

Печатная антенная решётка диапазона 4.6-5.2 ГГц билинейной поляризации

Ю.Г. Антонов, С.В. Балландович, Г.А. Костиков, Л.М. Любина, М.И. Сугак

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»

Аннотация: приведены результаты моделирования и экспериментального исследования микрополосковой печатной антенной решётки (МПАР) билинейной поляризации. Использование двуслойного элемента позволило расширить полосу рабочих частот до 4.6-5.2 ГГц по уровню коэффициента отражения в -10 дБ, при этом развязка между поляризациями в диапазоне частот 4.6-5 ГГц оказалась не хуже 20 дБ. Таким образом, разработанное антенное устройство может быть применено в диапазоне 4.8-4.99 ГГц, определенном в России в качестве приоритетного для развертывания систем 5G

Ключевые слова: антенна, 5G, печатная антенная решётка, билинейная поляризация

1. Введение

Микрополосковые печатные антенные решётки (МПАР) получили наиболее широкое распространение в различных системах связи ввиду высокой технологичности и хорошими массогабаритными параметрами. МПАР билинейной поляризации также чаще всего рассматриваются в качестве излучателей как ММО-, так и massive ММО- систем связи, включая антенные системы базовых станций [1]. Однако развитие систем мобильной связи новых поколений влечёт за собой и требования к увеличению как скорости передачи данных, так и кратного роста числа одновременно обслуживаемых абонентских устройств [2]-[3]. Это, в свою очередь, определяет и актуальность вопроса эффективного использования доступного для разработчиков частотного спектра.

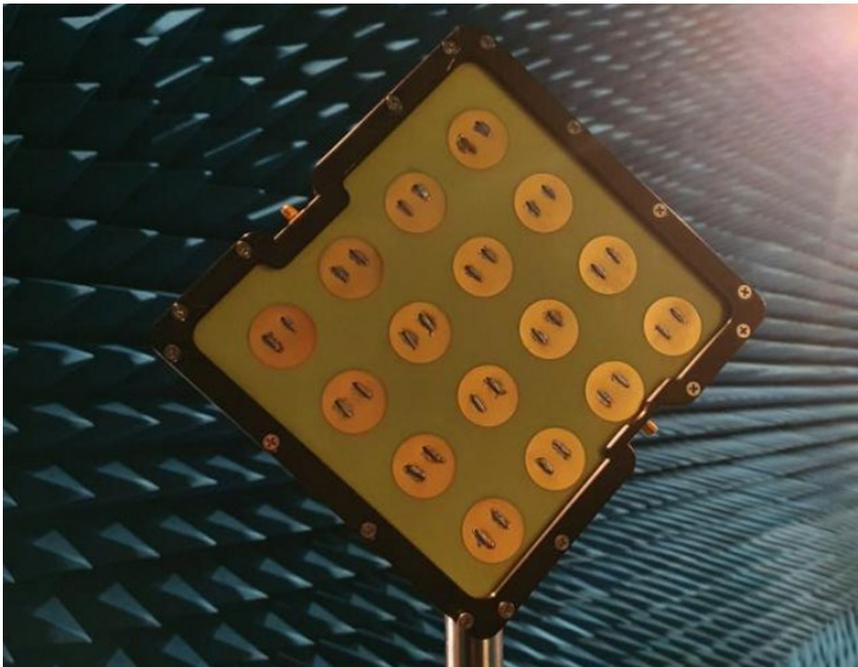


Рисунок 1. Макет МПАР диапазона 4.6-5.2 ГГц билинейной поляризации.

В данной статье представлены результаты численного и экспериментального исследования МПАР (рис.1) с характеристиками, удовлетворяющими требованиям ГКРЧ «Об использовании полос радиочастот радиоэлектронными средствами связи пятого поколения от 24 декабря 2018» для антенны абонентной станции по критерию КУ не более 19.5 дБ.

2. Характеристики МПАР

С целью расширения полосы рабочих частот и повышения КИП разработанной МПАР был использован элемент (рис. 2), состоящий из:

1. Собственно дисковый излучатель.
2. Пенополиэтилен толщиной 2 мм.
3. Проводящий экран.
4. Диаграммо-образующая схема.

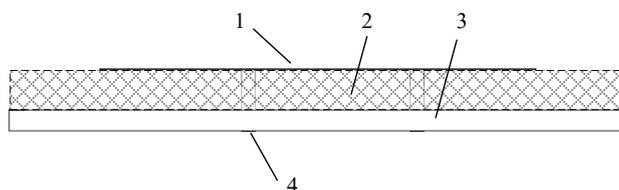


Рисунок 2. Схема элемента МПАР

Печатные синфазные антенные решетки являются одним из наиболее распространённых решений ввиду хороших массогабаритных характеристик и технологичности их производства [4]. Вместе с тем, их практическая реализация традиционно сталкивается с решением двух задач: обеспечения построения разветвленной диаграммообразующей схемы (ДОС) с двумя поляризациями и оценки уровня нагрева микрополосковых линий при работе антенной решетки на высоком уровне мощности [5]-[6]. Известен способ организации ДОС [4], где точки выходов по каждой поляризации одновременно являются точками перехода на другой слой, в котором расположены печатные излучающие элементы.

На основе решения [4] была разработана полноразмерная однослойная МПАР из 16-ти элементов, которая представлена на рис. 3. В качестве разделителя между слоями в этом случае был выбран пенополиэтилен толщиной 2 мм, играющий роль взвешенной подложки для компенсации тепловых потерь, снижающих коэффициент усиления (КУ). Габаритные размеры решётки составили 200×200 мм, диаметр излучателя – 30 мм. Численные частотные зависимости элементов матрицы рассеяния и диаграммы направленности одной из рабочих поляризаций приведены на рис.4 а и рис.4 б соответственно.

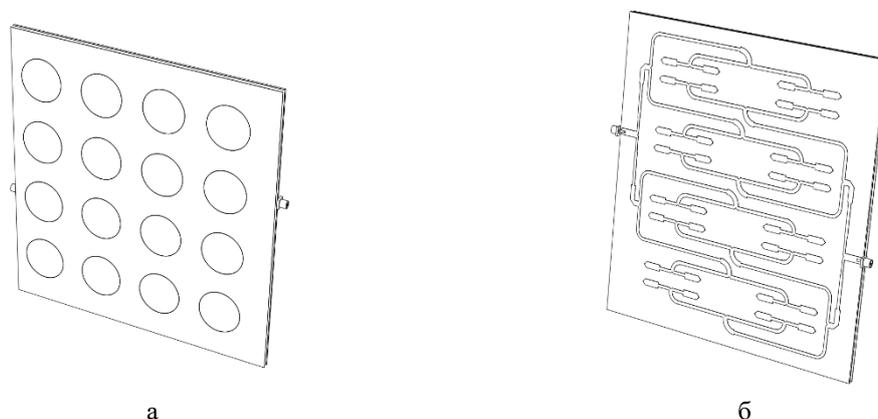


Рисунок 3. Модель 16-элементной МПАР а) вид печатных элементов, б) вид ДОС.

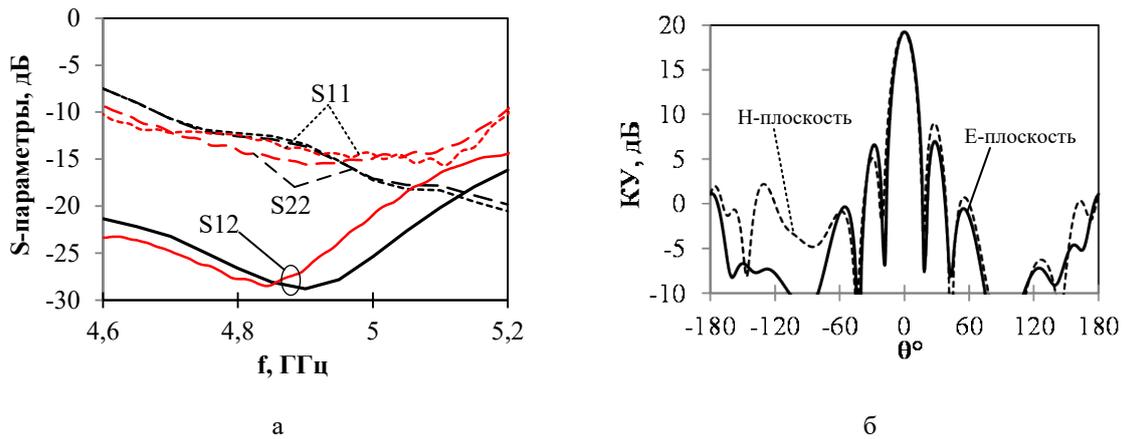
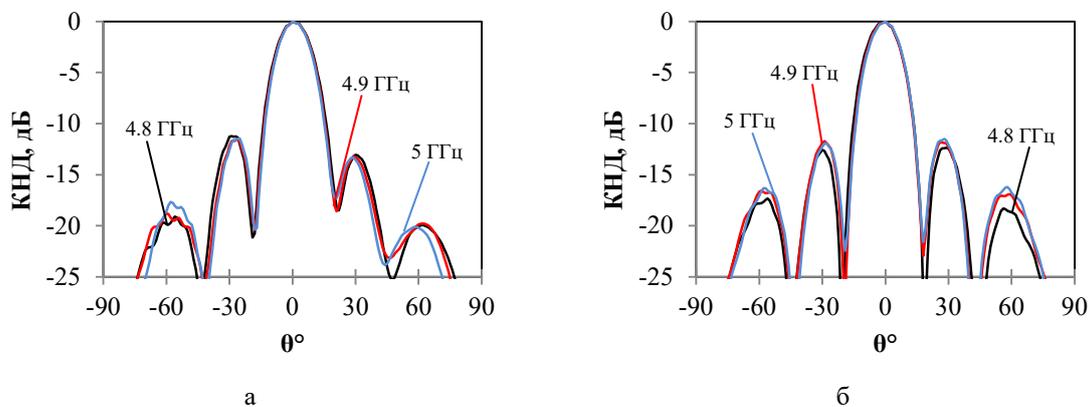


Рисунок 4. Численные а) частотные зависимости S-параметров, б) ДН в Е- и Н-плоскостях.

Измерения макета МПАР (рис. 1) были выполнены в ЦКП «БЭК» СПбГЭТУ «ЛЭТИ» с применением анализатора цепей Agilent N5230A PNA-L и комплекса для антенных измерений в ближней зоне «Антест» БЗ-1. Кронштейн для МПАР выполнен с применением технологии 3D-печати. Экспериментальные частотные зависимости (красные кривые) коэффициентов отражения и развязки представлены на рис. 4а в сравнении с численными данными (черные кривые). Полоса рабочих частот согласно измерениям по уровню коэффициента отражения -10 дБ лежит в диапазоне 4.6-5.2 ГГц. В диапазоне частот 4.6-5 ГГц развязка не хуже 20 дБ. На рис. 5 показаны экспериментальные нормированные ДН на двух рабочих поляризациях в диапазоне 4.8-5 ГГц. На рис. 6 показаны измеренные зависимости КНД. Экспериментальные данные показывают хорошее совпадение с расчетными.



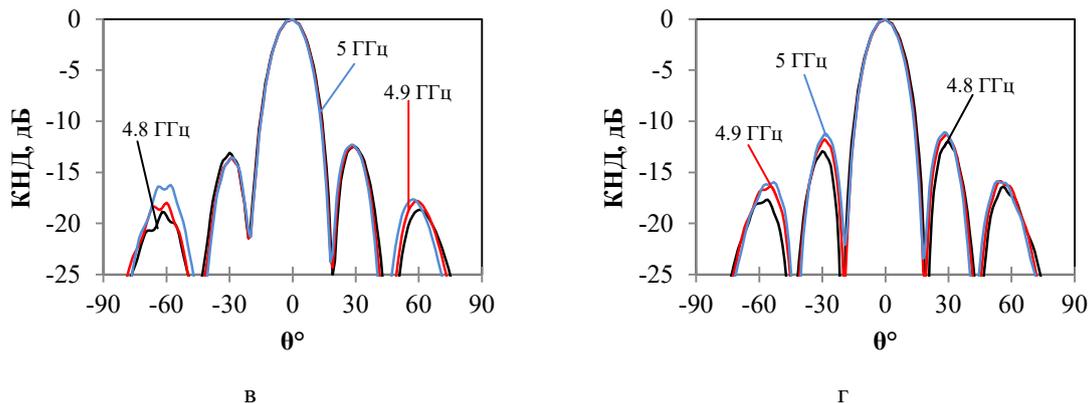


Рисунок 5. Нормированные экспериментальные ДН в полосе рабочих частот МПАР в а) Е-плоскости для 1-й поляризации; б) Н-плоскости для 1-й поляризации; в) Е-плоскости для 2-й поляризации; г) Н-плоскости для 2-й поляризации.

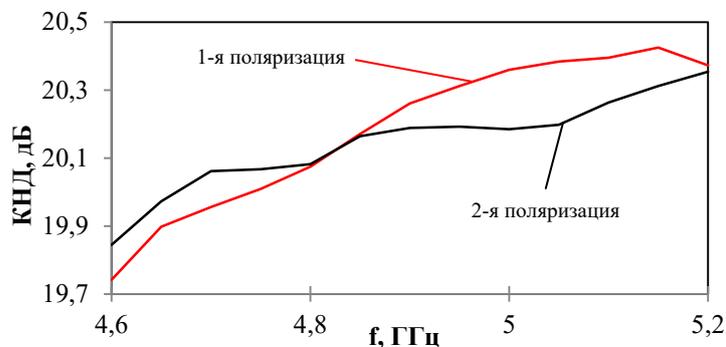


Рисунок 6. Экспериментальные частотные зависимости КНД

3. Заключение

Несмотря на то, что основным недостатком предлагаемого решения является ограниченная полоса рабочих частот, предлагаемая МПАР для массового применения в сетях 5G билинейной поляризации является компромиссом по массе, технологичности и стоимости в производстве. Полоса рабочих частот – 4.8–4.99 ГГц – диапазон, который в настоящий момент определен в России как приоритетный для развертывания систем 5G. Макет отвечает требованиям ГКРЧ «Об использовании полос радиочастот радиоэлектронными средствами связи пятого поколения от 24 декабря 2018» для антенны абонентной станции по критерию КУ не более 19.5 дБ.

Список литературы

1. Massive MIMO for New Radio | Samsung Business Global Networks. URL: <https://www.samsung.com/global/business/networks/insights/white-papers/1208-massive-mimo-for-new-radio/> (05.04.2023).
2. Rappaport T. S. et al. Wireless communications and applications above 100 GHz: Opportunities and challenges for 6G and beyond //IEEE access. – 2019. – Т. 7. – С. 78729-78757.
3. Viswanathan H., Mogensen P. E. Communications in the 6G era //IEEE Access. – 2020. – Т. 8. – С. 57063-57074.
4. Matekovits L. et al. (ed.). Printed Antennas for 5G Networks. – Springer International Publishing, 2022.
5. Pozar David M., Schaubert Microstrip Antennas: The Analysis and Design of Microstrip Antennas and Arrays. – Wiley, 1995.
6. Garg R. et al. Microstrip antenna design handbook. – Artech house, 2001.