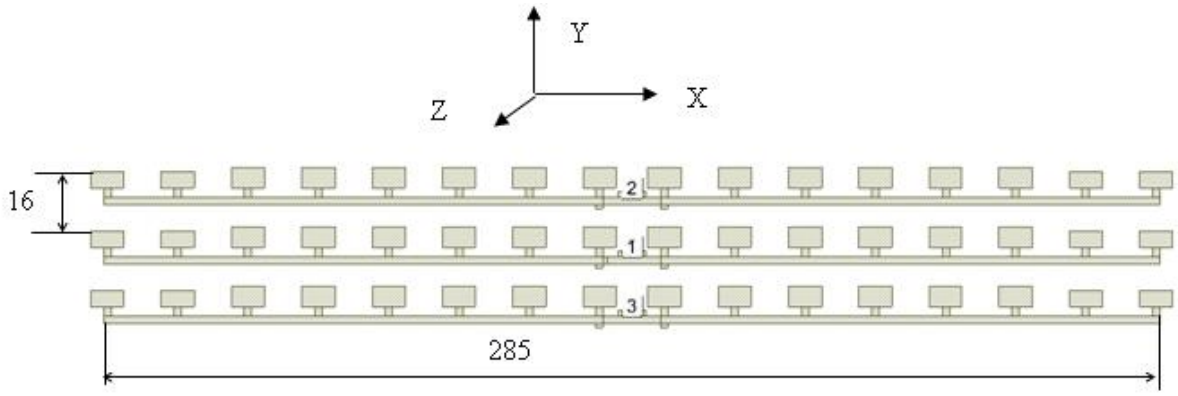

Рисунок 1.

В указанной программе проведено численное моделирование решетки с целью определения размеров элементов для работы в диапазоне частот 9,6-9.8 ГГц. На рис.2 показаны зависимости от частоты коэффициента стоячей волны (КСВ) по трем входам в линии с волновым сопротивлением 50 Ом. Входные разъемы на рис.1 обозначены цифрами 1, 2, 3. На рис.3 показаны зависимости от частоты коэффициента развязки (дБ) между соседними входами. В качестве подложки использован диэлектрик с относительной диэлектрической проницаемостью ε=3, 5 и толщиной H=1,524 мм.

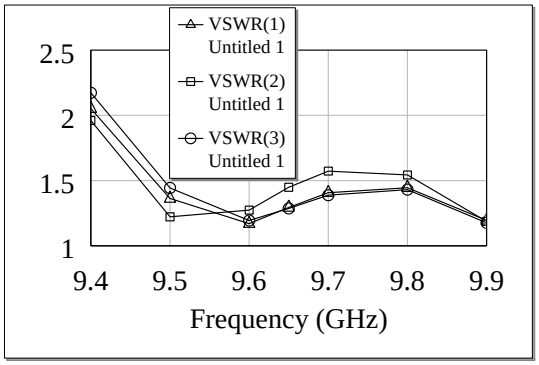

Рисунок 2.

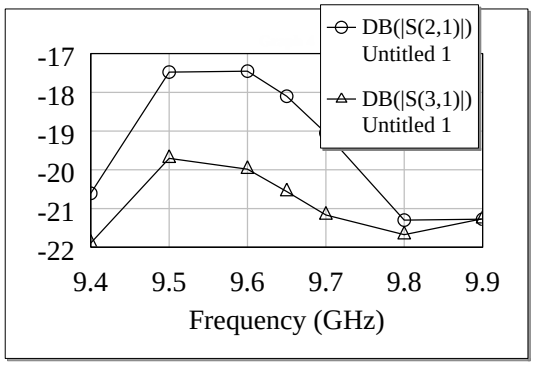

Рисунок 3.

На рис.4,5 показаны ненормированные ДН в плоскости H и E на двух частотах, масштаб линейный. Толстой линией показана ДН по основной поляризации, тонкими линями – ДН по кроссполяризации.

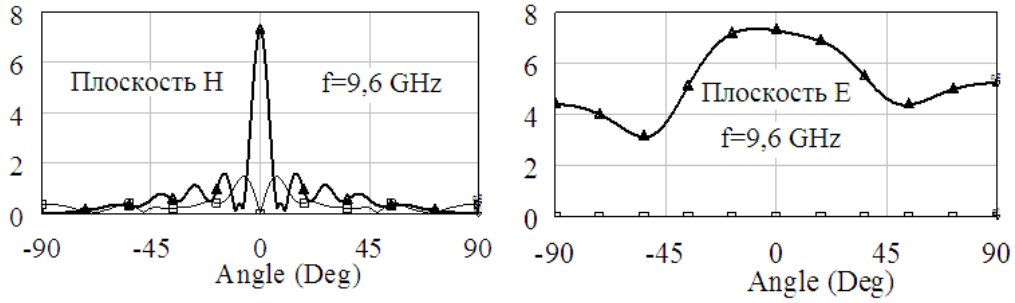

Рисунок 4.

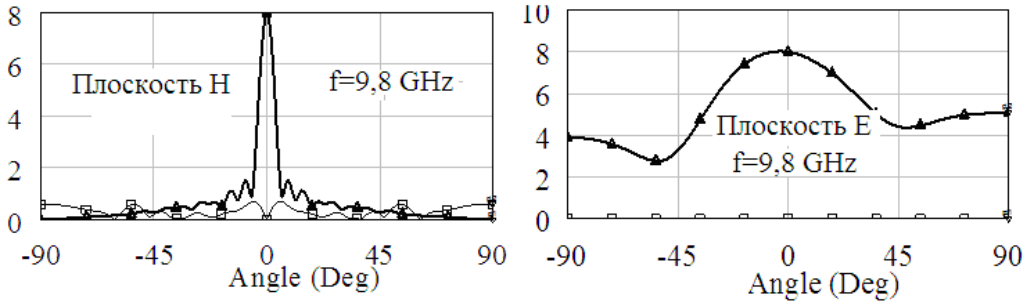

Рисунок 5.

Параметры ДН в плоскости H:

– на частоте 9,6 ГГц: ширина главного лепестка ДН $2\theta_{0,5} = 5,7^{\circ}$, максимальный боковой лепесток Fbm = – 14,1 дБ; уровень поля по кроссполяризации CP = –16,2 дБ;

– на частоте 9,8 ГГц: ширина главного лепестка ДН $2\theta_{0,5} = 5,3^{\circ}$, максимальный боковой лепесток Fbm = – 14,5 дБ; уровень поля по кроссполяризации CP = – 20 дБ.

На рис. 6 – 8 приведены результаты численного моделирования той же решетки в программе CST: рис.6 – зависимость КСВ от частоты по трем входам; рис.7,8 – ДН в логарифмическом масштабе в плоскости Н на двух частотах.

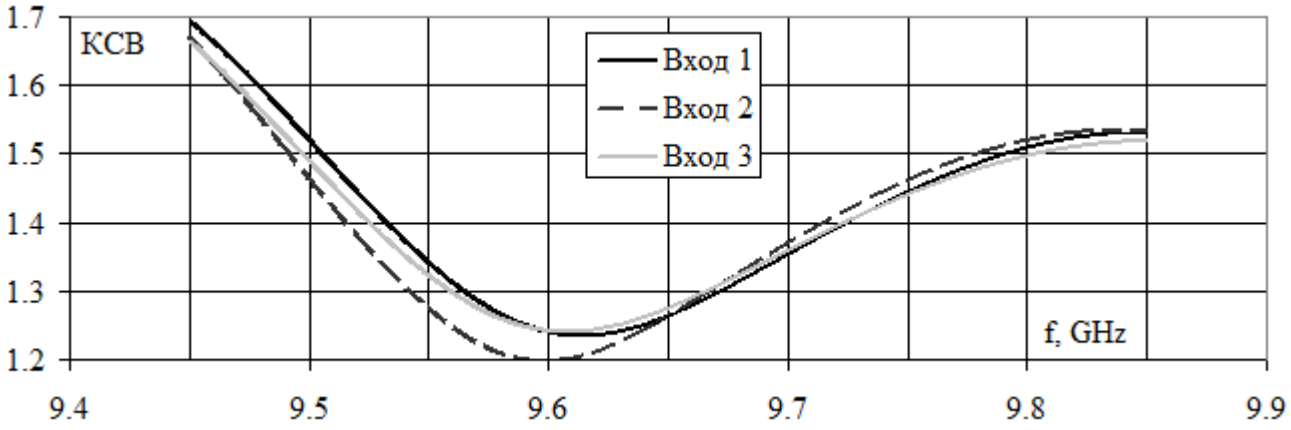

Рисунок 6.

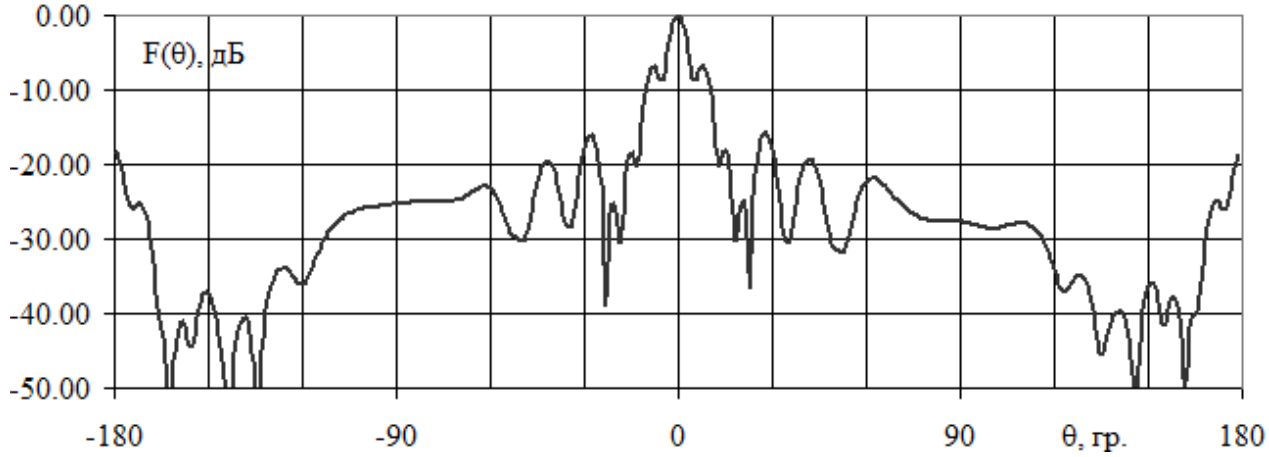

Рисунок 7.

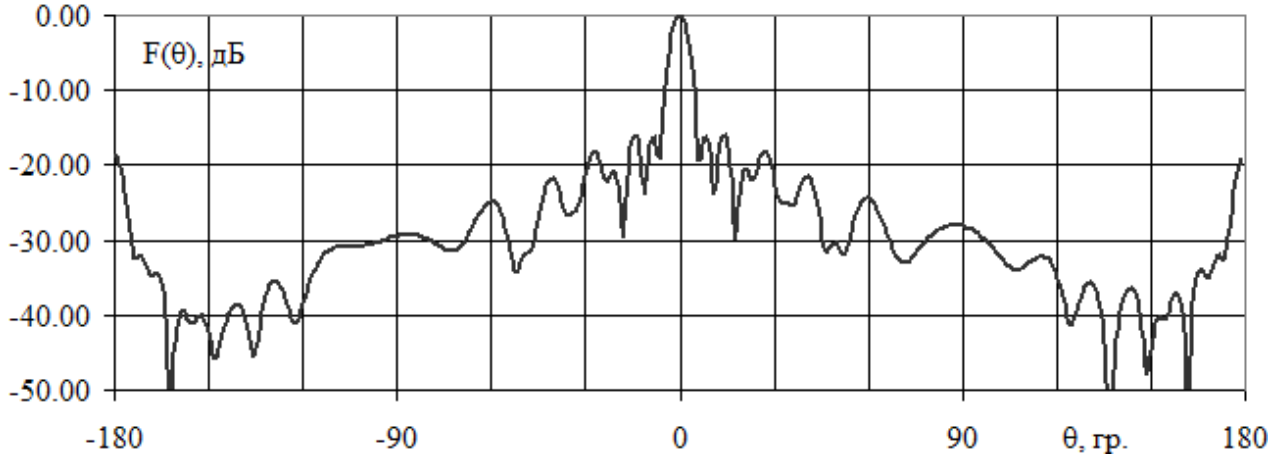

Рисунок 8.

Параметры ДН: рис.7 – частота 9.6 ГГц. $2\theta_{0,5} = 5{,}1^{\circ}$; Fbm = – 9,4 дБ; рис.8 - частота 9.8 ГГц. $2\theta_{0,5} = 5{,}4^{\circ}$; Fbm = – 14,6 дБ.

Из рис.2 и рис.6 следует, что результаты расчета КСВ в программах AWR и CST близки друг к другу. По диаграммам направленности диапазон частот по результатам расчета в CST смещен в сторону высоких частот по сравнению с программой AWR.

На рис.9 представлены результаты измерения ДН в плоскости Н на трех частотах.

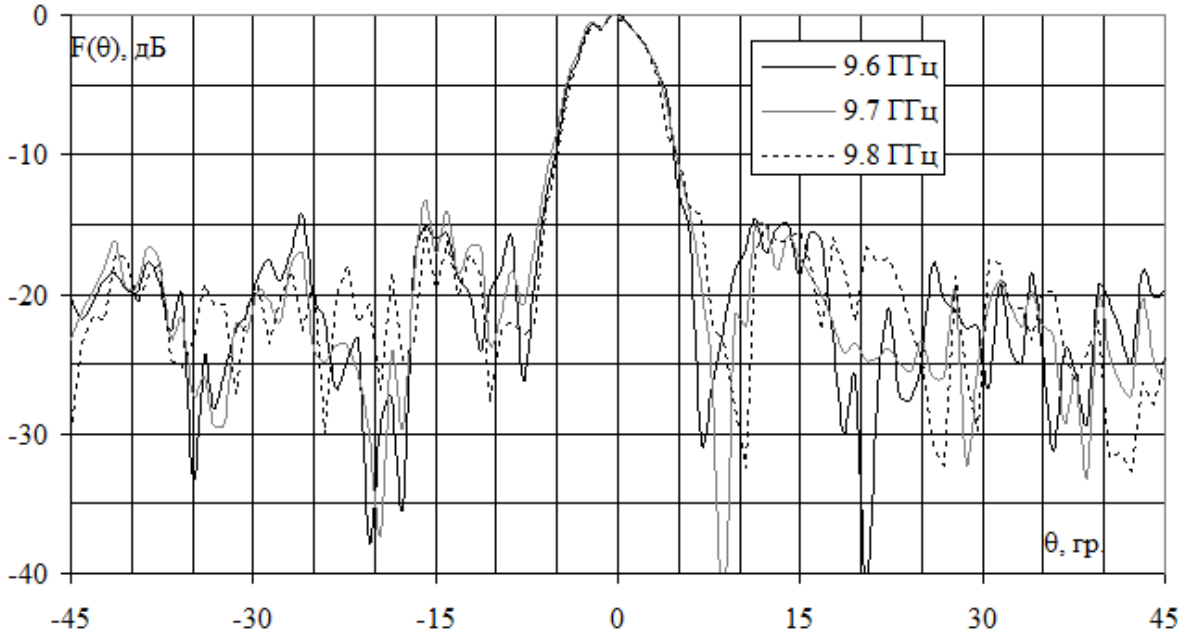

Рисунок 9.

Параметры ДН на частотах:

– частота 9,6 ГГц: ширина главного лепестка ДН $2\theta_{0,5} = 6°$, максимальный боковой лепесток Fbm= – 14,34 дБ;

– частота 9,7 ГГц: ширина главного лепестка ДН $2\theta_{0,5} = 6{,}1°$, максимальный боковой лепесток Fbm= – 13,25 дБ;

– частота 9,8 ГГц: ширина главного лепестка ДН $2\theta_{0,5} = 5{,}8°$, максимальный боковой лепесток Fbm= – 15,0 дБ.

Из полученных результатов следует, что при моделировании в программе AWR и CST зависимости КСВ от частоты получаются близкими, а по диаграммам направленности диапазон частот при моделировании в CST немного смещается в сторону низких частот.

Проведенный эксперимент позволяет сделать выводы том, что по согласованию антенная решетка более диапазона, чем это следует из расчетов по двум программам; по диаграммам направленности – решетка менее диапазона, чем следует из расчетов. Кроме того, решетка по критерию согласования имеет полосу частот значительно шире, чем по критерию сохранения параметров ДН.

Проведено численное моделирование решетки с числом строк Ny=21 в CST. На рис.10 показана ДН в плоскости Е при двух углах сканирования $\theta_m = 0$ и $\theta_m = 45^{\circ}$ на средней частоте

9,7 ГГц. Амплитудное распределение в плоскости столбцов сделано для обеспечения Fbm=-33 дБ при нулевом угле сканирования.

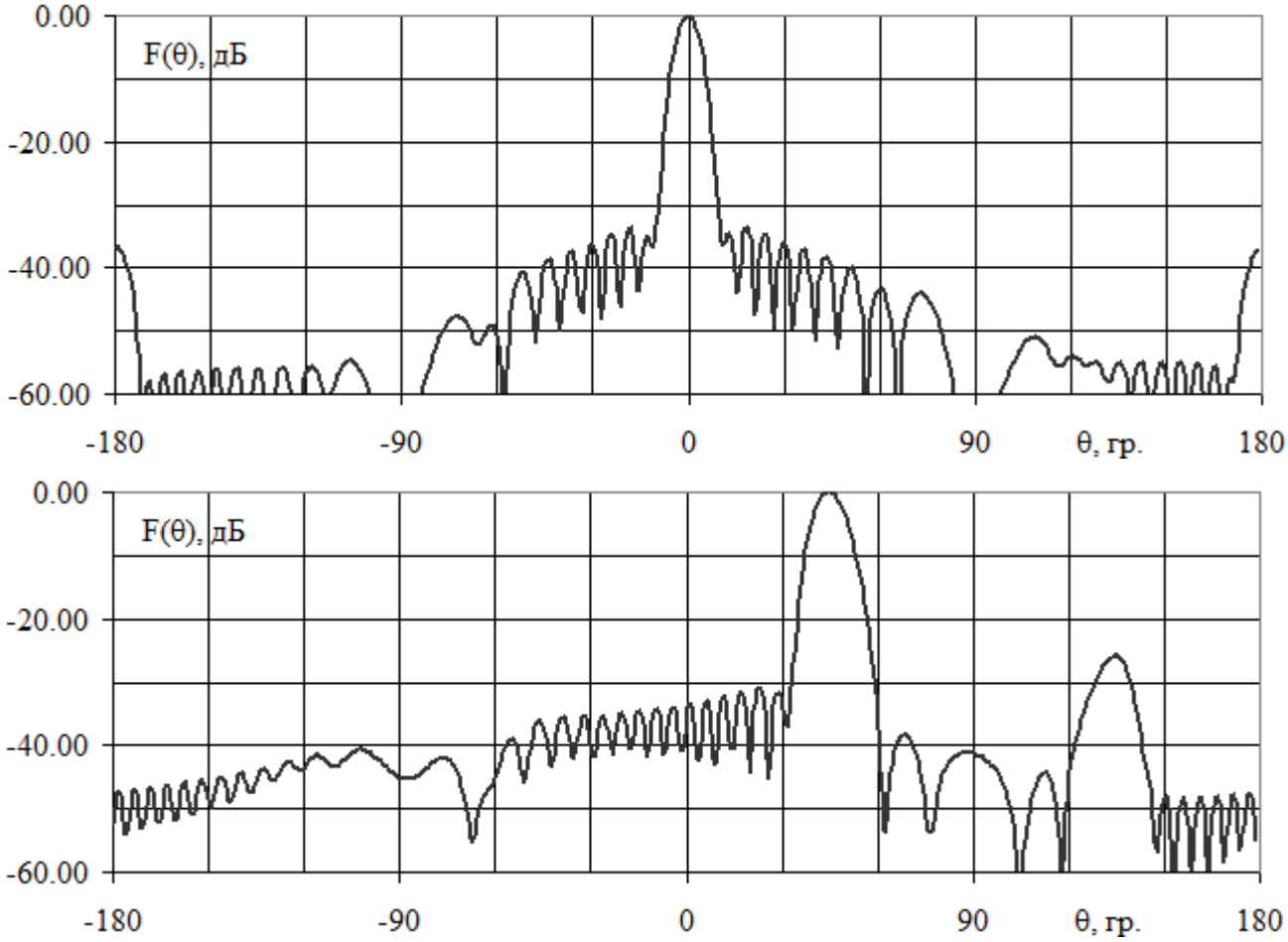

Рисунок 10.

Параметры ДН и КНД:

– θ_m =0: ширина главного лепестка ДН $2\theta_{0,5}$ =6.4° максимальный боковой лепесток Fbm=-33,6 дБ; коэффициент направленного действия КНД = 28.6 дБ.

– $\theta_m = 45^\circ$: ширина главного лепестка ДН $2\theta_{0,5}$ =9°, максимальный боковой лепесток Fbm=-25,9 дБ; коэффициент направленного действия КНД = 27.5.

Библиографический список

1. Радиолокационный комплекс обнаружения маловысотных целей "РОСА-РБ". ООО «КБ РАДАР», г. Минск.
2. eoPortal [Электронный ресурс] / Earth Observation resources. – Режим доступа : https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/t/terrasar-x. – Дата доступа : 11.08.2014.
3. eoPortal [Электронный ресурс] / Earth Observation resources. – Режим доступа : https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/c-missions/cosmo-skymed. – Дата доступа : 11.08.2014.