

Делитель мощности Ка-диапазона с высокой развязкой на основе волновода интегрированного в подложку

П.С. Мирошник, А.В. Галдецкий

АО «НПП «Исток» им. Шокина»

Аннотация: в работе представлены результаты проектирования 5-ти канального делителя мощности Ка-диапазона с высокой развязкой на основе волновода, интегрированного в подложку. Ключевыми элементами, обеспечивающими развязку между выходами, являются навесные резисторы, подключенные между выходными каналами. В ходе работы установлено, что данная конструкция делителя мощности обеспечивает развязку между выходами более 20 дБ и разбаланс амплитуд не более 0,3 дБ. Полученные результаты подтверждают эффективность предложенного технического решения.

Ключевые слова: SIW, делитель мощности, развязка

1. Введение

В современной СВЧ-технике существует большое разнообразие конструктивных решений делителей мощности и все они широко используются в радиолокационных системах, антеннах [1],[2], измерительных приборах и передающих устройствах. В ряде случаев важно, чтобы на каждом выходе сигналы были одинаковыми по амплитуде и фазе, при этом обеспечивалась высокая развязка между выходами делителя мощности. Волноводный делитель мощности на основе прямоугольных волноводов широко используется во многих системах СВЧ [2], [3]. Однако, для современных недорогих высокоинтегрированных систем компоненты на основе прямоугольных волноводов часто не удовлетворяют требованиям по размеру и стоимости. Кроме того, их трудно интегрировать с планарными схемами СВЧ. В последнее время, интегрированные в подложку волноводы (SIW), привлекают все больше внимания [4]-[7]. По сравнению с микрополосковыми аналогами делители на основе SIW имеют значительно меньшие потери, более стабильны по амплитуде и фазе. Внешние факторы, такие как температура и механические воздействия, оказывают минимальное влияние на их характеристики.

Таким образом, разработка делителя на основе SIW с высокой развязкой является актуальной задачей. В работе поставлена задача разработки делителя с 4 равноплечими каналами и одним каналом с ослаблением 20 дБ.

2. Конструкция широкополосного делителя мощности

На рисунке 1 приведена конструкция двухканального делителя мощности на основе SIW. Для достижения лучшей развязки между выходными портами применяется резистор сопротивлением 100 Ом. Обычные SIW делители мощности были изучены в [1]-[5], где сообщалось о делителях мощности с хорошими характеристиками, которые имеют некоторые недостатки, такие как большой размер [3], разную ширину для входного и выходного волновода SIW [3]-[5]. В данной работе в качестве базового элемента рассмотрен Y-образный делитель мощности, с одинаковыми по ширине входным и выходным волноводами. Материал подложки Arlon AD1000 с относительной диэлектрической проницаемостью $\epsilon=10.2$ и тангенсом угла потерь 0.0021 выбран из соображений сокращения габаритных размеров.

Толщина подложки составляет 0.635мм. В делителе мощности волноводы образованы двумя рядами металлизированных отверстий, диаметром 0.2мм и с шагом 0.4мм между центрами отверстий, расположенных в шахматном порядке.

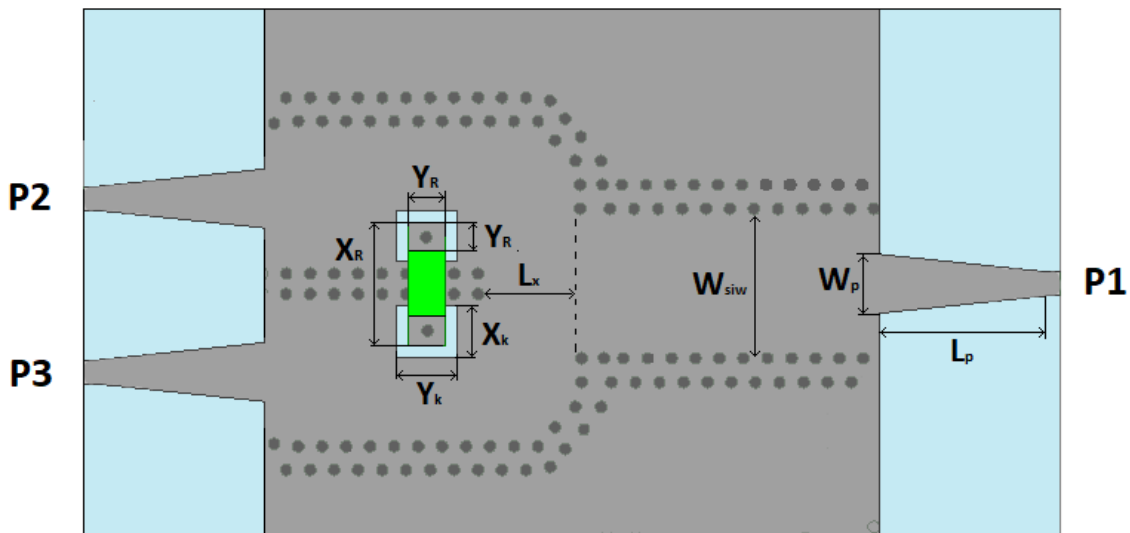


Рисунок 1. Конструкция двухканального делителя мощности с высокой развязкой

Характеристики делителя оптимизировались путем изменения параметров конструкции, указанных на рис.1. Делитель снабжен плавными согласующими волноводно-полосковыми переходами шириной W_p и длиной L_p на микрополосковые линии с импедансом 50 Ом. Размеры контактных площадок для подключения резистора Y_R и X_R варьировались и изменялись при оптимизации с учетом типовых размеров SMD резисторов.

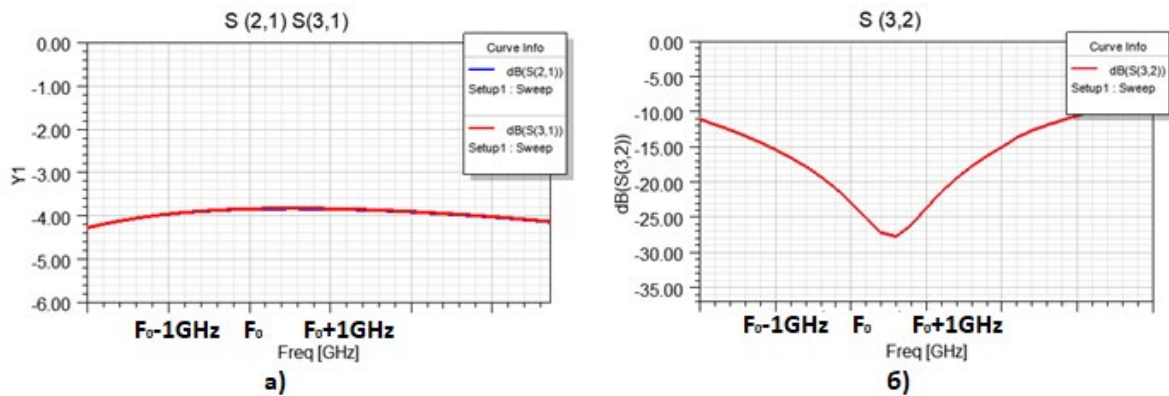


Рисунок 2. Характеристики двухканального делителя мощности: а) Коэффициенты передачи S21, S31, б) Развязка портов P2 и P3.

На рисунке 2а показаны характеристики делителя, где видно, что по амплитуде коэффициенты передачи S21 с S31 совпадают в широкой полосе частот, а развязка (рис.2б) менее 20 дБ в полосе частот.

3. Проектирование 5-ти канального делителя мощности

В основе конструкции 5-ти канального делителя мощности, изображенного на рисунке 3, лежат рассчитанные в п.2 три двухканальных делителя и один обычный Т-образный делитель для 5-го, ослабленного канала.

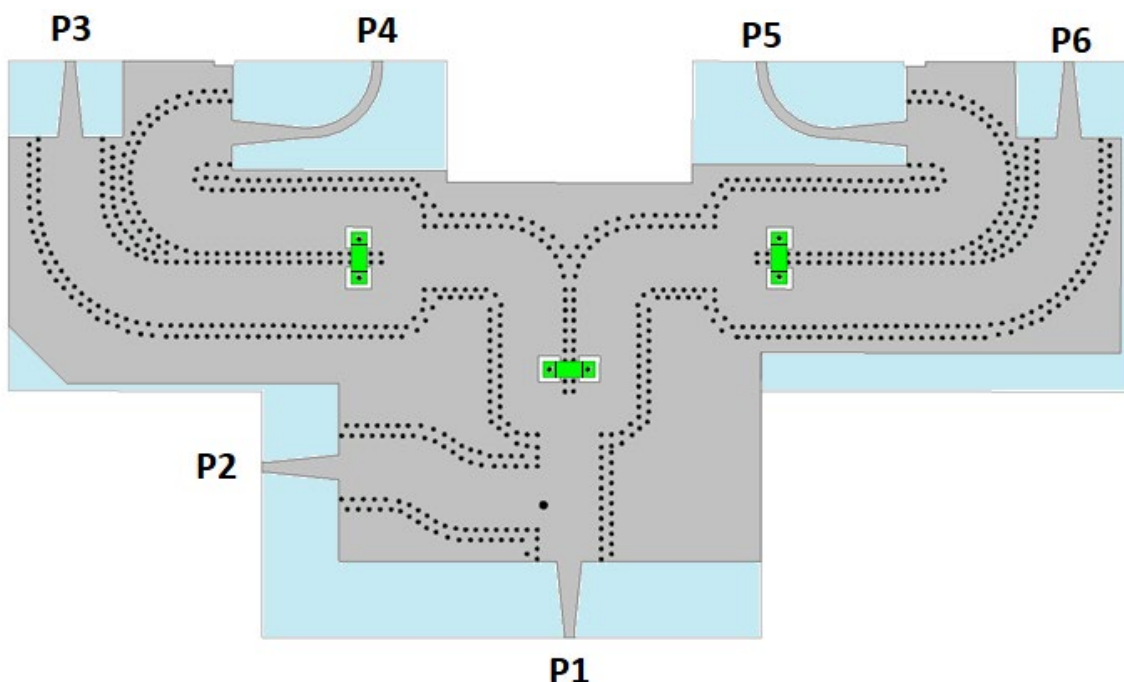


Рисунок 3. Общий вид 5-ти канального делителя мощности

Как видно из полученных характеристик, приведенных на рисунке 4, в спроектированном 5-ти канальном делителе обеспечено равенство амплитуд коэффициентов передачи в порты P3-P6 (рисунок 4а). Разбаланс амплитуд составляет не более 0.3дБ. Развязка между портами P2-P6 составляет более 20дБ (рисунок 4б)

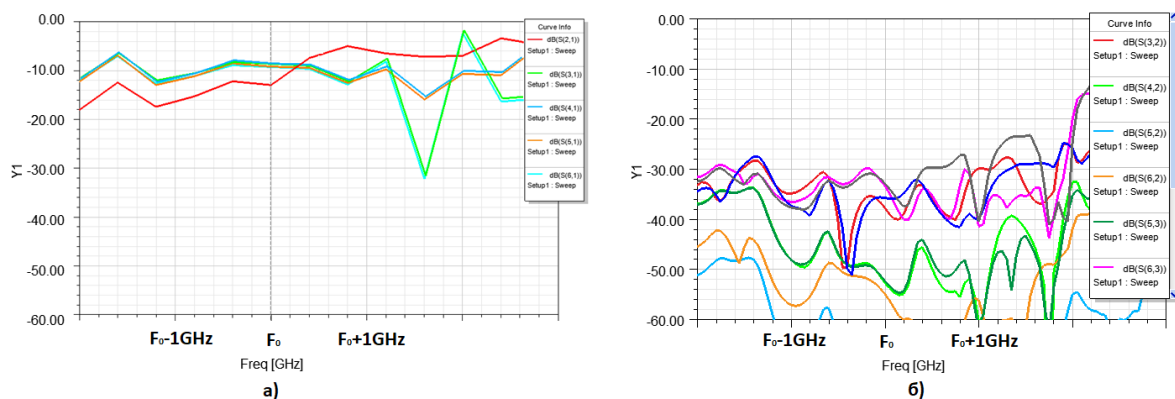


Рисунок 4. Характеристики делителя мощности: а) коэффициенты передачи S21, S31; б) развязка портов P2 и P3

4. Заключение

Предложена конструкция делителя мощности с высокой развязкой на основе SIW. Результаты проектирования показывают, что такой делитель имеет равные амплитуды выходных каналов, и обеспечивает развязку более 20 дБ. На основе предложенного двухканального делителя спроектирован и рассчитан 5-ти канальный делитель мощности Ка-диапазона. Полученные результаты подтверждают эффективность предложенного технического решения, что свидетельствует о перспективности таких делителей мощности для применения в различных современных радиотехнических системах.

Список литературы

1. Jin, H., Luo, G.Q., Wang, W., Che, W., & Chin, K.-S. Integration Design of Millimeter-Wave Filtering Patch Antenna Array With SIW Four-Way Anti-Phase Filtering Power Divider. *IEEE Access*, 7, 49804-49812, 2019.
2. Б.А. Фогельсон. Волноводы. – Военное издательство министерства обороны союза ССР, 1958
3. S. Germain, D. Deslandes and K. Wu, "Development of substrate integrated waveguide power dividers." *Electrical and Computer Engineering*, 2003. *IEEE CCECE 2003. Canadian Conference on*, Vol. 3, 4-7 May 2003 Pages: 1921 - 1924
4. Z. Y. Zhang, K. Wu, "Broadband Half-Mode Substrate Integrated Waveguide (HMSIW) Wilkinson Power Divider," *IEEE International Microwave Symposium, MIT-S*, June 2008.
5. Z. C. Hao, W. Hong, H. Zhang, K. Wu, "Multiway Broadband Substrate Integrated Waveguide (SIW) Power Divider," *IEEE Antennas Prop. International Symp. vol. 1A*, pp. 639 - 642, July 2005.
6. Kaijun Song, Yong Fan, Guiqin Yue, Bo Zhang, "Novel Substrate Integrated Waveguide Layer-to-Layer Transitions," *Microwave Conference, 2008. APMC 2008. Asia-Pacific*, 16-20 Dec. 2008.
7. Zhongshan Xie, Bing Liu, Yongjiu Zhao, Bo Tian, Shengli Jia, "A Novel Ka Band Multi-layer SIW Power Divider", *Cross Strait Quad-Regional Radio Science and Wireless Technology Conference*, pp. 634-636, 2011.