

ЗОНДОВОЕ ВОЗБУЖДЕНИЕ SIW-ВОЛНОВОДА

Любовь Васильевна Шебалкова

АО «Научно-исследовательский институт электронных приборов», 630005, Россия, г. Новосибирск, ул. Писарева, 53, ведущий инженер-руководитель группы; Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20, ст. преподаватель кафедры АИУС, тел. (383)216-05-48, e-mail: lvsheb@list.ru

В работе рассматриваются способы возбуждения основной волны H_{10} в прямоугольном волноводе, выполненном по SIW-технологии, особое внимание уделено зондовому методу, представлена электродинамическая модель перехода, целью моделирования было получение значения коэффициента отражения S_{11} не хуже -20 дБ в полосе частот 1 ГГц.

Ключевые слова: моделирование, волновод, фидер, волноводно-щелевая антенна.

SIW PROBE EXCITATION

Liubov V. Shebalkova

Joint-Stock Company «Scientific Research Institute on Electronic Devices», 53, Pisareva St., Novosibirsk, 630005, Russia, Leading Engineer-Team Manager; Novosibirsk State Technical University, 20, K. Marx Prospekt, Novosibirsk, 630073, Russia, Senior Lecturer, Department of AICS, phone: (383)216-05-48, e-mail: lvsheb@list.ru

Substrate integrated waveguides (SIW) excitation methods are considered. A design is developed to planar SIW fed by post. The results of coax-to-SIW transition simulation with optimization by the full-wave simulation are presented. The main goal was to achieve -20 dB return loss in 1 GHz frequency band.

Key words: coax-to-SIW transition, simulation, antenna feeds, via holes, substrate integration waveguide, slot antenna.

Волноводы, интегрированные в диэлектрическую подложку, или SIW стали широко применяться несколько лет тому назад для изготовления малогабаритных антенн СВЧ и КВЧ диапазона и СВЧ- устройств. Данные волноводы изготавливаются по технологии печатных плат из СВЧ-диэлектриков, боковые стенки волновода формируются с помощью металлизации отверстий. SIW является диэлектрически заполненным прямоугольным волноводом с уменьшенной высотой. Главным преимуществом таких структур является высокая технологичность изготовления, существенное удешевление конструкции, возможность интеграции элементов на одной плате, включая пассивные компоненты, активные элементы и антенны.

Диаметр и шаг металлизированных отверстий устанавливаются таким образом, чтобы минимизировать потери на излучение и на отражение.

В качестве возбудителя колебаний основного типа H_{10} в волноводе часто используются компланарные или микрополосковые линии, как предложено в [1] (рис. 1), что актуально для двумерных решеток, для линейной решетки целесообразно использовать зондовое возбуждение [2], при этом будет отсутствовать излучение с возбудителя и уменьшится длина самой антенны.

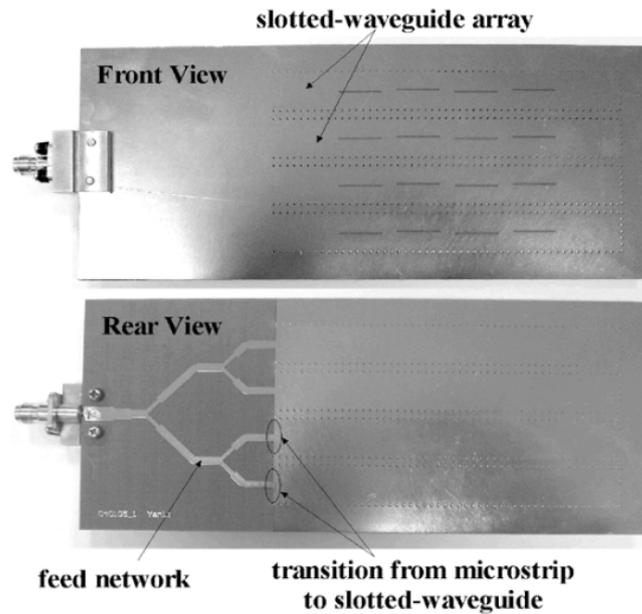


Рис. 1. Волноводно-щелевая решетка, возбуждаемая микрополосковой линией

Модель системы возбуждения для SIW структуры показана на рис. 2, использован материал подложки Rogers TMM 4, имеющий диэлектрическую проницаемость 4,5, тангенс диэлектрических потерь 0,002, толщину диэлектрического слоя 3,81 мм; ширина волновода a составляет 10 мм и определяется как расстояние между образующими цилиндрами (рис. 3), длина волновода 48,5 мм. Цилиндры в данном случае имитируют металлизированные отверстия. Сам волновод возбуждается цилиндром высотой h и диаметром d_p , расстояние до задней стенки волновода D . Волновое сопротивление на входном порту составляет 50 Ом.

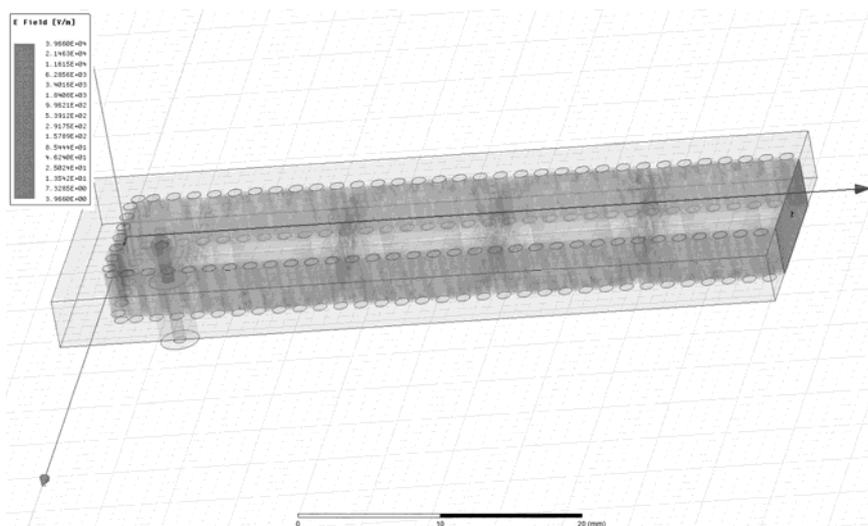


Рис. 2. Электродинамическая модель перехода

Диаметр цилиндров d составляет 1 мм, шаг между ними $p = 1,5$ мм, соответственно расстояние между соседними элементами 0,5 мм. Диаметр d влияет на потери из-за отражения от стенок волновода. Для проектирования SIW требуются следующие два условия:

$$1) \quad d < \frac{\lambda_B}{5},$$

где λ_B – длина волны в волноводе, f – частота в свободном пространстве, ϵ_r – относительная диэлектрическая проницаемость материала подложки:

$$\lambda_B = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{\epsilon_r (2\pi f)^2}{c^2} - \left(\frac{\pi}{a}\right)^2}}$$

$$2) \quad p < 2d.$$

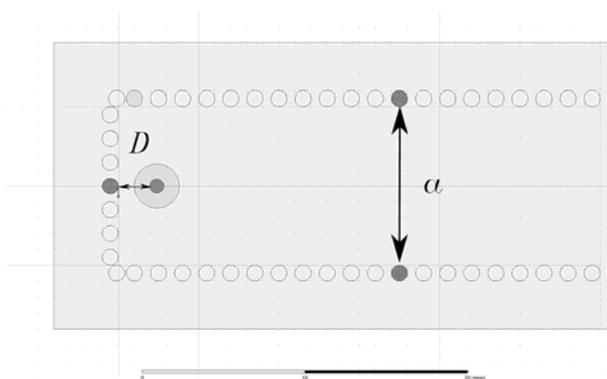


Рис. 3. Схема расположения металлических цилиндров

Результаты электродинамического моделирования представлены на рисунках 4, 5, моделирование проведено для разных диапазонов значений D , h и d_p .

На рис. 4 изображена зависимость коэффициента стоячей волны по напряжению от частоты (КСВН)

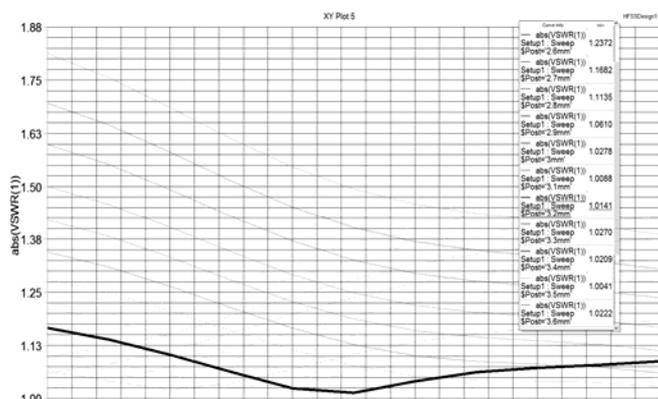


Рис. 4. КСВН перехода

КВСН перехода имеет наихудшее значение 1,17 (или $S_{11} = -22,27$ дБ) в полосе частот при $D = 2,4$ мм, $h = 3,2$ мм, $d_p = 0,9$ мм, при этом наихудшее значение модуля коэффициента передачи S_{21} , который характеризует потери в материале волновода и от переотражений от металлизированных отверстий, равно $-0,67$ дБ (рис. 5).

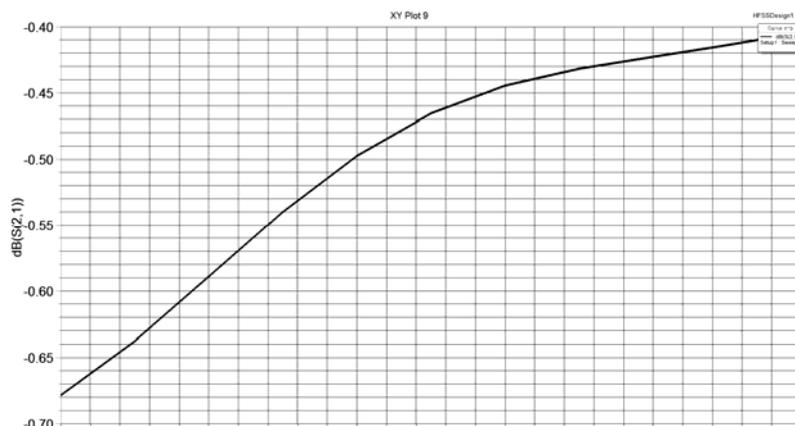


Рис. 5. График модуля коэффициента передачи

Заключение

В статье представлена электродинамическая модель зондового перехода с коаксиальной линии на волновод, интегрированный в диэлектрическую подложку, в результате параметрического анализа получен высокий уровень согласования в полосе частот 1 ГГц. Показанные результаты можно использовать при проектировании волноводно-щелевых антенн на SIW-волноводе.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Li Yan; Wei Hong; Guang Hua; Jixin Chen; Ke Wu; Tie Jun Cui, Simulation and experiment on SIW slot array antennas//IEEE Microwave and Wireless Compon. Lett., vol. 14, pp. 446 – 448, Sept. 2004. doi:10.1109/LMWC.2004.832081
2. Arani Ali Khan; Mrinal Kanti Mandal, A Compact Broadband Direct Coaxial Lineto SIW Transition//IEEE Microwave and Wireless Compon. Lett., vol. 26, pp. 894 – 896, Nov. 2016. doi:10.1109/LMWC.2016.2615817

© Л. В. Шебалкова, 2018