

SELECTIVE PROPERTIES OF THE DOUBLE-ROW PERIODIC STRUCTURES OF MILLIMETER-WAVE BAND

Vorobjov G. S., Petrovskiy M. V., Rybalko A. A., Zhurba V. O., Krivets A. S.
Sumy State University
2, Rimsky-Korsakov Str., Sumy, 40007, Ukraine
e-mail: vp@sumdu.edu.ua

Abstract — The results of modeling transformation of surface waves of a dielectric waveguide into spatial waves on different modifications of the double-row periodic structures are presented. Possibility of effective radiated power control of harmonics and selection of oscillations for the investigated structures is shown.

СЕЛЕКТИВНЫЕ СВОЙСТВА ДВУХРЯДНЫХ ПЕРИОДИЧЕСКИХ СТРУКТУР МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА ВОЛН

Воробьев Г. С., Петровский М. В., Рыбалко А. А., Журба В. О., Кривец А. С.
Сумский государственный университет
ул. Римского-Корсакова 2, г. Сумы, 40007, Украина
тел.: (0542)-39-23-72, e-mail: vp@sumdu.edu.ua

Аннотация — Представлены результаты моделирования преобразования поверхностных волн диэлектрического волновода в объемные на двухрядных периодических структурах различных модификаций. Показана возможность эффективной регулировки мощности излучаемых гармоник и селекции колебаний для исследуемых структур.

I. Введение

Волноводные и резонансные многосвязные электродинамические системы находят широкое применение в электронике и технике СВЧ, как в качестве самостоятельных устройств, так и в виде отдельных функциональных элементов радиосистем [1]. Основным элементом таких систем является область взаимодействия распределенного источника излучения в виде электронного потока или диэлектрического волновода (ДВ) и периодических неоднородностей в виде металлических дифракционных решеток (ДР) или металлодиэлектрических структур (МДС), представляющих собой слой диэлектрика, на который нанесена ленточная ДР. В таких системах возможно возбуждение различных режимов излучения: черенковского, дифракционного и их комбинации дифракционно-черенковского. Указанные режимы реализуются путем изменения электродинамических параметров периодической структуры и относительной скорости волны распределенного источника излучения.

На основе двухрядных полупрозрачных ДР из брусьев и их комбинации с отражательными ДР, а также с периодическими МДС был предложен и реализован, в рамках экспериментального моделирования, ряд устройств электроники и техники СВЧ [2]. Однако до настоящего момента не достаточно изученными остаются механизмы управления энергетическими характеристиками таких структур, что указывает на актуальность дальнейшего исследования двухрядных периодических структур.

II. Основная часть

Исследуемые в работе двухрядные периодические структуры схематически представлены на рис. 1. Источником поверхностной волны является диэлектрический волновод из фторопласта сечением $5,2 \times 2,6 \text{ мм}^2$, который в диапазоне частот $f=60-80 \text{ ГГц}$ обеспечивает относительную скорость волны $\beta=0,78-0,83$.

В общем случае локальные объекты в многосвязных электродинамических системах в виде одноряд-

ных и двухрядных дифракционных решеток представляют собой фазовые неоднородности, для волны заданной поляризации, и одновременно являются фильтром, осуществляющим селекцию углового спектра излучения системы ДВ – ДР. В связи с этим управление механизмами энергообмена может быть реализовано путем смещения ламелей решеток ДР вдоль оси y (Δd) и изменением угла поворота (α) ДР относительно оси ДВ.

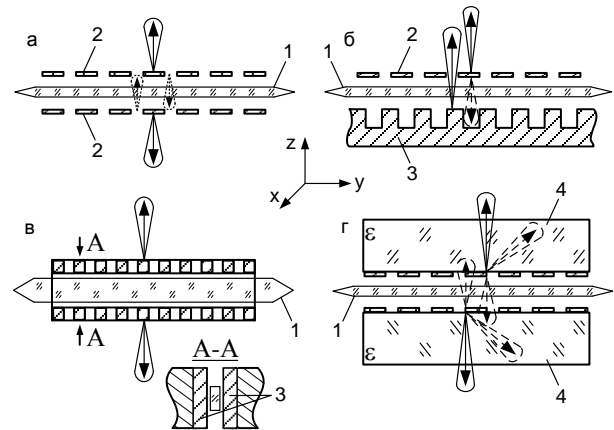


Рис. 1. Схемы исследуемых двухрядных периодических структур
1 – диэлектрический волновод, 2 – дифракционная решетка из брусьев, 3 – отражательная дифракционная решетка, 4 – диэлектрический слой.

Fig. 1. The diagrams of the double-row periodic structures
1 – dielectric waveguide, 2 – diffraction grating out of rods, 3 – reflected grating, 4 – dielectric layer

Простейшим вариантом двухрядной системы является сочетание решеток из брусьев прямоугольного сечения (рис. 1а), расположенных вдоль оси ДВ. Такая система позволяет реализовать режимы преобразования поверхностных волн в объемные в двух направлениях по оси z . Результаты моделирования

показали, что существует возможность плавной регулировки излучаемой мощности путем смещения ламелей ДР в пределах $\Delta d = (0 - 0,6)\lambda$ и наличие резонанса в области $\Delta d \approx \lambda/2$. Близкий к линейному характер изменения излучаемой мощности от смещения ламелей Δd свидетельствует о возможности применения двухрядных решеток из брусьев при создании квазиоптических аттенуаторов и перестраиваемых делителей мощности, а резонанс в области $\Delta d = (0,5 - 0,6)\lambda$ может быть использован при селекции колебаний в многосвязных квазиоптических системах. Волноводные характеристики исследуемой структуры подтверждают увеличение эффективности отбора энергии поверхностной волны ДВ при смещении брусьев решеток.

При изменении угла поворота α одной из решеток относительно оси ДВ наблюдается практически линейное уменьшение мощности излучения с увеличением угла α , вплоть до значений критического угла $\alpha_{кр}$, при котором нарушается процесс преобразования поверхностных волн ДВ в объемные. При этом угол поворота верхней решетки незначительно влияет на волноводные характеристики системы (рис. 1а), что свидетельствует о возможности эффективного ответвления части мощности в окружающее пространство при сохранении высоких показателей характеристик основного тракта.

С целью повышения эффективности отбора энергии и селекции колебаний с системе ДВ – ДР, представляют интерес более сложные двухрядные периодические структуры: отражательная – полупрозрачная ДР (рис. 1б), двухрядная отражательная ДР (рис. 1в), двухрядная МДС (рис. 1г).

Установлено, что введение дополнительной решетки из брусьев для структуры рис. 1б, увеличивает на 40% интенсивность диаграммы направленности. Волноводные характеристики такой системы свидетельствуют о более эффективном отборе мощности поверхностной волны ДВ по сравнению с однорядной системой.

При реализации резонансных устройств СВЧ в плане увеличения амплитуды колебаний и их добротности практический интерес представляют двухрядные отражательные ДР (рис. 1в), образующие которых параллельны плоскости yz и образуют вдоль продольной оси распределенного источника излучения цепочку связанных щелевых резонаторов. Такая система, как и двухрядная ДР из брусьев, обладает резонансными свойствами при смещении ее ламелей относительно оси y . При этом, в зависимости от соотношения поверхностных и объемных волн, возникающих в системе ДВ – ДР при фазовой корректировке двухрядной отражательной ДР, будет наблюдаться изменение пространственной ориентации основного лепестка ДН в плоскости перпендикулярной оси распределенного источника излучения. В частности, на рис. 2а показано изменение максимума интенсивности излучения в продольной плоскости yz при смещения ламелей решеток отражательной ДР. Зависимость имеет две области с близким к линейному характером изменения излучаемой мощности с максимумом при $\Delta d \approx l/2$, где l – период ДР. Изменение угла излучения и мощности ДН в поперечной плоскости xz показано на рис. 2б. Установ-

лено, что при плавном увеличении смещения Δd происходит практически линейное изменение угла излучения основного лепестка ДН в пределах $\gamma = \pm 30^\circ$. При этом наибольшую амплитуду ДН имеет в области $\Delta d \approx l/2$.

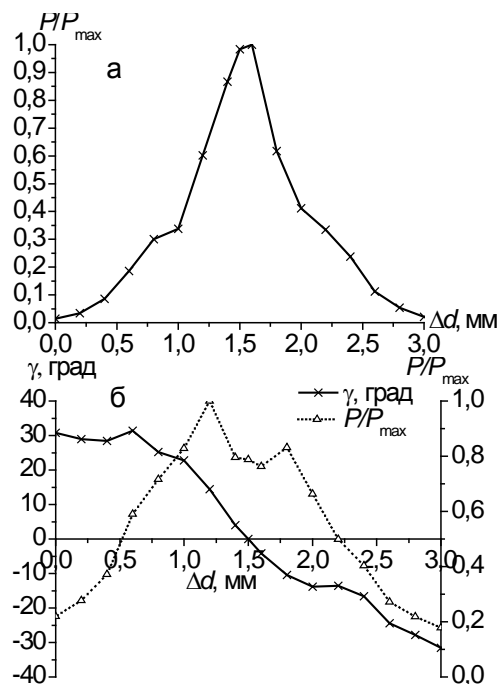


Рис. 2

Fig. 2

В случае реализации дифракционно-черенковского излучения в зоне Бриллюэна $4_{0,-1,-2}^{-1}$ для сдвоенной МДС (рис. 1г) при перемещении одной из них на величину периода l ДР вдоль продольной оси ДВ, перпендикулярно образующим лент, наблюдается перераспределение интенсивности излучаемых гармоник в верхнем и нижнем полупространстве. При этом преобладающей по мощности является нулевая или минус первая гармоники в зависимости от величины сдвига Δd .

III. Заключение

В работе показана возможность эффективной регулировки излучаемой мощности для двухрядных периодических структур различных модификаций путем смещения их ламелей и изменения угловой ориентации одной из решеток относительно оси ДВ. Наличие резонансных условий накопления и поглощения энергии в таких структурах позволяет осуществлять эффективную селекцию колебаний в многосвязных квазиоптических системах.

IV. References

- [1] Vorobyov G.S., Petrovsky M.V., Ruban A.I., Zhurba V.O., Belous O.I., Fisun A.I. Perspectives of application of new modifications of resonant quasi-optical structures in EHF equipment and electronics. *Telecommunications and Radio Engineering*, 2007, Vol. 66, No. 20, pp. 1839-1862.
- [2] Vorobyov G.S., Zhurba V.O., Petrovsky M.V., Rybalko A.A., Shulga Y.V. Modelling of Cerenkov and diffractive radiations on the periodical metal-dielectric structures. *Applied physics*, 2011, No 5, pp. 5-11.