

УДК 621.396.67

ТРЕХДИАПАЗОННАЯ НЕСИММЕТРИЧНАЯ АНТЕННА С КРУГОВОЙ ПОЛЯРИЗАЦИЕЙ ДЛЯ БЕСПРОВОДНОЙ СВЯЗИ

Р. ДХАРА^{1*}, С. К. ЯНА¹, М. МИТРА²

¹Национальный технологический институт,
Индия, Сикким

²Индийский институт инженерных наук и технологий,
Индия, штат Хоура, Шибпур

Аннотация. Микрополосковая (патч) антенна с круговой поляризацией CP (circularly polarized) и питанием от копланарного волновода CPW (CoPlanar Waveguide), включающая две асимметричных П-образных полоски, описана в данной статье. Антенна состоит из излучающей площадки, выполненной из шестигранного кольца, соединенного с двумя круговыми кольцами, на двух углах шестигранного кольца, в результате чего обеспечивается широкая круговая поляризация CP. Питание от копланарного волновода достигнуто травлением двух L-образных щелей и добавлением двух асимметричных П-образных полосок к заземлению, что значительно расширило полосу пропускания по входному импедансу IBW (impedance bandwidth) и ширину полосы пропускания, определяемую по коэффициенту эллиптичности ARBW (axial ratio bandwidth). Предлагаемая конструкция антенны обеспечивает измеренную широкую полосу IBW = 5,637 ГГц (4,484–10,121 ГГц), что составляет около 80,53%, на центральной частоте $f_c = 7,3$ ГГц. Полоса пропускания по уровню 3 дБ, определяемая по коэффициенту эллиптичности AR (axial ratio) и полученная путем моделирования, для трех диапазонов составляет: 95 МГц (1,37%), 186 МГц (2,35%) и 149 МГц (1,67%) с резонансными частотами 6,96, 7,93, и 8,91 ГГц, соответственно. В статье дан анализ и обсуждение характеристик излучения реализованной антенны. Максимальное пиковое усиление, полученное при моделировании, составило 5,968 дБи на частоте 6,063 ГГц. Предлагаемая антенна пригодна для работы в устройствах беспроводной связи, работающих в С- и Х-диапазонах.

Ключевые слова: питание от копланарного волновода; CPW; круговая поляризация; CP; С-диапазон; Х-диапазон

1. ВВЕДЕНИЕ

Многодиапазонные миниатюризированные антенны важны для быстро развивающихся современных систем связи. В некоторых мобильных спутниковых системах связи и большинстве систем беспроводной связи используются антенны с круговой поляризацией CP (circular polarization). В последнее время разработаны микрополосковые антенны с круговой поляризацией и одиночным питанием для достижения большей компактности систем.

В общем случае, механизм одиночного питания обеспечивает очень узкий диапазон CP. Чтобы увеличить диапазон антенны с круговой поляризацией, используются методы возмущения. В таком случае, генерируются две ортогональные вырожденные моды с равными амплитудами и разностью фаз 90° , что обеспечивает широкую CP.

В [1] представлена печатная несимметричная антенна с круговой поляризацией, возбуждаемая за счет питания от закорачивания рукава и полоски (sleeve strip) при использовании

REFERENCES

- [1] C. J. Wang and Y. C. Lin, "New CPW-fed monopole antennas with both linear and circular polarisations," *IET Microwaves, Antennas Propag.*, vol. 2, no. 5, pp. 466-472, 2008, doi: [10.1049/iet-map:20070145](https://doi.org/10.1049/iet-map:20070145).
- [2] A. K. Gautam, A. Kunwar, and B. K. Kanaujia, "Circularly polarized arrowhead-shape slotted microstrip antenna," *IEEE Antennas Wirel. Propag. Lett.*, vol. 13, pp. 471-474, 2014, doi: [10.1109/LAWP.2014.2309719](https://doi.org/10.1109/LAWP.2014.2309719).
- [3] K. L. Chung, "A wideband circularly polarized H-shaped patch antenna," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 58, no. 10, pp. 3379-3383, 2010, doi: [10.1109/TAP.2010.2055794](https://doi.org/10.1109/TAP.2010.2055794).
- [4] J. Sen Kuo and G. Bin Hsieh, "Gain enhancement of a circularly polarized equilateral-triangular microstrip antenna with a slotted ground plane," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 51, no. 7, pp. 1652-1656, 2003, doi: [10.1109/TAP.2003.813621](https://doi.org/10.1109/TAP.2003.813621).
- [5] J. M. Kovitz, H. Rajagopalan, and Y. Rahmat-Samii, "Circularly polarised half E-shaped patch antenna: A compact and fabrication-friendly design," *IET Microwaves, Antennas Propag.*, vol. 10, no. 9, pp. 932-938, 2016, doi: [10.1049/iet-map.2015.0550](https://doi.org/10.1049/iet-map.2015.0550).
- [6] R. K. Saini, S. Dwari, and M. K. Mandal, "CPW-Fed Dual-Band Dual-Sense Circularly Polarized Monopole Antenna," *IEEE Antennas Wirel. Propag. Lett.*, vol. 16, pp. 2497-2500, 2017, doi: [10.1109/LAWP.2017.2726545](https://doi.org/10.1109/LAWP.2017.2726545).
- [7] Nasimuddin, Z. N. Chen, and X. Qing, "Dual-band circularly polarized S-shaped slotted patch antenna with a small frequency-ratio," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 58, no. 6, pp. 2112-2115, 2010, doi: [10.1109/TAP.2010.2046851](https://doi.org/10.1109/TAP.2010.2046851).
- [8] K. Ding, T. Bin Yu, D. X. Qu, and C. Peng, "A novel loop-like monopole antenna with dual-band circular polarization," *Prog. Electromagn. Res. C*, vol. 45, pp. 179-190, 2013, doi: [10.2528/PIERC13102002](https://doi.org/10.2528/PIERC13102002).
- [9] G. Bin Hsieh, M. H. Chen, and K. L. Wong, "Single-feed dual-band circularly polarised microstrip antenna," *Electron. Lett.*, vol. 34, no. 12, pp. 1170-1171, 1998, doi: [10.1049/el:19980909](https://doi.org/10.1049/el:19980909).
- [10] C. A. Balanis, *Antenna Theory: Analysis and Design*. New Jersey: Wiley, uri: <https://www.wiley.com/en-us/Antenna+Theory%3A+Analysis+and+Design%2C+4th+Edition-p-9781118642061>.
- [11] W. L. Langston and D. R. Jackson, "Impedance, axial-ratio, and receive-power bandwidths of microstrip antennas," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 52, no. 10, pp. 2769-2773, 2004, doi: [10.1109/TAP.2004.834421](https://doi.org/10.1109/TAP.2004.834421).
- [12] B. T. P. Madhav, M. Monika, B. M. S. Kumar, and B. Prudhvinadh, "Dual Band Reconfigurable Compact Circular Slot Antenna for WiMAX and X-Band Applications," *Radioelectron. Commun. Syst.*, vol. 62, no. 9, pp. 474-485, 2019, doi: [10.3103/S0735272719090048](https://doi.org/10.3103/S0735272719090048).
- [13] N. A. Murugan, R. Balasubramanian, and H. R. Patnam, "Printed Planar Monopole Antenna Design for Ultra-Wideband Communications," *Radioelectron. Commun. Syst.*, vol. 61, no. 6, pp. 267-273, 2018, doi: [10.3103/S0735272718060055](https://doi.org/10.3103/S0735272718060055).
- [14] J. Borah, T. A. Sheikh, and S. Roy, "Compact CPW-fed tri-band antenna with a defected ground structure for GSM, WLAN and WiMAX applications," *Radioelectron. Commun. Syst.*, vol. 59, no. 7, pp. 319-324, 2016, doi: [10.3103/S0735272716070050](https://doi.org/10.3103/S0735272716070050).
- [15] M. H. Rezvani, Y. Zehforoosh, and P. Beigi, "Circularly-Polarized and High-Efficiency Microstrip Antenna with C-Shaped Stub for WLAN and WiMAX Applications," *Radioelectron. Commun. Syst.*, vol. 62, no. 11, pp. 604-608, 2019, doi: [10.3103/S0735272719110062](https://doi.org/10.3103/S0735272719110062).

- [16] P. V. Naidu and A. Kumar, "ACS-fed e-shaped dual band uniplanar printed antenna for modern wireless communication applications," *Radioelectron. Commun. Syst.*, vol. 61, no. 3, pp. 87-93, 2018, doi: [10.3103/S0735272718030019](https://doi.org/10.3103/S0735272718030019).
- [17] P. V. Naidu and A. Kumar, "ACS-Fed Wideband Mirrored Z- and L-Shaped Triple Band Uniplanar Antenna for WLAN Applications," *Radioelectron. Commun. Syst.*, vol. 62, no. 2, pp. 86-95, 2019, doi: [10.3103/S0735272719020043](https://doi.org/10.3103/S0735272719020043).
- [18] R. Dhara and M. Mitra, "A triple-band circularly polarized annular ring antenna with asymmetric ground plane for wireless applications," *Eng. Reports*, vol. 2, no. 4, 2020, doi: [10.1002/eng2.12150](https://doi.org/10.1002/eng2.12150).
- [19] "Federal spectrum use summary 30 MHz-3000 GHz national telecommunications and information administration office of spectrum management," 2010.
- [20] "Spectrum 101 An Introduction to National Aeronautics and Space Administration Spectrum Management," 2016.
- [21] "Expanding Flexible Use in Mid-Band Spectrum Between 3.7 and 24 GHz." uri: <https://geolinks.com/geolinks-comments-fcc-expanding-flexible-use-mid-band-spectrum-3-7-24-ghz/>.
- [22] G. G. Savo, *Advanced Wireless Communications 4G Technologies*. New Jersey: Wiley, 2004.
- [23] H. Liu, Y. Liu, and S. Gong, "Broadband microstrip-CPW fed circularly polarised slot antenna with inverted configuration for L-band applications," *IET Microwaves, Antennas Propag.*, vol. 11, no. 6, pp. 880-885, 2017, doi: [10.1049/iet-map.2016.0880](https://doi.org/10.1049/iet-map.2016.0880).
- [24] Y. X. Guo, L. Bian, and X. Q. Shi, "Broadband circularly polarized annular-ring microstrip antenna," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 57, no. 8, pp. 2474-2477, 2009, doi: [10.1109/TAP.2009.2024584](https://doi.org/10.1109/TAP.2009.2024584).
- [25] S. A. Muhammad, A. Rolland, S. H. Dahlan, R. Sauleau, and H. Legay, "Hexagonal-shaped broadband compact scrimp horn antenna for operation in C-band," *IEEE Antennas Wirel. Propag. Lett.*, vol. 11, pp. 842-845, 2012, doi: [10.1109/LAWP.2012.2208259](https://doi.org/10.1109/LAWP.2012.2208259).
- [26] J.-W. Wu, J.-Y. Ke, C. F. Jou, and C.-J. Wang, "Microstrip-fed broadband circularly polarised monopole antenna," *IET Microwaves, Antennas Propag.*, vol. 4, no. 4, p. 518, 2010, doi: [10.1049/iet-map.2008.0400](https://doi.org/10.1049/iet-map.2008.0400).
- [27] S. Mener, R. Gillard, and L. Roy, "A Dual-Band Dual-Circular-Polarization Antenna for Ka-Band Satellite Communications," *IEEE Antennas Wirel. Propag. Lett.*, vol. 16, pp. 274-277, 2017, doi: [10.1109/LAWP.2016.2572261](https://doi.org/10.1109/LAWP.2016.2572261).
- [28] R. Li, Y. X. Guo, B. Zhang, and G. Du, "A Miniaturized Circularly Polarized Implantable Annular-Ring Antenna," *IEEE Antennas Wirel. Propag. Lett.*, vol. 16, pp. 2566-2569, 2017, doi: [10.1109/LAWP.2017.2734246](https://doi.org/10.1109/LAWP.2017.2734246).
- [29] K. Chen, J. Yuan, and X. Luo, "Compact dual-band dual circularly polarised annular-ring patch antenna for BeiDou navigation satellite system application," *IET Microwaves, Antennas Propag.*, vol. 11, no. 8, pp. 1079-1085, 2017, doi: [10.1049/iet-map.2016.1057](https://doi.org/10.1049/iet-map.2016.1057).
- [30] M. Abo El-Hassan, K. F. A. Hussein, and K. H. Awadalla, "Microstrip antenna with L-shaped slots for circularly polarised satellite applications," *J. Eng.*, vol. 2019, no. 12, pp. 8428-8431, 2019, doi: [10.1049/joe.2019.0921](https://doi.org/10.1049/joe.2019.0921).
- [31] H. Zhang, Y. Guo, and G. Wang, "A Wideband Circularly Polarized Crossed-Slot Antenna with Stable Phase Center," *IEEE Antennas Wirel. Propag. Lett.*, vol. 18, no. 5, pp. 941-945, 2019, doi: [10.1109/LAWP.2019.2906363](https://doi.org/10.1109/LAWP.2019.2906363).
- [32] H. Zhang, Y. C. Jiao, T. Ni, and W. L. Liang, "Broadband circularly polarised antenna with asymmetric ground and L-shaped strips," *Electron. Lett.*, vol. 50, no. 23, pp. 1660-1662, 2014, doi: [10.1049/el.2014.2989](https://doi.org/10.1049/el.2014.2989).
- [33] K. Ding, Y. X. Guo, and C. Gao, "CPW-Fed Wideband Circularly Polarized Printed Monopole Antenna with Open Loop and Asymmetric Ground Plane," *IEEE Antennas Wirel. Propag. Lett.*, vol. 16, pp. 833-836, 2017, doi: [10.1109/LAWP.2016.2606557](https://doi.org/10.1109/LAWP.2016.2606557).
- [34] S. Fu, S. Fang, Z. Wang, and X. Li, "Broadband circularly polarized slot antenna array fed by asymmetric CPW for L-band applications," *IEEE Antennas Wirel. Propag. Lett.*, vol. 8, pp. 1014-1016, 2009, doi: [10.1109/LAWP.2009.2031662](https://doi.org/10.1109/LAWP.2009.2031662).
- [35] Z. J. Tang, J. Zhan, and H. L. Liu, "Compact CPW-fed antenna with two asymmetric U-shaped strips for UWB communications," *Electron. Lett.*, vol. 48, no. 14, pp. 810-812, 2012, doi: [10.1049/el.2012.0445](https://doi.org/10.1049/el.2012.0445).
- [36] J. Y. Sze and S. P. Pan, "Design of CPW-fed circularly polarized slot antenna with a miniature configuration," *IEEE Antennas Wirel. Propag. Lett.*, vol. 10, pp. 1465-1468, 2011, doi: [10.1109/LAWP.2011.2179912](https://doi.org/10.1109/LAWP.2011.2179912).

Received February 17, 2019

Revised March 8, 2020

Accepted April 19, 2020