

# ELECTRODYNAMIC CHARACTERISTICS OF SCREENED DIELECTRIC WAVEGUIDES SYSTEM WITH DISTRIBUTED COUPLING

Vorobiyov G.S., Krivets A.S., Petrovskiy M.V., Radko A.S.  
Sumy State University  
2, Rimsky-Korsakov Str., Sumy, 40007, Ukraine  
тел.: (0542) 687767, e-mail: vp@sumdu.edu.ua

**Abstract** — The present paper concerns a possibility of implementation of the mechanical and electronic control methods for the electrodynamic characteristics of functional devices which based on coupled dielectric waveguides by means of changes in the parameters of conductive screens according to numerical and experimental simulation.

## ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМЫ ЭКРАНИРОВАННЫХ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВОЛНОВОДОВ С РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СВЯЗЬЮ

Воробьев Г. С., Кривец А. С., Петровский М. В., Радько А. С.  
Сумский государственный университет  
ул. Римского-Корсакова, 2, Сумы, 40007, Украина  
тел.: (0542) 687767, e-mail: vp@sumdu.edu.ua

**Аннотация** — Методами численного и экспериментального моделирования показана возможность реализации механического и электронного способов управления электродинамическими характеристиками при помощи изменения параметров проводящих экранов в функциональных устройствах выполненных на базе связанных диэлектрических волноводов.

### I. Введение

Волноводные связанные электродинамические системы нашли широкое применение в электронике СВЧ как в качестве самостоятельных устройств, так и в качестве отдельных элементов электронных приборов [1]. Наиболее известными из них являются направленные ответвители, волноводно-пучковые преобразователи на многосвязных волноводах, элементы суммарно-разностных преобразователей сигналов, устройства на основе планарных линз Люненберга и т. д.

Для реализации функциональных устройств на базе связанных волноведущих систем необходимо наличие непосредственно волноведущих систем и канала связи между ними, который в общем случае может реализовываться локальным, распределенным [1] или дифракционным способом [2]. Управление условиями распространения электромагнитных волн в связанных системах осуществляется изменением параметров волноводов и канала связи, что в свою очередь будет оказывать существенное влияние на характеристики функциональных устройств и их согласование с внешним волноведущим трактом. Поэтому вопросы оптимизации уже известных способов управления условиями распространения волн в связанных волноведущих системах и поиска новых механизмов управления являются актуальными.

### II. Основная часть

В данной работе численными и экспериментальными методами моделирования исследована возможность управления электродинамическими параметрами системы двух распределенно-связанных диэлектрических волноводов за счет введения в область взаимодействия проводящих экранов. Общая схема исследуемой модели представлена на рис. 1.

В общем случае волноводная система реализована двумя полистироловыми диэлектрическими

волноводами (ДВ). Волноводы 1 и 2 (рис. 1) сечением  $7,2 \times 3,4 \text{ мм}^2$  расположены на расстоянии  $a$  друг от друга, длина волноводов и экранов  $L = 200 \text{ мм}$ . Сверхвысокочастотный сигнал подавался на вход  $P_1$  основного ДВ 1. Экранирование ДВ 1 или ДВ 2 проводилось металлическими экранами  $M_1$  или  $M_2$ , которые располагались на расстоянии  $b$  или  $h$ , соответственно. При численном моделировании экран также заменялся аналогом полупроводникового материала с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon = 11$  и проводимостью  $\sigma \approx (10^{-2} \dots 10^6) \text{ См/м}$ .

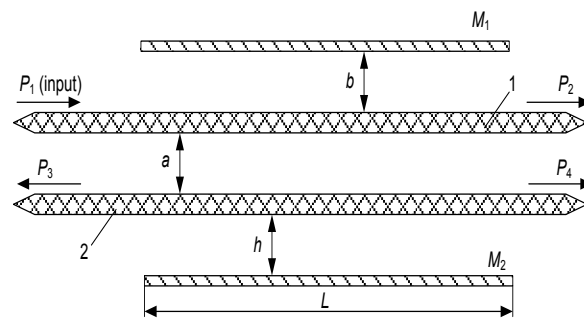


Рис. 1.

Fig. 1.

Численное исследование проводилось методом FDTD [3] с использованием специализированного для решения волноводных задач программного пакета в частотном диапазоне от 26 до 37 ГГц. Результаты численного моделирования позволяют сделать вывод, что изменение расстояния между экраном и диэлектрическими волноводами позволяет эффективно влиять на перераспределения распространяющейся по системе (рис. 1) энергии между волноводами. Так, на рис. 2 представлены типичные зависимости  $S_{mn}$  — параметров, которые являются аналогом коэффициентов распространения в основном

ДВ<sub>1</sub> ( $P_2/P_1$ ) и вспомогательном ДВ<sub>2</sub> ( $P_4/P_1$ ) волноводах для  $a = 1,8$  мм та  $b = 0,1$  мм (сплошные линии) и  $b = 1,6$  мм (пунктирные линии).

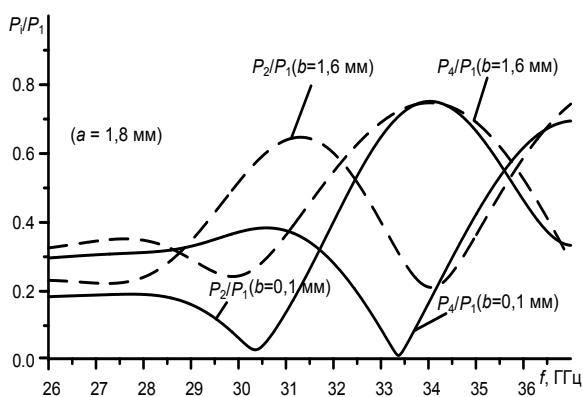


Рис. 2.  
Fig. 2.

Изменение расстояния  $b$  между экраном  $M_1$  и основным ДВ<sub>1</sub> ( $M_2$  отсутствует) приводит к перераспределению энергии распространяющихся волн между волноводами. Причем, на фиксированных частотах, изменение коэффициентов прохождения от максимальных до минимальных значений и наоборот, происходит периодически при  $\Delta b \approx 1,5$  мм, что в 3 раза больше по сравнению с аналогичными процессами вызванными изменением расстояния между волноводами  $a$  (без экранов). Однако, при значениях  $b \approx (0,1 \dots 1)$  мм возникает сильная взаимная связь волновода с экраном, что проявляется в изрезанности характеристик КСВН и может привести к несогласованности электродинамической системы с основным трактом.

Размещение металлического экрана  $M_2$  под вторым волноводом ДВ<sub>2</sub> ( $M_1$  отсутствует) позволяет снизить взаимную связь и значения КСВН основного тракта до значений 1,4. Также как и в случае верхнего расположения экрана, изменение расстояния  $\Delta h \approx 1,5$  мм приводит к смене максимальных и минимальных значений коэффициентов распространения. Увеличение расстояния  $b$  ( $h$ ) между одним из экранов  $M_1$  ( $M_2$ ) приводит к смещению максимальных и минимальных значений коэффициентов распространения в сторону низких частот.

Исследование влияния протяженности металлического экрана, в рамках численной модели, позволяет сделать вывод, что изменение длины экрана  $L$ , является аналогичным изменению параметров  $b$  или  $h$ , позволяет управлять перераспределением проходящей энергии между основным и вторичным волноводом. Так, уменьшение  $L$  с 200 мм до 50 мм приводит к смене значений коэффициентов прохождения от максимальных до минимальных для фиксированных частот и смещению максимумов или минимумов в сторону меньших частот. Уменьшение длины экрана также приводит к улучшению частотной характеристики КСВН.

Замена металлического экрана на полупроводниковый аналог с  $\varepsilon = 11$  и изменяемой проводимостью также дает основание полагать о возможности управления волноводными параметрами. При фиксированных значениях расстояний между волноводами  $a$  и параметра  $b$ , изменение проводимости от

значений  $\sigma \approx 10^{-1}$  См/м на два порядка также приводит к смене коэффициентов прохождения от максимальных до минимальных, аналогично рис. 2. Дальнейшее увеличение проводимости к существенным изменениям не приводит. При малых значениях проводимости на уровне  $\sigma \approx (10^{-2} \dots 10^{-1})$  См/м наблюдается ухудшение частотных характеристик КСВН. При решении вопросов согласования полупроводникового слоя с основным волноводным трактом возможна реализация электронного управления ответвленной энергией при пропускании через полупроводниковый слой тока или облучении его источниками света, со спектральными параметрами соответствующими ширине запрещенной зоны и уровням возбуждения.

Результаты экспериментального моделирования волновых процессов электродинамической системы рис. 1 с нижним расположением экрана, которые были получены в аналогичном частотном диапазоне при помощи панорамного измерительного комплекса КСВ и ослабления частично представлены в [4] качественно коррелируют с результатами численного моделирования. Данный тип управления может быть полезным при использовании в схемах, выполненных по планарным технологиям.

### III. Заключение

1. На основании результатов численного и экспериментального моделирования показана возможность управления параметрами волноводной системы на основе распределенно-связанных диэлектрических волноводов при помощи изменения расстояния между волноводами и металлическими экранами, длины экранов, а также изменением проводимости полупроводникового слоя, расположенного в области взаимодействия волноводов.

2. Реализация управления за счет изменения расстояния между волноводами и экраном является в 3 раза менее чувствительной по сравнению с управлением расстоянием между волноводами.

3. Предложенные механический и электронный способы управления могут быть полезны при реализации функциональных устройств на базе связанных диэлектрических волноводящих систем, в том числе направленных ответвителей, фильтров и логических элементов, работающих в миллиметровом и оптическом диапазонах волн.

Работа выполнена при частичной поддержке г/б темы № 0112U001379.

### IV. References

- [1] Valitov R.A., Dyubko S.F., Makarenko B.I., Kuzmichev V.M., Meriakri V.V. *Izmereniya na millimetrovii i submillimetrovii volnah* [Measurements at millimeter and submillimeter wavelengths]. Moscow, Radio and communication, 1984. 296 p.
- [2] Vorobjov G.S., Krivets A.S., Zhurba V.O., Krutko Yu.A., Rybalko A.A. A quasioptical directional coupler on diffraction-coupled transmission lines. *Instruments and Experimental Techniques*, 2009, No 52 (4), pp. 551-553.
- [3] Sirenko Yu.K. *Modelirovanie i analiz perehodnyh processov v otkrytyh periodicheskiih, volnovodnyh i kompaktnykh rezonatorah* [Modeling and analysis of transients in the open periodic, compact, and waveguide resonators], Kharkov, Edena, 2003. 363 p.
- [4] Vorobjov G.S., Krivets A.S., Zakaluzhny I.N. The influence of metal screen upon electrodynamic parameters of connected dielectric waveguides. *22nd Int. Crimean Conf. "Microwave & Telecommunication Technology" (CrMiCo'2012)*. Sevastopol, 2012, pp. 532-533.