

УДК 621.372.22

СВЕРХШИРОКОПОЛОСНАЯ ПАТЧ-АНТЕННА НАПРАВЛЕННОГО ДЕЙСТВИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ S-ОБРАЗНОГО МЕТАМАТЕРИАЛА

П. ДАВАР¹, А. ДЕ², Н. С. РАГХАВА²

¹Технологический институт им. Гуру Те Бахадер,
Индия, Дели, Нью-Дели, 110064

²Делийский технологический университет,
Индия, Дели, Нью-Дели

Аннотация. В работе предложена параметрическая оптимизация антенны при использовании S-образного метаматериала, встроенного в подложку антенны. При встраивании предложенной решетки из метаматериала внутрь подложки антенны ширина полосы пропускания антенны увеличивается на 74%, а коэффициент направленности возрастает на 11%. Результаты, полученные в случае моделирования в системе Ansoft HFSS на основе метода конечных элементов и программирования в среде MATLAB на основе формул САПР при использовании анализа эквивалентной схемы замещения патч-антенны, хорошо согласуются между собой. В работе поясняется эволюция S-образной формы начиная от простейшей формы разрезного кольцевого резонатора с одним кольцом. Изготовленная предлагаемая структура позволила получить отклонение от результатов моделирования не более 6%. Эта антенна из метаматериала позволяет преодолеть ограничение, связанное с узкой полосой пропускания патч-антенны, и помогает поддерживать низкий профиль антенны, обеспечивая 81% миниатюризацию.

Ключевые слова: антенна; метаматериал; МТМ; материал с отрицательным коэффициентом преломления; отрицательная рефракция; RMPA; прямоугольная микрополосковая патч-антенна; DNG; HFSS; MNG

1. ВВЕДЕНИЕ

Метаматериалы (МТМ) создаются для изменения объемной магнитной проницаемости и/или диэлектрической проницаемости среды [1]. Эти материалы формируются путем периодического размещения структур, которые изменяют параметры материала, причем отдельные элементы имеют размеры меньше длины падающей электромагнитной волны. Это приводит к появлению «мета», т.е. измененного поведения, или поведения, которое недостижимо для природных материалов [2]. Форма частиц влияет на значение отрицательной диэлектрической проницаемости, соответствующей

резоансу Фрелиха (Frohlich). Геометрия частицы с отрицательной диэлектрической проницаемостью оказывает сильное влияние на ее поверхностные плазмонные свойства.

В работе использован программный пакет HFSS, поскольку он представляет собой высокопроизводительное моделирующее устройство полного электромагнитного (ЭМ) поля для моделирования произвольных трехмерных объемных пассивных устройств [3].

В этой статье кратко изложено проектирование прямоугольной микрополосковой патч-антенны RMPA (Rectangular Microstrip Patch Antenna) с резонансной частотой 4,3 ГГц

DOI: [10.20535/S0021347018090029](https://doi.org/10.20535/S0021347018090029)

© П. Давар, А. Де, Н. С. Рагхава, 2018

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Schantz, H. *The Art and Science of Ultra-Wideband Antennas*. Artech House, 2005.
2. Balanis, C. A. *Antenna Theory*, 4th ed. John Wiley & Sons, Inc., 2016.
3. Pozar, D. M. "Microstrip antennas," *Proc. IEEE*, Vol. 80, No. 1, P. 79-91, 1992. DOI: [10.1109/5.119568](https://doi.org/10.1109/5.119568).
4. Volakis, J. *Antenna Engineering Handbook*, 4th ed. McGraw Hill, 2007.
5. Wang, S.; Feresidis, A. P.; Goussetis, G.; Vardaxoglou, J. C. "Low-profile resonant cavity antenna with artificial magnetic conductor ground plane," *Electronics Lett.*, Vol. 40, No. 7, P. 405-406, 2004. DOI: [10.1049/el:20040306](https://doi.org/10.1049/el:20040306).
6. Ahsan, M. R.; Islam, M. T.; Ullah, M. H.; Misran, N. "Bandwidth enhancement of a dual band planar monopole antenna using meandered microstrip feeding," *The Scientific World J.*, Vol. 2014, ID 856504, 2014. DOI: [10.1155/2014/856504](https://doi.org/10.1155/2014/856504).
7. Lee, K. F.; Luk, K. M.; Mak, K. M.; Yang, S. L. S. "On the use of U-slots in the design of dual-and triple-band patch antennas," *IEEE Antennas Propag. Mag.*, Vol. 53, No. 3, P. 60-74, 2011. DOI: [10.1109/MAP.2011.6028422](https://doi.org/10.1109/MAP.2011.6028422).
8. Wong, K.-L. *Compact and Broadband Microstrip Antennas*. Hoboken, NJ: Wiley-Interscience, 2004.
9. Dawar, Parul; Raghava, N. S.; De, Asok. "Ultra wide band, multi-resonance antenna using swastika metamaterial," *Int. J. Microwave Optical Technology*, Vol. 11, No. 6, P. 423-420, 2016.
10. Ahsan, M. R.; Islam, M. T.; Ullah, M. H.; Singh, M. J.; Ali, M. T. "Metasurface reflector (MSR) loading for high performance small microstrip antenna design," *PLOS One*, May 2015. DOI: [10.1371/journal.pone.0127185](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0127185).
11. Linden, S.; Enkrich, C.; Dolling, G.; Klein, M. W.; Zhou, J.; Koschny, T.; Soukoulis, C. M.; Burger, S.; Schmidt, F.; Wegener, M. "Photonic metamaterials: Magnetism at optical frequencies," *IEEE J. Selected Topics Quantum Electronics*, Vol. 12, No. 6, P. 1097-1105, 2006. DOI: [10.1109/JSTQE.2006.880600](https://doi.org/10.1109/JSTQE.2006.880600).
12. Xiong, Han; Hong, Jing-Song; Tan, Ming-Tao; Li, Bing. "Compact microstrip antenna with metamaterial for wideband applications," *Turk. J. Electrical Eng.*

Comp. Sci., Vol. 21, P. 2233-2238, 2013. DOI: [10.3906/elk-1204-6](https://doi.org/10.3906/elk-1204-6).

13. Preet Kaur, Sanjay Kumar Aggarwal, Asok De,”
Performance enhancement of rectangular microstrip patch

antenna using double H shaped metamaterial”,
Radioelectronics and Communication Journal,
Vol.59,No.11,2016.

Поступила в редакцию 02.12.2013

После переработки 16.08.2018
