

УДК 621.396.67

ИССЛЕДОВАНИЕ Т-ОБРАЗНОЙ КОМПАКТНОЙ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ РЕЗОНАТОРНОЙ АНТЕННЫ ДЛЯ ШИРОКОПОЛОСНОГО ПРИМЕНЕНИЯ*

МОНИКА ЧАУХАН И БИСВАДЖИТ МУКЕРДЖИЕ

*Индийский институт информационных технологий, дизайна и производства,
Индия, Джабалпур, Мадхья-Прадеш*

Аннотация. В статье предложена новая Т-образная компактная диэлектрическая резонаторная антенна DRA (Dielectric Resonator Antenna) для широкополосного применения. Предлагаемая антенна охватывает С- и Х-диапазоны. При проектировании предлагаемой антенны для улучшения характеристик антенны использованы два различных способа, а именно частичная заземляющая плоскость и многослойные элементы. Наблюдается, что воздушный зазор между двумя диэлектрическими материалами, уложенными вместе в DRA, увеличивает ширину полосы антенны. Полоса пропускания по согласованию составляет 84%, что охватывает диапазон от 4,18 до 10,27 ГГц (6,09 ГГц) при $|S_{11}| < -10$ дБ. Анализ распределения полей показывает, что мода $TE_{11\delta}^z$ существует на частоте 5,66 ГГц, а мода $TE_{12\delta}^z$ — на частоте 9,76 ГГц, когда она возбуждается при подаче центрального зонда в направлении z . Максимальное усиление, достигаемое в диапазоне частот, составило 4,72 и 4,3 дБ на 5,77 и 9,76 ГГц. Максимальный КПД излучения составил 95% на 5,66 ГГц. Предложенная антенна моделировалась в программах CST и HFSS, а результаты моделирования подтверждены путем сравнения с результатами эксперимента на тестовом образце.

Ключевые слова: усиление; зонд; прямоугольная диэлектрическая резонаторная антенна; многослойность; широкая полоса частот

1. ВВЕДЕНИЕ

Диэлектрическая резонаторная антенна DRA (Dielectric Resonator Antenna) обладает важной особенностью для беспроводной связи, такой как широкая полоса пропускания BW (BandWidth), высокий КПД и т. д. DRA преобладает над микрополосковой антенной с точки зрения входного сопротивления в полосе пропускания, поскольку в DRA нет потерь проводимости из-за отсутствия какого-либо проводящего материала. Кроме того, микрополоско-

вая антенна излучает только в пределах определенной области антенны [1], в то время как в DRA поля излучаются всей конструкцией.

Исследованы три основных конструкции: прямоугольные, цилиндрические и полусферические DRA [2]. Среди этих структур прямоугольная форма DRA обеспечивает более высокую степень свободы, т. е. две по сравнению с цилиндрической и полусферической формой для оптимизации физического размера DRA. Моды в DRA определяют ориентацию полей,

* Авторы выражают благодарность за поддержку MPCST в рамках проекта № A/RD/RP-2/2016-17/263. Авторы также выражают благодарность за поддержку Арпита Тэнди и Пунама Хсирсагара, которые внесли значительный вклад.

REFERENCES

1. Kaur, P.; Aggarwal, S. K.; De, A. "Performance enhancement of rectangular microstrip patch antenna using double H shaped metamaterial," *Radioelectron. Commun. Syst.*, Vol. 59, No. 11, p. 496-501, 2016. DOI: [10.3103/S0735272716110030](https://doi.org/10.3103/S0735272716110030).
2. Petosa, A. *Dielectric Resonator Antenna Handbook*. Norwood: Artech House Pub., 2007.
3. Luk, K.-M.; Leung, K.-W. *Dielectric Resonator Antennas*. Research Studies Press Ltd, 2003.
4. Mongia, R. K.; Ittibipoon, A.; Cuhaci, M. "Low profile dielectric resonator antennas using a very high permittivity material," *Electron. Lett.*, Vol. 30, No. 17, p. 1362-1363, 1994. DOI: [10.1049/el:19940924](https://doi.org/10.1049/el:19940924).
5. Makwana, G. D.; Vinoy, K. J. "Design of a compact rectangular dielectric resonator antenna at 2.4 GHz," *PIER C*, Vol. 11, p. 69-79, 2009. DOI: [10.2528/PIERC09070903](https://doi.org/10.2528/PIERC09070903).
6. Chair, R.; Kishk, A. A.; Lee, K. F. "Experimental investigation for wideband perforated dielectric resonator antenna," *Electron. Lett.*, Vol. 42, No. 3, p. 137-139, 2006. DOI: [10.1049/el:20063987](https://doi.org/10.1049/el:20063987).
7. Rocha, H. H. B.; Freire, F. N. A.; Sohn R. S. T. M.; Da Silva M. G.; Santos M. R. P.; Junqueira C. C. M.; Cordaro, T.; Sombra, A. S. B. "Bandwidth enhancement of stacked dielectric resonator antennas excited by a coaxial probe: an experimental and numerical investigation," *IET Microwaves, Antennas Propag.*, Vol. 2, No. 6, p. 580-587, Sept. 2008. DOI: [10.1049/iet-map:20070292](https://doi.org/10.1049/iet-map:20070292).
8. Zhang, L.-N.; Zhong, S.-S.; Xu, S.-Q. "Broadband U-shaped dielectric resonator antenna with elliptical patch feed," *Electron. Lett.*, Vol. 44, No. 16, p. 947-949, 2008. DOI: [10.1049/el:20081253](https://doi.org/10.1049/el:20081253).
9. Mukherjee, B.; Patel, P.; Mukherjee, J. "Hemispherical dielectric resonator antenna based on Apollonian gasket of circles—A fractal approach," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, Vol. 62, No. 1, p. 40-47, Jan. 2014. DOI: [10.1109/TAP.2013.2287011](https://doi.org/10.1109/TAP.2013.2287011).
10. Ghosal, R.; Gupta, B. "Design of dual wide band dielectric resonator antenna using Sierpienski fractal

** The authors acknowledge the support of MPCST under Project No. A/RD/RP-2/2016-17/263. The authors also acknowledge the support of Arpita Tandy and Poonam Khirsagar, who have made various contributions.

geometry," *Proc. of 18th Mediterranean Microwave Symp., MMS*, 31 Oct.-2 Nov. 2018, Istanbul, Turkey. IEEE, 2018 pp. 75-78. DOI: [10.1109/MMS.2018.8611973](https://doi.org/10.1109/MMS.2018.8611973).

11. Pan, Y. M.; Zheng, S. Y. "A low-profile stacked dielectric resonator antenna with high-gain and wide bandwidth," *IEEE Antennas Wireless Propag. Lett.*, Vol. 15, p. 68-71, 2016. DOI: [10.1109/LAWP.2015.2429686](https://doi.org/10.1109/LAWP.2015.2429686).

12. Patel, P.; Mukherjee, B.; Mukherjee, J. "A compact wideband rectangular dielectric resonator antenna using perforations and edge grounding," *IEEE Antennas Wireless Propag. Lett.*, Vol. 14, p. 490-493, 2015. DOI: [10.1109/LAWP.2014.2369533](https://doi.org/10.1109/LAWP.2014.2369533).

13. Gao, Y.; Feng, Z.; Zhang, L. "Compact asymmetrical T-shaped dielectric resonator antenna for broadband applications," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, Vol. 60, No. 3, p. 1611-1615, Mar. 2012. DOI: [10.1109/TAP.2011.2180335](https://doi.org/10.1109/TAP.2011.2180335).

14. Liang, X.-L.; Denidni, T. A. "Cross-T-shaped dielectric resonator antenna for wideband applications," *Electron. Lett.*, Vol. 44, No. 20, p. 1176-1177, 2008. DOI: [10.1049/el:20081900](https://doi.org/10.1049/el:20081900).

15. Abushakra, F.; Al-Zoubi, A. "Wideband vertical T-shaped dielectric resonator antennas fed by coaxial probe," *Jordan J. Electrical Engineering*, Vol. 3, No. 4, p. 250-258, 2017. URI: <http://www.ttu.edu.jo/jjee/index.php/jjee-vol-3.html>.

16. Qian, Y.-H.; Chu, Q.-X. "A broadband hybrid monopole-dielectric resonator water antenna," *IEEE Antennas Wireless Propag. Lett.*, Vol. 16, p. 360-363, 2017. DOI: [10.1109/LAWP.2016.2577049](https://doi.org/10.1109/LAWP.2016.2577049).

17. Zou, M.; Pan, J. "Wide dual-band circularly polarized stacked rectangular dielectric resonator antenna," *IEEE Antennas Wireless Propag. Lett.*, Vol. 15, p. 1140-1143, 2016. DOI: [10.1109/LAWP.2015.2496361](https://doi.org/10.1109/LAWP.2015.2496361).

18. Chauhan, M.; Mukherjee, B. "High gain fractal cylindrical dielectric resonator antenna for UWB application," *Proc. of IEEE Radio and Antenna Days of the Indian Ocean, RADIO*, 15-18 Oct. 2018, Grand Port, Mauritius. IEEE, 2018. DOI: [10.23919/RADIO.2018.8572414](https://doi.org/10.23919/RADIO.2018.8572414).

19. Trivedi, K.; Pujara, D. "Design and development of ultrawideband hybrid T-shaped dielectric resonator antenna," *Proc. of 2016 IEEE Annual India Conf.*, 16-18 Dec. 2016, Bangalore, India. IEEE, 2016, pp. 1-4. DOI: [10.1109/INDICON.2016.7839122](https://doi.org/10.1109/INDICON.2016.7839122).

20. Gupta, R. D.; Parihar, M. S. "Investigation of an asymmetrical E-shaped dielectric resonator antenna with wideband characteristics," *IET Microwaves, Antennas Propag.*, Vol. 10, No. 12, p. 1292-1297, 2016. DOI: [10.1049/iet-map.2016.0167](https://doi.org/10.1049/iet-map.2016.0167).

21. Soren, D.; Ghatak, R.; Mishra, R. K.; Poddar, D. R. "Sierpinski carpet patterned rectangular dielectric resonator antenna for X-band application using teflon," *Radioelectron. Commun. Syst.*, Vol. 61, No. 12, p. 571-578, 2018. DOI: [10.3103/S0735272718120051](https://doi.org/10.3103/S0735272718120051).

22. Petosa, A.; Simons, N.; Siushansian, R.; Ittipiboon, A.; Cuhaci, M. "Design and analysis of multisegment dielectric resonator antennas," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, Vol. 48, No. 5, p. 738-742, 2000. DOI: [10.1109/8.855492](https://doi.org/10.1109/8.855492).

23. Mongia, R. K.; Ittipiboon, A. "Theoretical and experimental investigations on rectangular dielectric resonator antennas," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, Vol. 45, No. 9, p. 1348-1356, 1997. DOI: [10.1109/8.623123](https://doi.org/10.1109/8.623123).

24. Bit-Babik, G.; Di Nallo, C.; Faraone, A. "Multimode dielectric resonator antenna of very high permittivity," *Proc. of IEEE Antennas Propag. Soc. Symp.*, 20-25 Jun. 2004, Monterey, USA. IEEE, 2004, Vol. 2, p. 1383-1386. DOI: [10.1109/APS.2004.1330444](https://doi.org/10.1109/APS.2004.1330444).

25. Reddy, G. Shrikanth; Mishra, S. K.; Kharche, S. U.; Mukherjee, J. "High gain and low cross-polar compact printed elliptical monopole UWB antenna loaded with partial ground and parasitic patches," *PIER B*, Vol. 43, p. 151-167, 2012. DOI: [10.2528/PIERB12070206](https://doi.org/10.2528/PIERB12070206).

26. Van Bladel, J. "On the resonances of a dielectric resonator of very high permittivity," *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, Vol. 23, No. 2, p. 199-208, Feb. 1975. DOI: [10.1109/TMTT.1975.1128528](https://doi.org/10.1109/TMTT.1975.1128528).

27. Van Bladel, J. "The excitation of dielectric resonators of very high permittivity," *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, Vol. 23, No. 2, p. 208-217, Feb. 1975. DOI: [10.1109/TMTT.1975.1128529](https://doi.org/10.1109/TMTT.1975.1128529).

28. Chauhan, M.; Pandey, A. K.; Mukherjee, B. "A novel cylindrical dielectric resonator antenna based on Fibonacci series approach," *Microwave Opt. Technol. Lett.*, Vol. 61, No. 10, p. 2268-2274, Oct 2019. DOI: [10.1002/mop.31887](https://doi.org/10.1002/mop.31887).

Received March 13, 2019

Revised October 31, 2019

Accepted October 23, 2019