

ЭЛЕКТРОДИНАМИКА И РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН

УДК 537.874

ИСКУССТВЕННЫЙ ДИЭЛЕКТРИК НА ОСНОВЕ ПРОВОДЯЩИХ КВАДРАТОВ С РЕЗИСТИВНЫМИ ПЕРЕМЫЧКАМИ

© 2020 г. В. И. Пономаренко^а, *, И. М. Лагунов^а^аКрымский федеральный университет им. В.И. Вернадского,
просп. акад. Вернадского, 4, Симферополь, 295007 Российская Федерация

*E-mail: vponom@gmail.com

Поступила в редакцию 18.04.2019 г.

После доработки 18.04.2019 г.

Принята к публикации 04.05.2019 г.

На основе решения задачи дифракции проведен расчет дисперсии эффективной диэлектрической проницаемости структуры из расположенных в диэлектрическом слое решеток проводящих квадратов, соединенных резистивными перемычками. Показано, что дисперсия такой структуры в зависимости от параметров перемычек может варьироваться от релаксационного типа до такого, который соответствует структуре из сплошных резистивных пленок, а также, что перемычки наиболее существенно влияют на характер дисперсии в длинноволновой, по отношению к периоду структуры, части волнового диапазона.

DOI: 10.31857/S0033849420060236

ВВЕДЕНИЕ

Возможность варьирования в широких пределах дисперсионных характеристик композиционных материалов (КМ), применяемых в радиопоглощающих структурах, позволяет влиять на их амплитудно-частотную характеристику с целью ее оптимизации [1]. Как показано в ряде работ, перспективными в этом плане являются структуры на основе проводящих диполей и резистивных квадратов с емкостной связью между элементами, имеющие релаксационный характер дисперсии эффективной диэлектрической проницаемости (ЭДП) [2–7]. Следует ожидать, что введение в структуру, наряду с емкостной связью между проводящими включениями, также и резистивной (омической) связи, окажет влияние на тип дисперсии ЭДП и расширит возможности ее варьирования.

Нами предложена структура из решеток проводящих квадратов, соединенных между собой резистивными перемычками и расположенных в диэлектрическом слое.

Целью работы является расчет ЭДП рассматриваемой структуры и исследование влияния перемычек на характер дисперсии.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЧИСЛЕННЫХ РАСЧЕТОВ

Исследуемая периодическая структура изображена на рис. 1. В отличие от структуры, исследу-

дованной в работе [7], плоские решетки состоят из проводящих квадратов с поверхностным сопротивлением ρ , соединенных резистивными перемычками с таким же поверхностным сопротивлением. Решетки находятся в слое недиспергирующего диэлектрика с относительной диэлектрической проницаемостью ϵ , расположенного на электрической или магнитной плоскости. Плоская электромагнитная волна, поляризованная по оси y , падает на структуру из области свободного пространства в направлении оси z . Период плоской решетки по осям x , y одинаков и равен $2b$, сторона квадрата

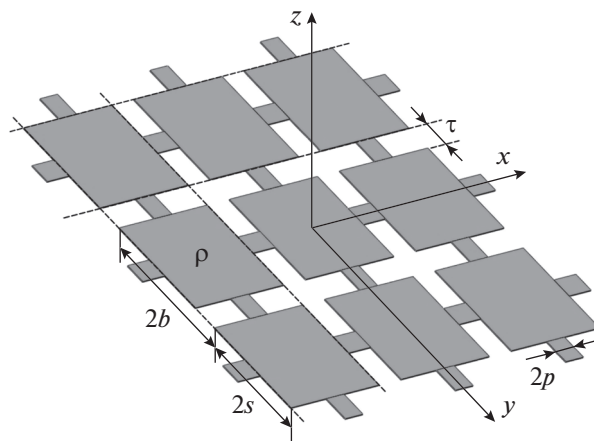


Рис. 1. Решетка проводящих квадратов с перемычками.

видно из рисунков, особенностью варьирования дисперсионной зависимости ЭДП путем изменения размера резистивных перемычек является то, что характер дисперсии существенно меняется в длинноволновой области, тогда как в коротковолновой части диапазона он меняется в меньшей степени.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе решения задачи дифракции проведен расчет дисперсии эффективной диэлектрической проницаемости искусственного диэлектрика, образованного решетками из проводящих квадратов с резистивно-емкостной связью между ними через зазоры и проводящие перемычки. Показано, что в отличие от структуры из решеток с емкостной связью между элементами характер дисперсии не является чисто релаксационным и может варьироваться путем изменения значения резистивной связи от релаксационного до имеющего место в структуре со сплошными резистивными пленками. При этом перемычки наиболее существенно влияют на характер дисперсии в длинноволновой части расчетного диапазона длин волн. Результаты расчетов применимы к другим диапазонам длин волн при соответствующем масштабировании геометрических размеров рассматриваемых структур и могут быть использованы при проектировании радиопоглощающих покрытий в

различных участках волнового диапазона. Отметим, что технологическим преимуществом применения резистивных решеток из квадратов с перемычками между ними является их односвязность, это дает возможность изготавливать фрагменты решетки, содержащие некоторое число квадратов, например, методом выштамповки из электропроводящей бумаги или металлизированной пленки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алимин Б.Ф. // Зарубеж. радиоэлектроника. 1989. № 2. С. 75.
2. Hatakeyama K., Inui T. // IEEE Trans. 1984. V. MAG-20. № 5. P. 1261.
3. Пономаренко В.И. // Радиотехника. 1990. Т. 45. № 5. С. 82.
4. Казанцев Ю.Н., Бабаян В.А., Казанцева Н.Е. и др. // РЭ. 2013. Т. 58. № 3. С. 264.
5. Пономаренко В.И., Лагунов И.М. Композиционные материалы: разработка и применение. Новосибирск: СибАК, 2017. С. 112.
6. Розанов К.Н. Частотно-зависимые магнитные и диэлектрические свойства композитных материалов для широкополосных СВЧ применений. Дис.... докт. физ.-мат. наук. М.: ИТПЭ РАН, 2018. 326 с.
7. Пономаренко В.И., Лагунов И.М. // РЭ. 2019. Т. 64. № 5. С. 440.
8. Пономаренко В.И., Лагунов И.М. // РЭ. 2017. Т. 62. № 7. С. 657.