

КОЛЬЦЕВАЯ АНТЕННАЯ РЕШЕТКА ДЛЯ ТОЧЕК ДОСТУПА С ПОЛНЫМ ПОКРЫТИЕМ ПО АЗИМУТУ

А. А. Бабаскин¹, В. И. Калинин²

¹RF Mtech, Сеул, Юж. Корея

²Институт радиотехники и электроники им. В. А. Котельникова РАН

Статья получена 29 марта 2014 г.

Аннотация. Предложена кольцевая антенная решетка из шести микрополосковых антенн в качестве антенной системы для точек доступа с полным покрытием по азимуту. Решетка является двухполяризационной и работает в диапазоне 2.4 ГГц. Составлена модель и проведены расчеты частотных характеристик и характеристик излучения. Показано, что каждый элемент решетки имеет направленную диаграмму излучения с коэффициентом обратного излучения около -20 дБ, а вся решетка обеспечивает полное 360° покрытие по азимуту путем формирования луча в каждом из шести угловых секторов. Возможно применение в Wi-Fi точках доступа.

Ключевые слова: микрополосковая антенна, направленная диаграмма излучения, антенная решетка, точка доступа, сканирование по азимуту, формирование луча.

Abstract. The circular antenna array of six patch antennas as an antenna system for access points with full coverage in azimuth is proposed. The array is two-polarized and operates in the 2.4 GHz band. The model is constructed and numerical calculations of frequency and radiation characteristics are carried out. It is shown that each element has the directional radiation pattern with the front-to-back ratio around 20 dB, and the entire array provides full 360° coverage in azimuth by beam forming in each of six angular sectors. Use in Wi-Fi access points is feasible.

Keywords: patch antenna, directional radiation pattern, antenna array, access point, scanning in azimuth, beam forming.

Введение

Как известно, антенна является одним из ключевых элементов точек доступа (ТД), в частности, в стандартах 802.11a/g/n (Wi-Fi), определяющим качество всей системы беспроводной мобильной связи. От качества антенны во многом зависит качество связи ТД с мобильными и стационарными клиентами внутри помещений. В существующих моделях ТД используются решетки антенн разных типов: как всенаправленные по азимуту антенны, так и антенны с направленным излучением. Примером первых являются ТД фирмы Cisco, в которых используется технология “chip-based beamforming”, получившая название “Client Link” [1]. Примером вторых являются ТД фирмы Ruckus Wireless, в которых используется технология “antenna-based beamforming” с названием BeamFlex [2,3]. Возможности формирования луча по технологии “chip-based beamforming” ограничены, так как с использованием ненаправленных антенн не удастся сформировать луч только в заданном направлении и в достаточной степени снизить уровень паразитного бокового и заднего излучения. Это приводит к тому, что не удастся достаточно эффективно усилить сигнал в нужном направлении с одновременным подавлением паразитных сигналов в других направлениях. Эту задачу удастся более эффективно решить с помощью технологии “antenna-based beamforming” с использованием решетки направленных антенн, обеспечивающей полное 360° покрытие по азимуту и формирование луча в нужном направлении. Особенностью этой технологии является то, что не все антенны работают одновременно. Программное обеспечение ТД определяет направление для связи с заданным клиентом и выбирает антенны в решетке, которые формируют оптимальный луч в данном направлении. В этом случае удастся усилить сигнал в нужном направлении до 10 дБ и в то же время подавлять уровень интерференции за счет задних лепестков до 17 дБ [4].

В существующих ТД, спроектированных по технологии “antenna-based beamforming”, используются направленные антенны, не относящиеся к типу резонансных полуволновых микрополосковых антенн. Целью статьи является

предложить двухполяризационную антенную решетку из таких антенн и рассчитать ее характеристики в качестве антенной системы для ТД в диапазоне частот 2.4 ГГц. Преимуществом предложенного решения является высокий коэффициент усиления каждого элемента, компактность, возможность конформного расположения элементов вдоль цилиндрической поверхности, а также возможность размещения радиоэлектронных компонентов ТД во внутренней области кольцевой решетки, которая практически полностью развязана с излучающими элементами. Известны и описаны множество конструкций фазированных антенных решеток (см., например, [5]). Из них, в частности, некоторые конструкции кольцевых микрополосковых антенных решеток на металлических цилиндрических поверхностях, используемых в устройствах мобильной связи, представлены в [6]. Особенностью предложенного в данной статье варианта кольцевой двухполяризационной решетки является то, что микрополосковые антенны в ней возбуждаются с помощью микрополосковых линий и щелей в металлизации, служащей граундом антенны (т.н. апертурно-связанные антенны). Это позволяет для изготовления антенн применить печатную микрополосковую технологию и исключить из технологического цикла операции сверления и пайки. Кроме того, такие антенны являются сравнительно широкополосными, поэтому их характеристики менее чувствительны к возможным отклонениям параметров материалов и конструкции в процессе производства.

2. Элемент кольцевой антенной решетки для ТД

В качестве элемента антенной решетки для ТД используем микрополосковую антенну с двумя ортогональными поляризациями, дизайн которой представлен в [7]. Модель антенны показана на рис. 1. Возбуждение антенны на ортогональных модах происходит через щели связи в металлизации, которая служит граундом для антенны и микрополосковых линий, возбуждаемых через порты P1 и P2. Металлический рефлектор подавляет излучение назад в область за антенной (в направлении оси $-X$ на рис. 1). Обе подложки изготовлены из диэлектрика FR-4 толщиной 1.5 мм.

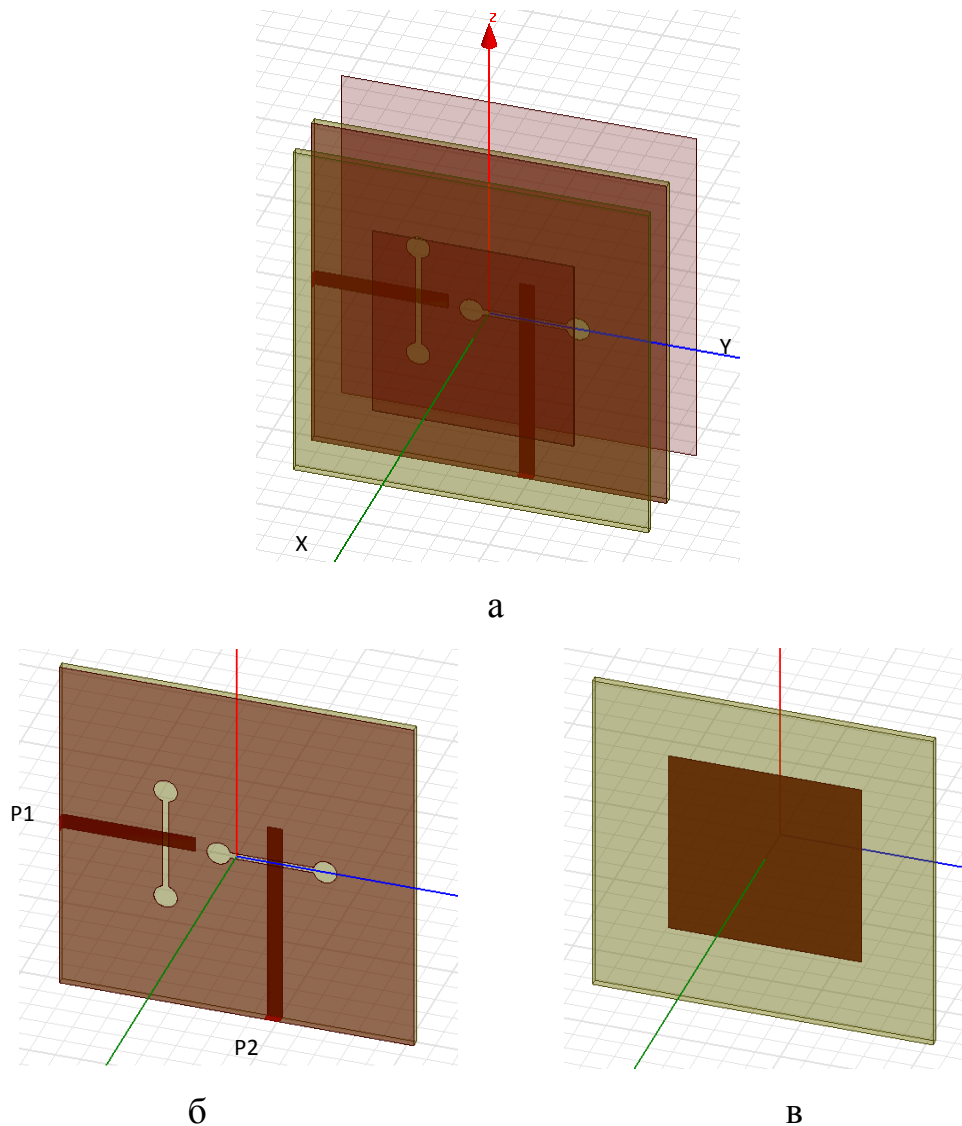


Рис. 1. Микрополосковая двухполяризационная антенна как элемент кольцевой решетки: а – дизайн антенны, б – подложка со щелями связи в металлизации и микрополосковыми линиями на противоположной стороне, в – вторая подложка с проводником квадратной формы на внутренней стороне

На рис. 2, 3 представлены результаты моделирования антенны методом конечных областей. На рис. 2 показаны частотные характеристики (согласование и взаимная связь портов в диапазоне частот), а на рис. 3 - характеристики излучения для обеих ортогональных поляризаций поля на частоте 2.45 ГГц. Связь портов ортогональной поляризации P1 и P2 не выше - 40 дБ в рассматриваемом диапазоне частот, а коэффициент усиления антенны больше 8 дБ на обеих поляризациях с отношением мощностей сигналов,

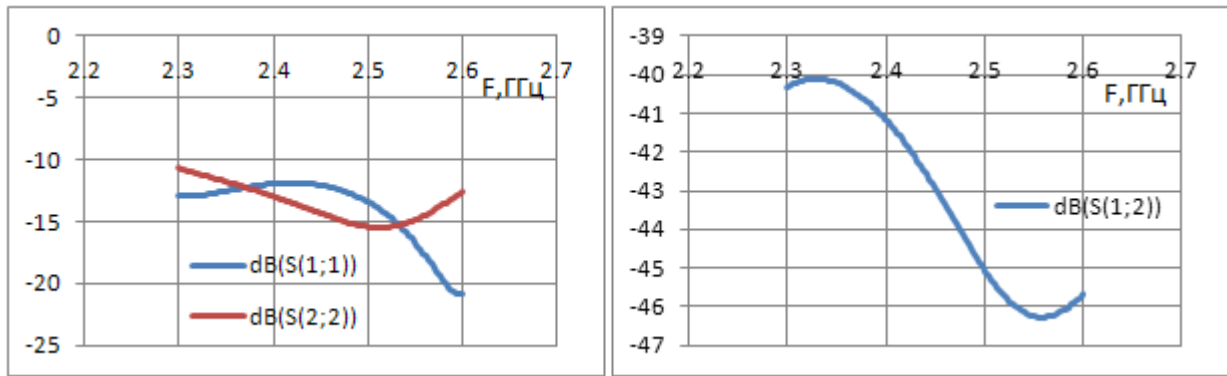


Рис. 2. Согласование и изоляция портов P1 и P2 антенны на рис. 1

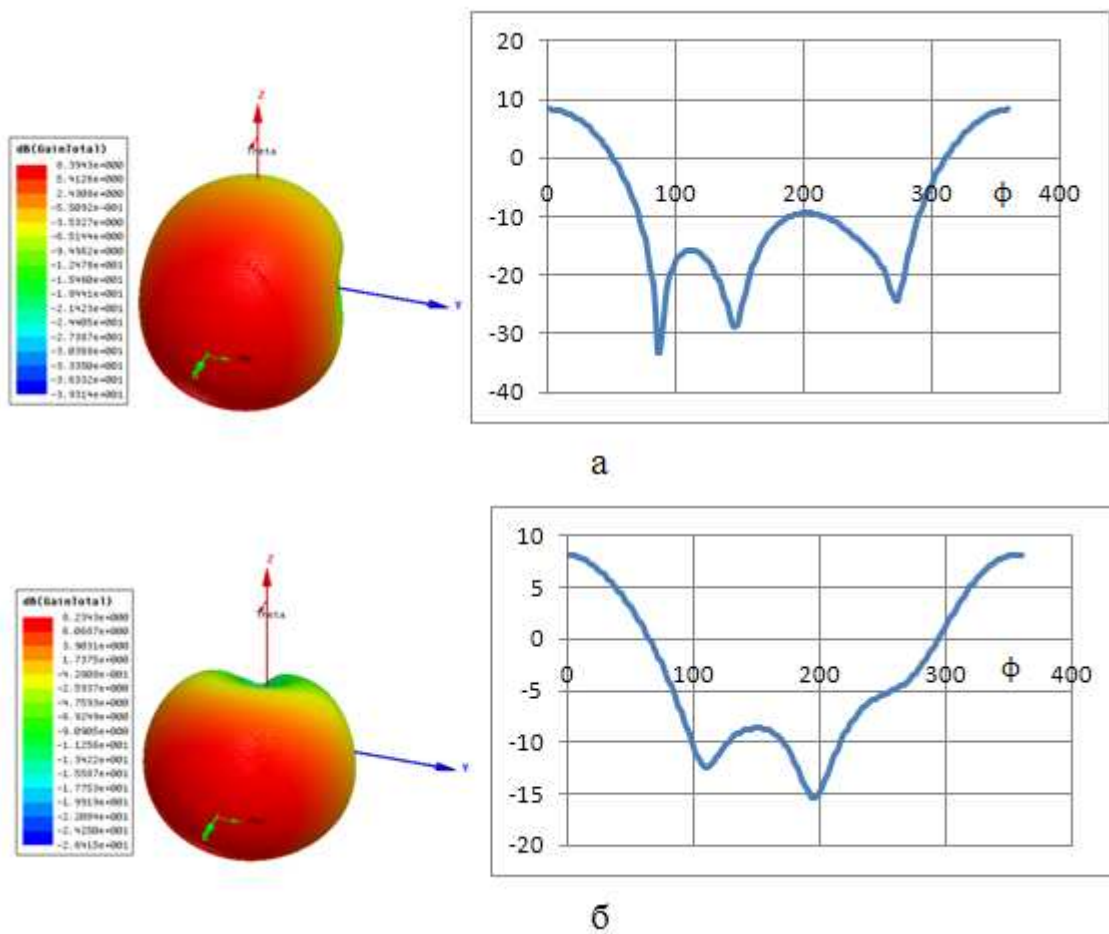


Рис. 3. Пространственные диаграммы излучения и их сечения в горизонтальной плоскости $\theta=90^\circ$ на частоте 2.45 ГГц для антенны на рис. 1:

- а - при возбуждении порта 1 (горизонтальная поляризация поля вдоль оси Y),
- б - при возбуждении порта 2 (вертикальная поляризация поля вдоль оси Z)

излучаемых в направлениях вперед/назад, около 20 дБ. При необходимости параметры антенны можно дополнительно оптимизировать по критерию лучшего согласования по обоим входам в заданном диапазоне частот и по коэффициенту обратного излучения.

3. Антенная решетка

Теперь сформируем кольцевую решетку из 6 микрополосковых антенн, расположенных вдоль окружности диаметром 165 мм, как показано на рис. 4. Решетка имеет 12 входов: нечетные номера соответствуют горизонтальной поляризации параллельно плоскости XOY , а четные – вертикальной поляризации вдоль оси Z . Для наглядности на рис. 4б показаны только подложки с микрополосковыми линиями и соответствующими входами.

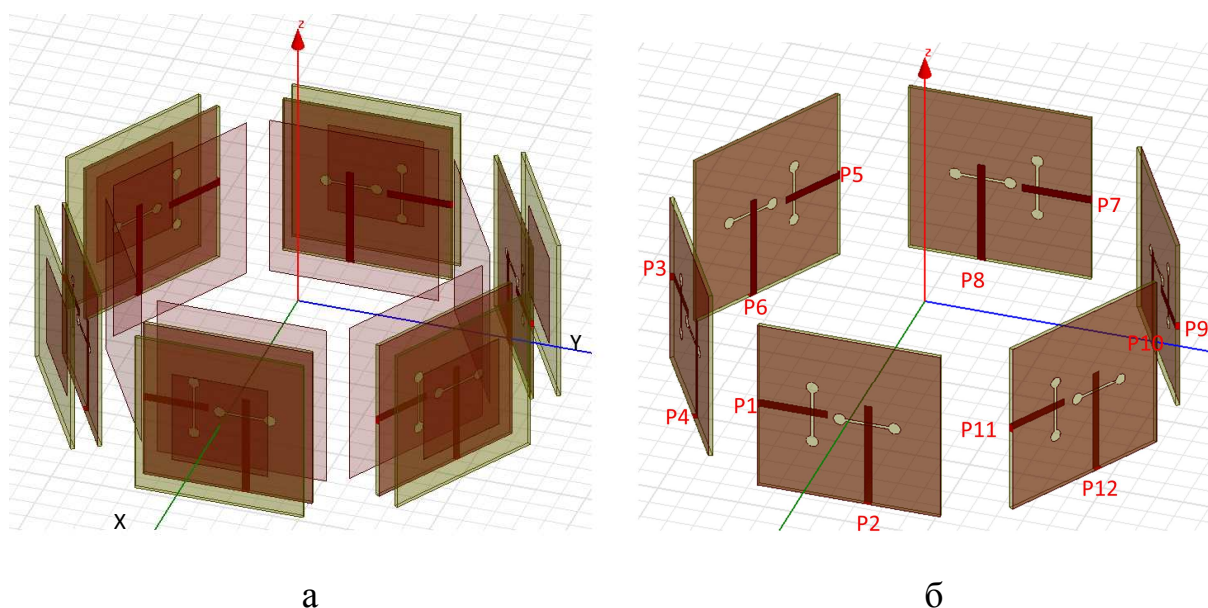
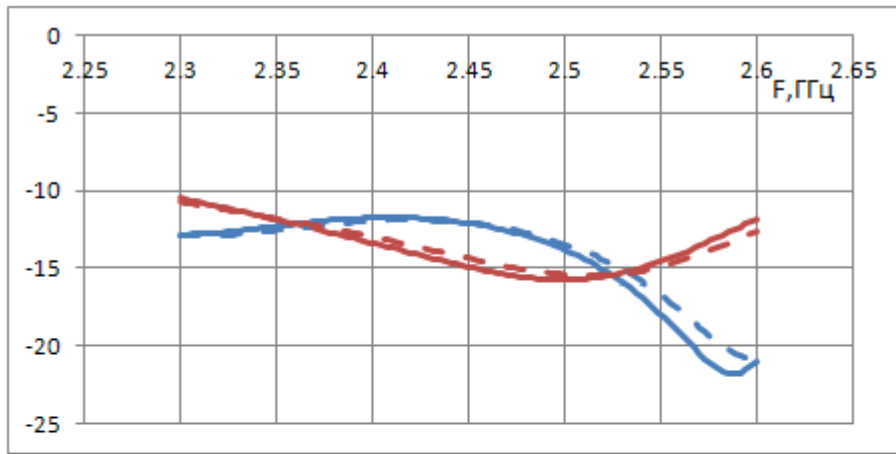


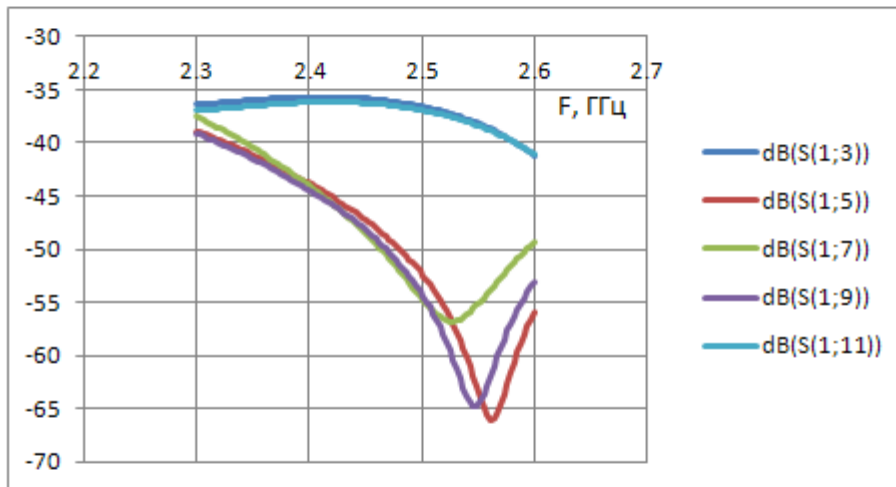
Рис. 4. 12-портовая антенная решетка из шести микрополосковых антенн:

а – дизайн решетки, б – нумерация входов

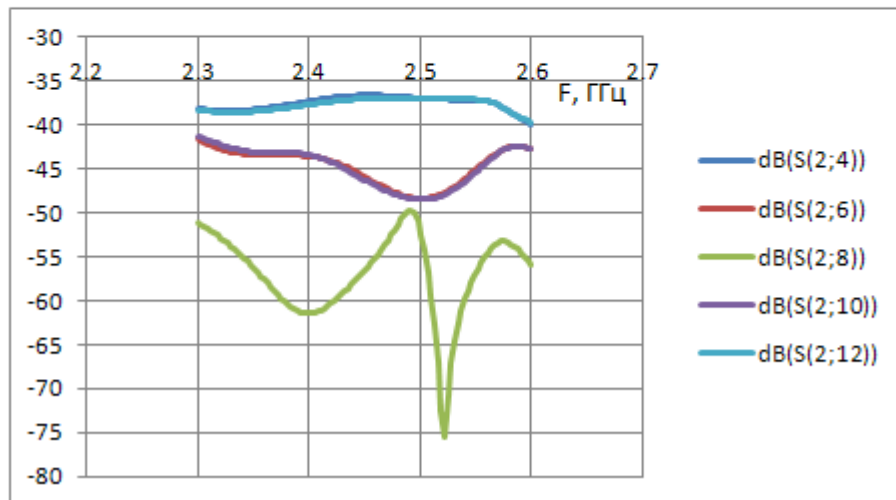
На рис. 5 представлены коэффициенты отражения S_{11} и S_{22} элемента в составе решетки, а также коэффициенты взаимной связи входов одинаковой поляризации S_{1j} , j нечетное (рис.5а) и S_{2j} , j четное (рис.5б) при возбуждении соответственно входа 1 (горизонтальная поляризация) и входа 2 (вертикальная поляризация).



а



б

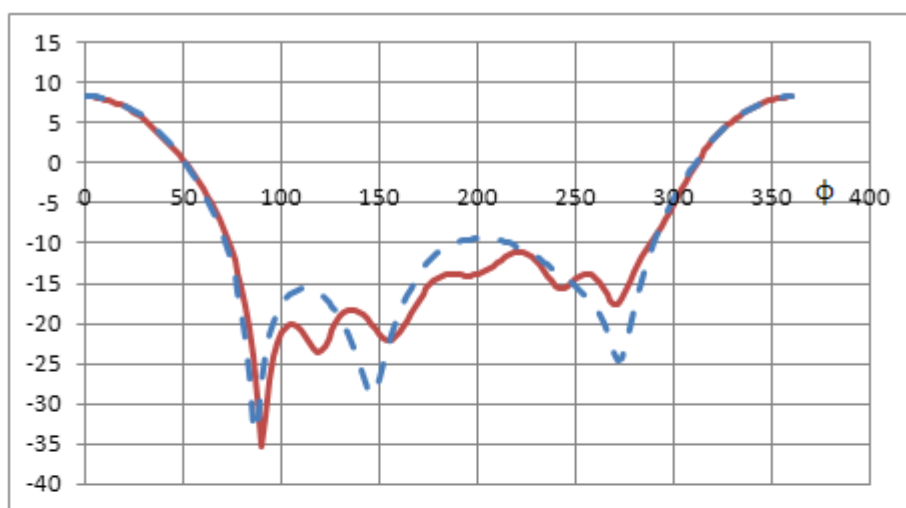


в

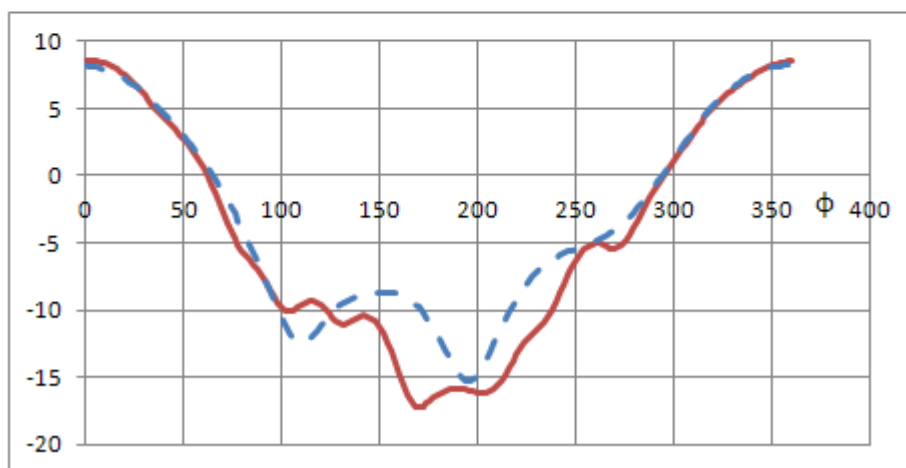
Рис. 5. Частотные характеристики решетки на рис. 4: а - согласование элемента в составе решетки (пунктир - согласование уединенного элемента), б - взаимная связь входов горизонтальной поляризации при возбуждении входа 1, в - взаимная связь входов вертикальной поляризации при возбуждении входа 2

Из этих результатов следует, что согласование элемента в решетке почти не отличается от согласования уединенного элемента, а взаимная связь входов одинаковой поляризации меньше -35 дБ во всем рассмотренном диапазоне частот. Как показывают расчеты, взаимная связь для входов разной поляризации еще меньше и не превышает -40 дБ.

На рис. 6 а, б представлены диаграммы излучения элемента решетки в горизонтальной плоскости $\theta=90^\circ$ при возбуждении входов ортогональной поляризации. Видим, что при слабой взаимной связи элементов диаграммы излучения элемента в решетке отличаются от соответствующих диаграмм уединенного элемента на рис. 3 только в области слабых задних лепестков.



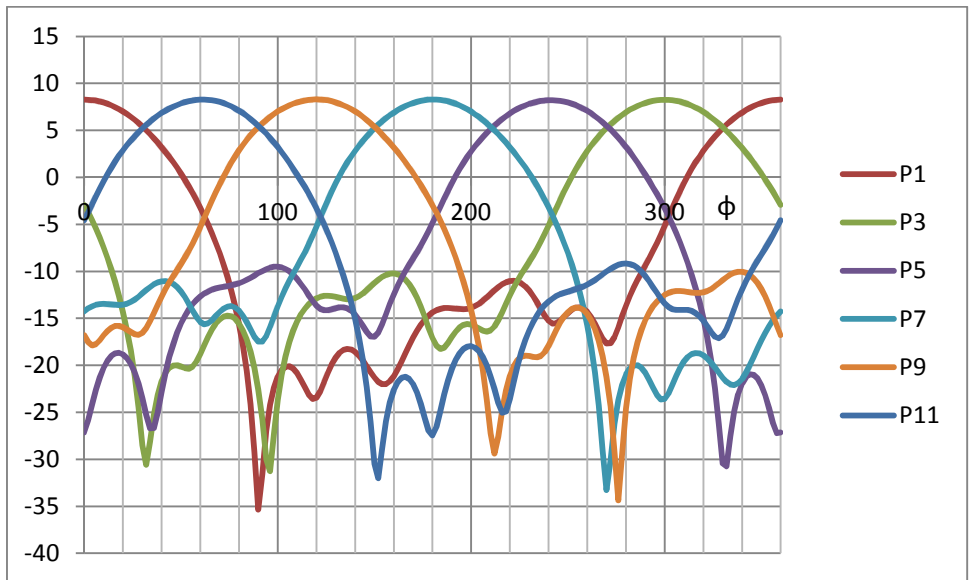
а



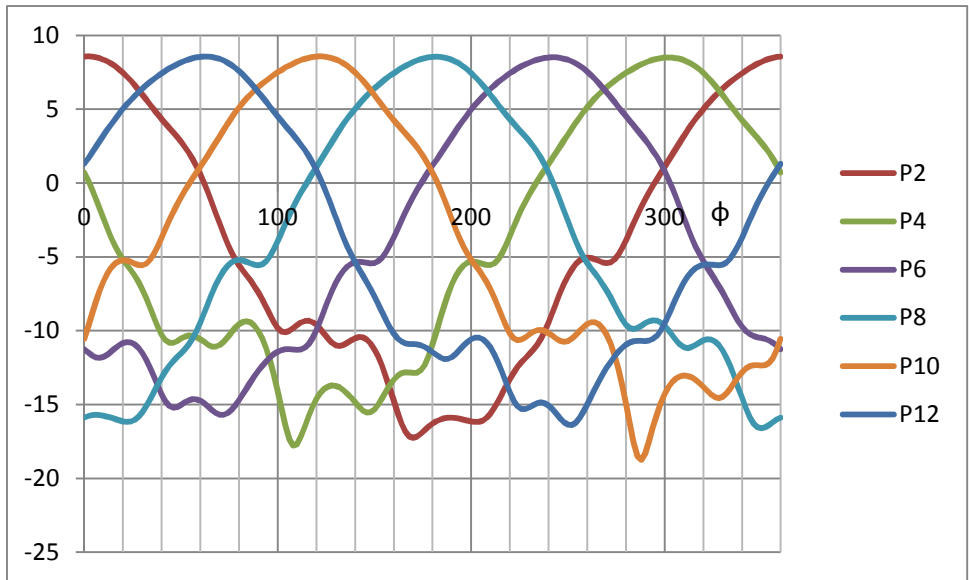
б

Рис. 6. Диаграммы излучения в горизонтальной плоскости $\theta=90^\circ$ элемента в решетке: а - при возбуждении входа 1, б - при возбуждении входа 2; пунктир – диаграммы излучения уединенного элемента

На рис. 7а представлены диаграммы излучения в горизонтальной плоскости решетки на рис. 4 при последовательном переключении входов горизонтальной поляризации (нечетные номера), а на рис. 7б – аналогичные диаграммы при переключении входов вертикальной поляризации (четные номера).



а



б

Рис.7. Диаграммы излучения решетки в горизонтальной плоскости $\theta=90^\circ$
 а - при переключении входов горизонтальной поляризации, б – при переключении входов вертикальной поляризации

Следует отметить, что при переключении входов решетка обеспечивает полное 360° покрытие по азимуту путем формирования луча в заданном угловом секторе на обеих ортогональных поляризациях. Возможность работы одновременно на двух независимых ортогональных поляризациях обеспечивает более высокую скорость передачи информации в беспроводной системе связи ТД – клиент.

4. Заключение

В данной статье предложено использовать эквидистантную кольцевую антенную решетку из шести двухполяризационных микрополосковых антенн в качестве антенной системы для точек доступа с полным покрытием по азимуту. Составлена модель и проведены расчеты частотных характеристик и характеристик излучения в диапазоне 2.4 ГГц. Показано, что решетка обеспечивает полное 360° покрытие по азимуту путем формирования направленных лучей в каждом из шести угловых секторов. Достоинствами предложенной конструкции антенной решетки являются высокий коэффициент усиления каждого элемента, компактность, технологичность, возможность конформного расположения вдоль цилиндрической поверхности, а также возможность размещения радиоэлектронных компонентов ТД во внутренней области решетки, изолированной от излучающих элементов. Данная кольцевая решетка может быть использована в Wi-Fi точках доступа в диапазоне 2.4 ГГц. Используя принцип частотного масштабирования, конструкция антенны легко может быть адаптирована для работы в диапазоне Wi-Fi 5 ГГц.

С точки зрения лучшего качества связи внутри помещений представляет также интерес аналогичная решетка антенн с наклонными $\pm 45^\circ$ относительно вертикальной оси поляризациями. Анализ характеристик такой решетки может быть выполнен в продолжение и развитие данной работы.

Литература

1. Cisco Aironet 1140 Series Access Point. // [Электронный ресурс]. URL:

http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/wireless/aironet-1130-ag-series/datasheet_c78-502797.html

2. Ruckus Wireless MediaFlex 7811 Access Point/7111 Adapter. // [Электронный ресурс]. URL: <https://support.ruckuswireless.com/>

3. Ruckus Wireless ZoneFlex 7982 // [Электронный ресурс]. URL: <https://support.ruckuswireless.com/>

4. Beamforming: The Best Wi-Fi You've Never Seen. // [Электронный ресурс]. URL: <http://www.netcheif.com/Reviews/ZF2942/PDF/ZoneFlex2942-TomsHardware.pdf>

5. Активные фазированные антенные решетки. Под. ред. Д. И. Воскресенского, А.И. Канащенкова. // М.: Радиотехника, 2004.

6. K. Fujimoto, ed. Mobile Antenna Systems Handbook, 3rd edition. Artech House, Inc., 2008.

7. А. А. Бабаскин, В. И. Калиничев. Моделирование Кольцевой Антенной Решетки С Циклическим Фазовым Распределением на Элементах. // Журнал Радиоэлектроники, 2014. [Электронный ресурс]. URL: <http://jre.cplire.ru>