

ЭЛЕМЕНТ ШИРОКОПОЛОСНОЙ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ

Щербинина И. Б., Александрин А. М.

научный руководитель канд. техн. наук, профессор Саломатов Ю. П.

ФГАОУ ВПО Сибирский федеральный университет

Институт инженерной физики и радиоэлектроники

В работе рассматривается создание элемента плоской широкополосной антенной решётки (АР), использующего излучающие структуры из искусственного неоднородного диэлектрика.

Основная сложность в создании широкополосного излучателя АР – получение однонаправленной диаграммы направленности (ДН) при сохранении приемлемого согласования и характеристик ДН во всей полосе частот. Известны различные типы широкополосных антенн, которые удовлетворяют одновременно части этих требований. Как правило, создание плоского однонаправленного широкополосного излучателя представляет собой компромисс между хорошим согласованием и приемлемой формой ДН.

Предлагается использовать в составе АР широкополосный излучатель проходного типа из искусственного неоднородного диэлектрика – цилиндрическую линзу Микаэляна. В качестве широкополосного облучателя линзы предлагается использовать широкополосный вибратор в печатном исполнении (рисунок 1), расположенный над металлическим экраном. Построенный таким образом излучатель АР может иметь произвольные размеры апертуры при сохранении плоского фазового фронта, что является преимуществом перед рупорными излучателями. Однако, размер апертуры излучателя жёстко связан с его толщиной и диэлектрической проницаемостью в центре линзы. Кроме того, размер излучателя в составе решётки должен быть возможно меньше (при соответственно более высокой плотности размещения), чтобы уменьшить влияние спадающего к краям амплитудного распределения в линзе Микаэляна.

Тем не менее, использование широкополосного облучателя в комбинации с неоднородной диэлектрической линзой позволяет создать АР со значительно меньшим числом элементов, чем в АР с одиночными антеннами без линз, что снижает число ступеней деления мощности. Описываемый излучатель имеет электрические размеры $2\lambda - 4\lambda$ и работает в октавной полосе частот. Указанные размеры позволяют до 64 раз уменьшить число излучателей по сравнению с АР с полуволновым расстоянием между элементами.

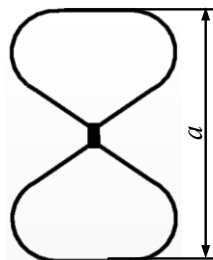


Рисунок 1 – Общий вид излучателя типа «бабочка».

Неоднородную линзу Микаэляна можно представить в виде набора цилиндрических слоев диэлектрика, отличающихся друг от друга диэлектрической проницаемостью. Она изменяется от максимального значения ϵ_1 в центре линзы до единицы на ее краю. Сама линза имеет форму шестиугольника (рисунок 2). Данная

форма позволяет вплотную разместить элементы антенной решетки при гексагональном расположении излучателей. Согласующий слой толщиной $\lambda_0/4$ с $\epsilon_2 = \sqrt{\epsilon_1}$ необходим для уменьшения отражений от границы раздела между линзой и воздушным пространством.

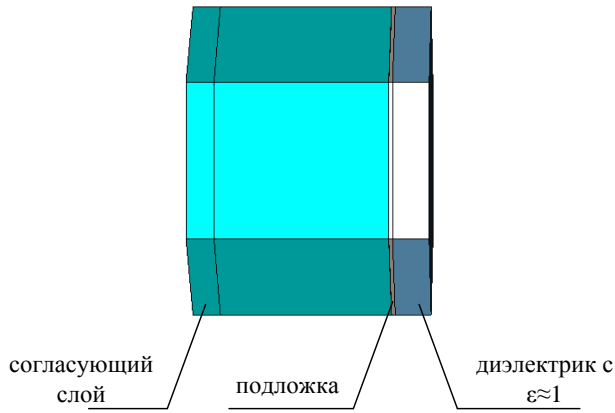


Рисунок 2 – Элементы широкополосного излучателя.

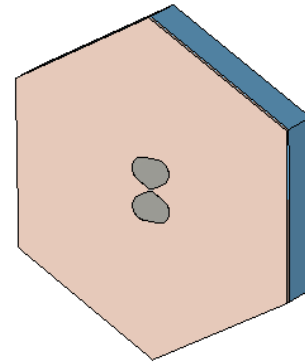


Рисунок 3 – Излучатель в виде антенны-«бабочки».

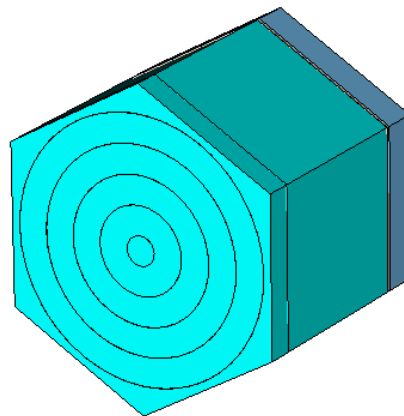


Рисунок 4 – Излучатель в виде антенны-«бабочки».

Расчётные зависимости различных характеристик линзы от количества концентрических слоёв показаны на рисунках 5 – 9.

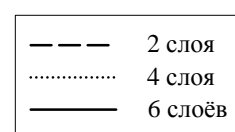
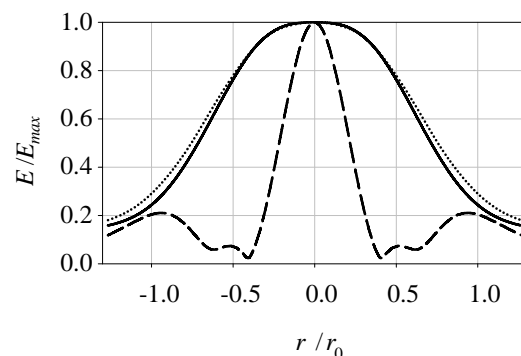
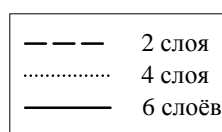
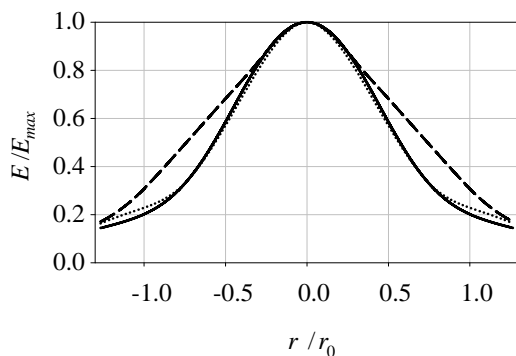
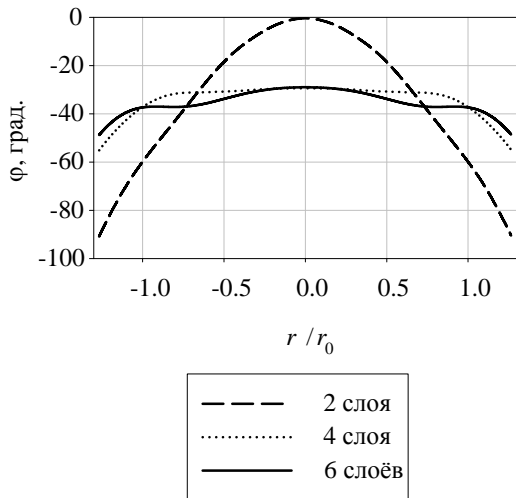


Рисунок 5 – Нормированное амплитудное

Рисунок 6 – Нормированное амплитудное

распределение в раскрыве линзы для
разного количества слоёв для $f = 0,7 f_0$.



распределение в раскрыве линзы для
разного количества слоёв для $f = 1,4 f_0$.

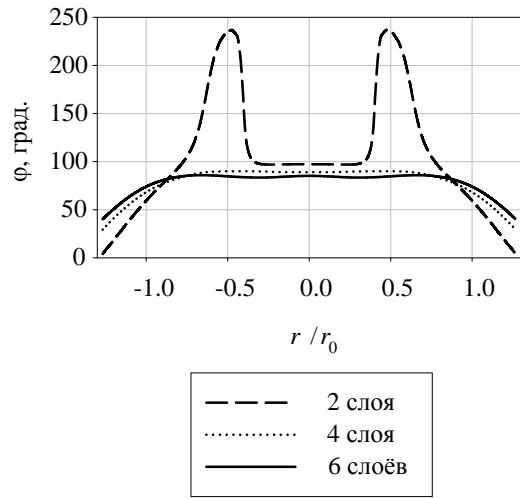


Рисунок 7 – Фазовое распределение в раскрыве линзы для разного количества слоёв для $f = 0,7 f_0$.

Рисунок 8 – Фазовое распределение в раскрыве линзы для разного количества слоёв для $f = 1,4 f_0$.

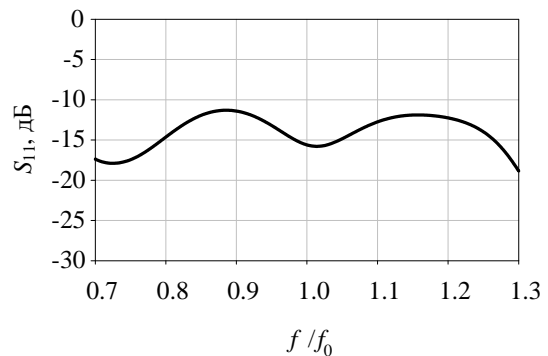
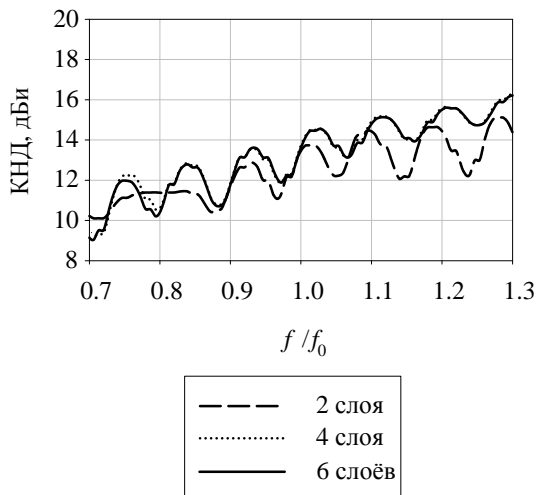


Рисунок 9 – Зависимость КНД от частоты для разного количества слоёв.

Рисунок 10 – Коэффициент отражения элемента антенной решётки в сборе от порта сопротивлением 60 Ом.

Из вышеприведённых графиков видно, что при заданных размерах излучателя достаточное число слоёв равно 4, при этом обеспечивается синфазность излучающего раскрыва.

ДН излучателя приведены на рисунке 11. Из полученных графиков видно, что в Е и Н плоскостях диаграммы направленности сужаются при увеличении частоты. Уровень боковых лепестков не превышает минус 16 дБ в Е плоскости и минус 14 дБ в Н плоскости.

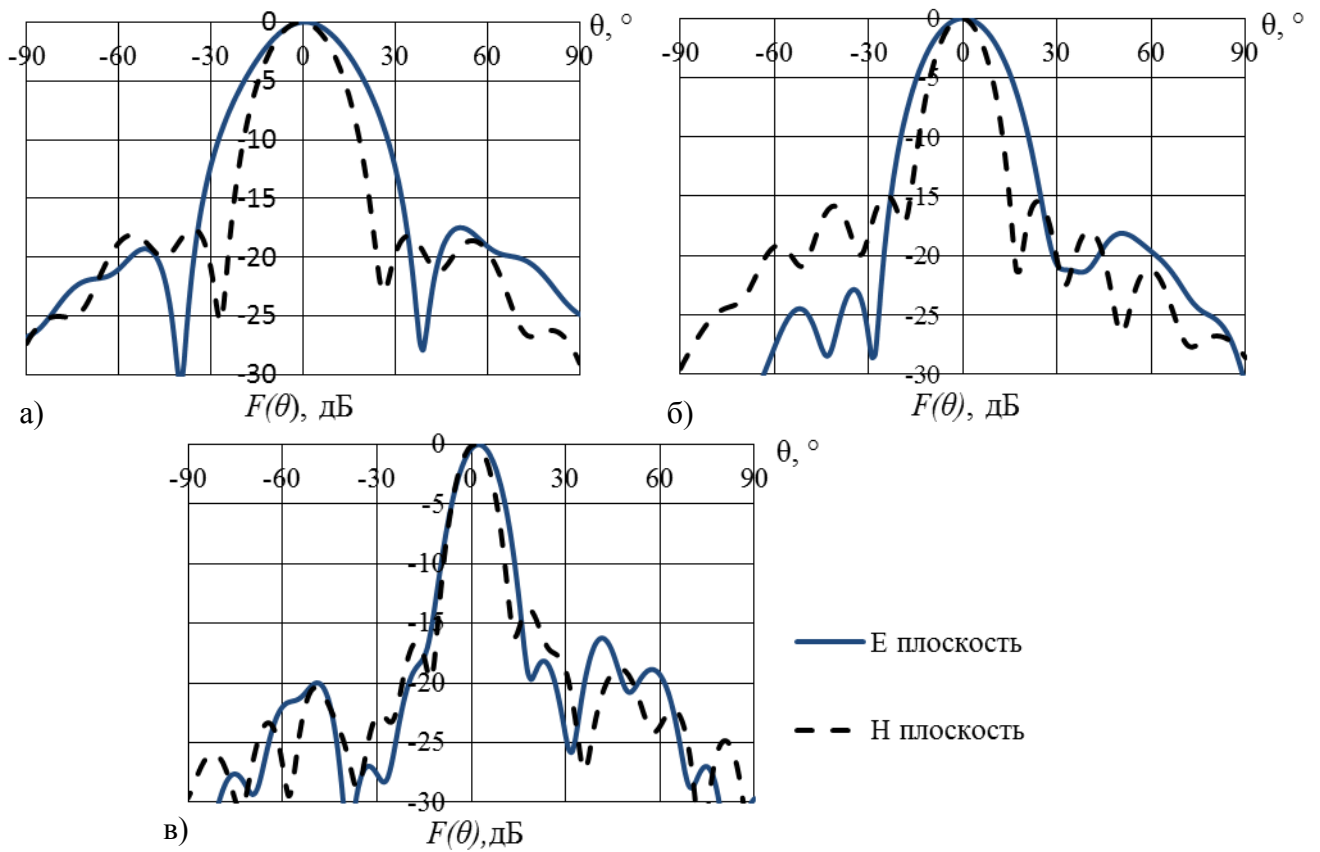


Рисунок 12 – Диаграммы направленности в E и H плоскостях на частотах а) $0,7f_0$; б) f_0 ; в) $1,4f_0$.

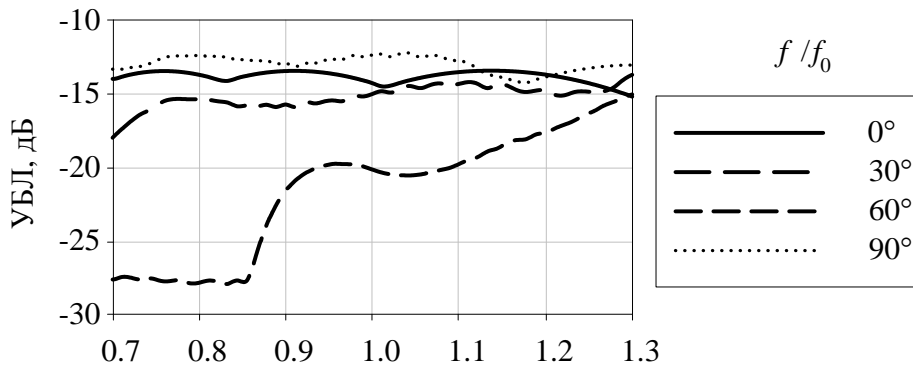


Рисунок 13 – зависимость УБЛ от нормированной частоты гексагональной АР 8×8 , составленной из описанных излучателей, для разных сечений ДН (углы указаны относительно плоскости H).

На рисунке 13 приведена расчётная зависимость максимального УБЛ (включая уровень дифракционных лепестков) от частоты для решётки 8×8 составленной из описанных излучателей. График получен путём умножения ДН излучателя на множитель решётки. Расстояние между элементами решётки составляет $2,75\lambda_0$. Во всей полосе частот подавление дифракционных максимумов не хуже -12 дБ

Описанный излучатель позволяет построение АР с соотношением толщины к размеру апертуры до 1:8, работающей в полосе частот 2:1 при достаточном (ниже -12 дБ) подавлении дифракционных лепестков за счёт узкой ДН отдельного излучателя.