

С.В. Балландович, Г.А. Костиков, М.И. Сугак
Санкт-Петербургский государственный электротехнический
университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Проектирование и экспериментальное исследование плоской отражательной антенной решетки миллиметрового диапазона

*Представлены результаты теоретического и экспериментального
исследования характеристик плоских многослойных печатных отражательных
антенных решеток миллиметрового диапазона с диаграммой направленности
специальной формы.*

Ключевые слова: печатная отражательная антennaя решетка, фазовый синтез, диаграмма
направленности специальной формы

Введение. В ряде практических приложений представляет интерес реализация антенных решеток (АР) с диаграммой направленности (ДН) специальной формы. Практическая реализация сложного амплитудно-фазового распределения, соответствующего нужной ДН наталкивается на серьезные проблемы, из которых наиболее важной является наличие потерь в диаграммообразующей схеме. В целях их уменьшения целесообразно построение АР с пространственной схемой питания – отражательного или проходного типа. При этом выбором геометрии печатных элементов (ПЭ) излучателей удается довольно гибко управлять формой ДН АР [1-3], используя хорошо развитые процедуры фазового синтеза и идеологию отражательных антенных решеток (ОАР). Особенно актуально такое решение в миллиметровом диапазоне.

В данной работе представлены результаты проектирования и экспериментального исследования многослойной ОАР мм диапазона с ДН специальной формы.

Печатные элементы. Были произведены расчеты для ПЭ с количеством слоев от одного до трех, шаг решетки равен половине длины волны в воздухе, квадратная сетка расположения элементов ($a=b$), толщина каждого слоя $d = 0.508$ мм, диэлектрическая проницаемость материала подложки - 3.55 отн. единиц. Однослойный элемент обладает наименьшим диапазоном регулировки фазы - около 300° ; двухслойный элемент - 570° , трехслойный - 770° . Удачным компромиссом между электрическими характеристиками и технологичностью является ОАР из двухслойных излучателей.

Синтез фазового распределения и геометрии ОАР. Следуя методике [1,2], синтез геометрии излучающего раскрыва ОАР основывается на предварительно найденном фазовом распределении, соответствующем требуемой форме ДН. В данном случае ставилась задача реализации ОАР с амплитудной ДН $F(\theta)$, вид которой представлен на рис.1а. Ограничения при синтезе накладывались на форму разностной ДН, которая вычислялась по формуле $F_p(\theta) = F(\theta) - F(-\theta)$ (рис 1б). Ширина рабочей зоны разностной ДН должна быть не меньше 30° (рис 1б). В [1,2] для

синтеза ОАР применялась методика с использованием итерационного фазового синтеза [4]. Расчеты, однако, показывают, что при решении данной задачи лучше воспользоваться методом «веерных диаграмм» [5], так как в результате его применения получается легко реализуемое фазовое распределение. Эквивалентное амплитудно-фазовое распределение (рис.2а) получено из условия, что поле на краях круглой апертуры спадает на 10 дБ.

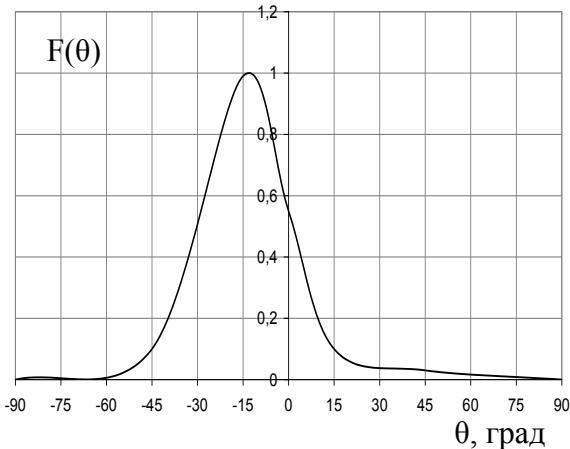


Рис. 1.а

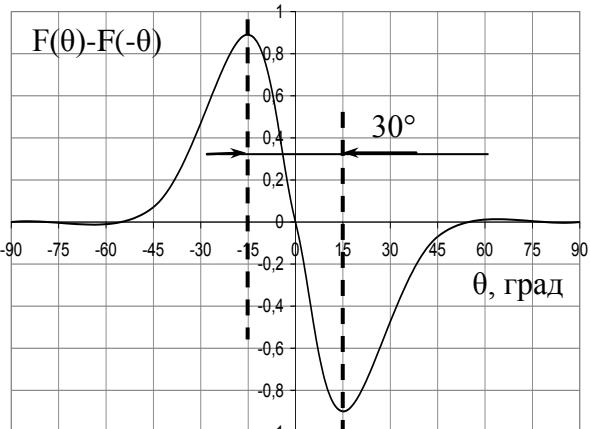


Рис. 1.б

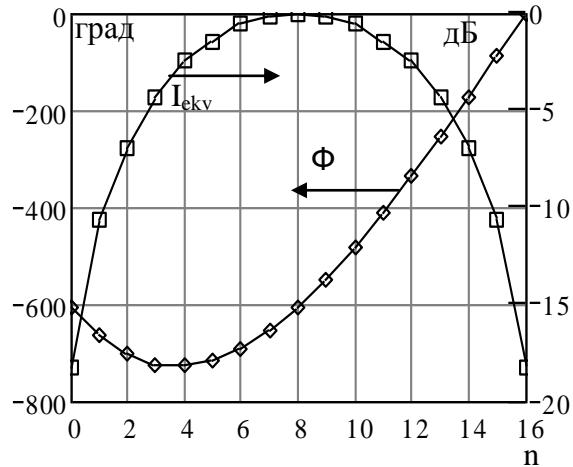


Рис. 2.а

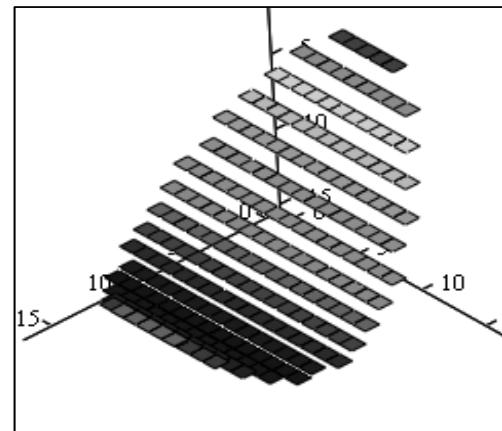


Рис. 2.б

Фазовое распределение в планарной АР представлено на рис.2б, на рис. 3 показана расчетная ДН в линейном масштабе в трехмерном виде.

Переход к нахождению размеров излучателей от найденного фазового распределения осуществляется обычным способом [1].

Экспериментальный образец и его исследование. Синтезированы топологии АР для двух материалов. Один из макетов двухслойной ОАР (рис.4а), реализующий найденное фазовое распределение выполнен из материала RO4003 ($\epsilon = 3.55$).

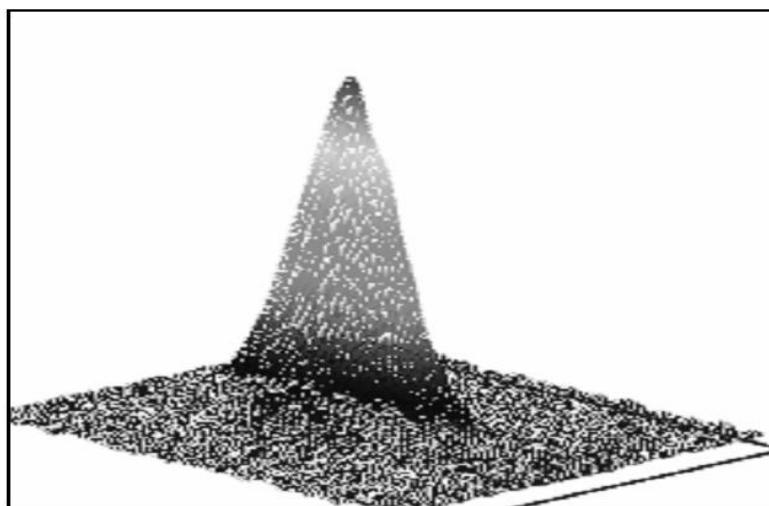


Рис.3.

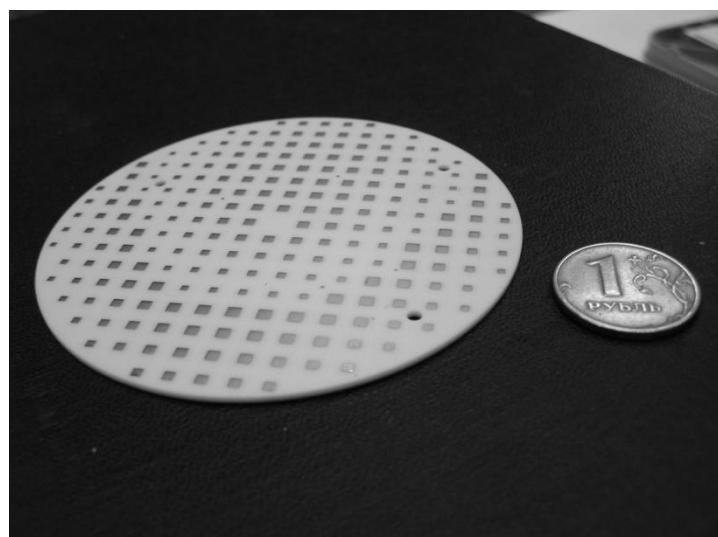


Рис.4.а

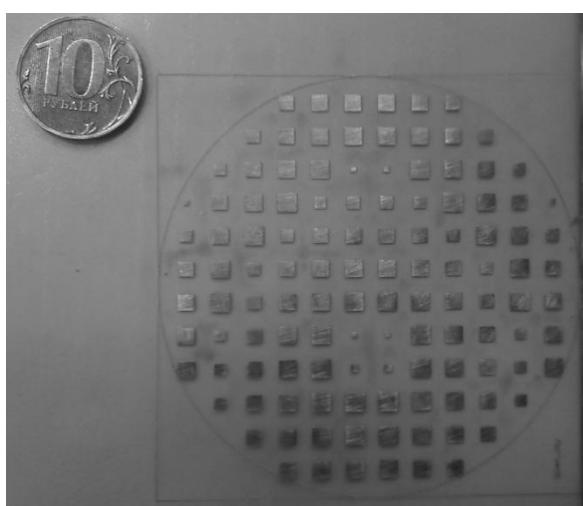


Рис.4.б

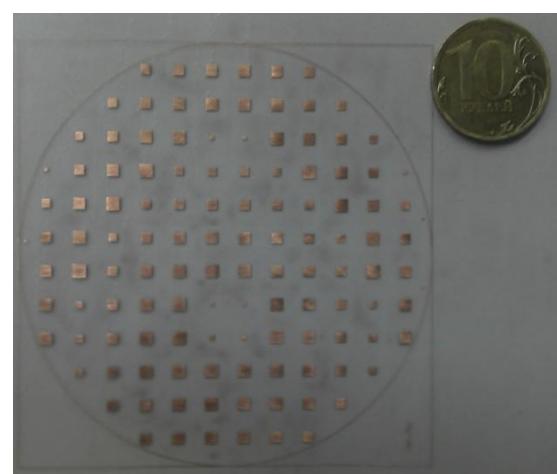


Рис.4.б

$F(\theta)$, дБ

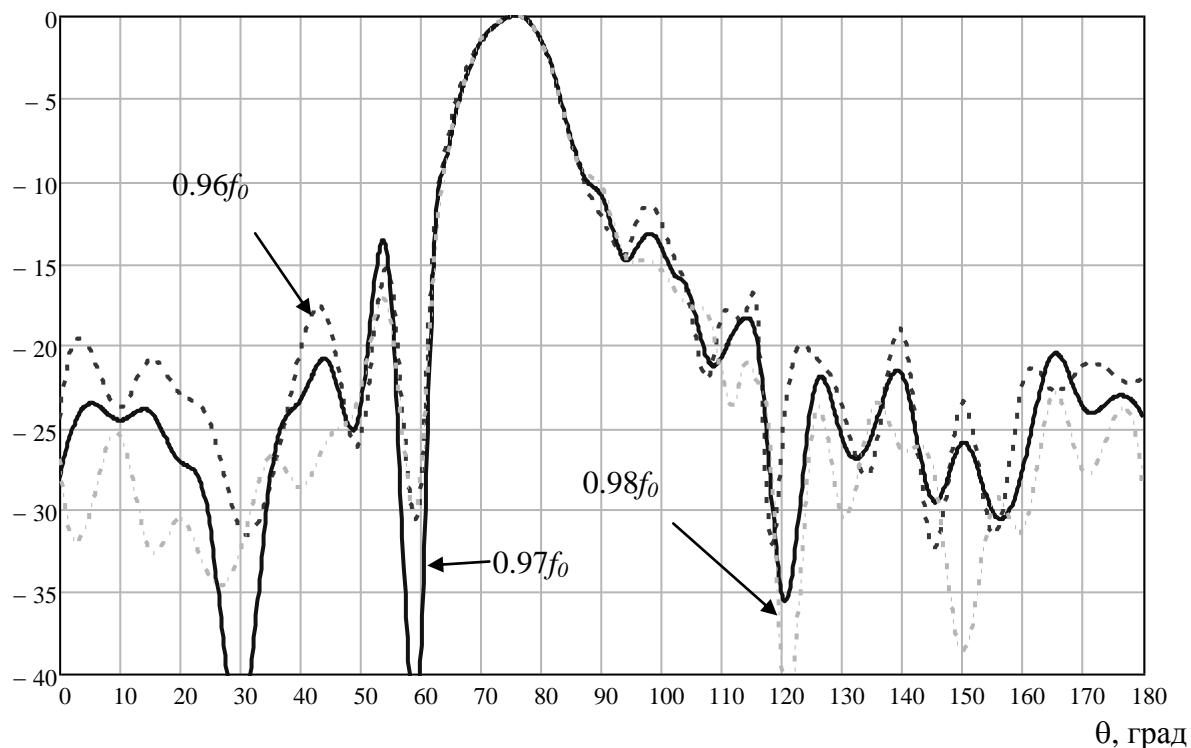


Рис. 5

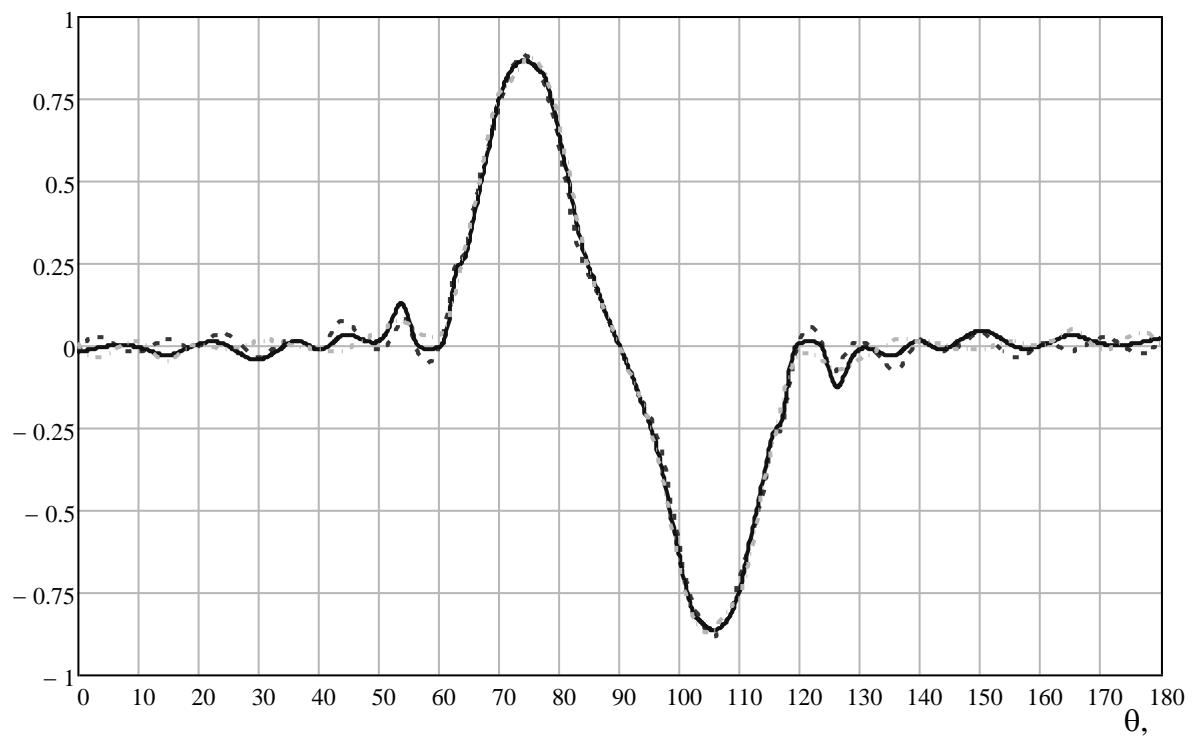


Рис. 6.

На рис. 4б, 4в приведены топологии слоев, полученные методом фотолитографии на лавсане и рассчитанные для диэлектрика с $\epsilon = 1.33$ (толщина

каждого слоя 1мм). На момент написания данный образец находится в стадии измерений.

На рис. 5-6 приведены измеренные ДН (Е плоскость) для образца, показанного на рис. 4а

Хорошее качество ДН сохраняется в трехпроцентной полосе частот $0.96f_0$ - $0.99f_0$ (f_0 –расчетная частота). Из-за затеняющего эффекта облучателя и неоптимальной засветки раскрыва ОАР имеется неравномерность на склоне главного лепестка. Уровень бокового излучения составил около -20 дБ. Для уменьшения затеняющего эффекта целесообразно переходить к компоновке ОАР с вынесенным облучателем, модифицировав при этом процедуру синтеза. Некоторое снижение центральной частоты синтезированной ОАР вызвано технологическими погрешностями в процессе производства многослойных печатных плат.

Библиографический список

1. Балландович С.В., Сугак М.И., Костиков Г.А, Печатные отражательные антенны решетки с диаграммой направленности специальной формы. Антенны. М. N6 , 2008, с.53-59.
2. Балландович С.В., Сугак М.И., Проектирование печатных отражательных антенны решеток с применением метода фазового синтеза, Севастополь, материалы 18-й международной крымской конференции «СВЧ Техника и телекоммуникационные технологии», 2008 г., с 415-416
3. Zornoza J.A., Encinar J.A., Frantz M., [Datashvili L.](#), [Baier H.](#), Sierra-Castaner M., Caballero P., Besada J.L. Experimental Demonstration of Contoured Beam Reflectarrays for Satellite Applications in Proc. of 2003 ITG conference on Antennas INICA, Berlin, 2003.
4. Bucci O.M., Franceschetti G., Mazzarella G., Panariello G. Intersection approach to array pattern synthesis // IEE Proc. V.137, Pt.H, N0.6, Dec.1990. p.349
5. Грибанов А.Н., Фазовый синтез лучей специальной формы в антенных решетках бортовых РЛС, автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук – М.: 2007, 22 с.