



ISSN 1729-7648

ДОКЛАДЫ БГУИР

№ 8 (54) 2010

ЭЛЕКТРОНИКА, МАТЕРИАЛЫ
ТЕХНОЛОГИИ, ИНФОРМАТИКА
ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

ДОКЛАДЫ БГУИР

Выходит два раза в квартал

Научный журнал издается с января 2003 года

Главный редактор М.П. Батура

Редакционная коллегия:

Л.М. Лыньков (зам. главного редактора),

В.В. Муравьев (зам. главного редактора),

А.Н. Осипов (ответственный секретарь),

В.В. Баранов, Н.П. Беляцкий, В.Е. Борисенко, И.В. Боднар, Р.Б. Ивуть,
С.Е. Карпович, А.П. Кузнецов, В.К. Конопелько, А.А. Петровский, В.А. Сокол

Редакционный совет:

И.И. Абрамов, В.Е. Агабеков, А.И. Белоус, С.В. Бордусов, С.В. Гапоненко, В.В. Голенков,
В.Ф. Голиков, А.Л. Гурский, Л.И. Гурский, А.П. Достанко, В.А. Емельянов, И.Е. Зуйков,
В.М. Колешко, Ф.Ф. Комаров, Н.Т. Квасов, Ф.П. Коршунов, С.П. Кундас, А.А. Кураев, В.А. Куренев,
В.И. Курмашев, В.А. Лабунов, С.В. Лукьянец, В.Е. Матюшков, Л.И. Минченко, Ф.И. Пантелеенко,
В.А. Пилипенко, С.Л. Прищепа, А.М. Русецкий, Р.Х. Садыхов, Н.К. Толочко, А.А. Хмыль,
В.В. Цегельник, В.А. Чердынцев, Г.П. Яблонский, В.Н. Ярмолик

АДРЕС РЕДАКЦИИ:

220013, Минск, ул. П. Бровки, 6, к. 325

293-88-41

doklady@bsuir.by

www.doklady.bsuir.by

СОДЕРЖАНИЕ

ЭЛЕКТРОНИКА

Марков А.В., Никонов В.Н., Шмарловский А.С. Оценка эффективности распределения энергии между группами лифтов	5
Наранович О.И., Сеницын А.К. Компенсация отражения симметричных E-волн от диэлектрического материала в раскрыве рупора	13
Котов Д.А., Ясюнас А.А., Кирия Л.Т. Исследование интегральных параметров разряда ВЧ-источника индуктивно-связанной плазмы.....	20
Кушнир В.Н. Верхнее перпендикулярное критическое магнитное поле трехслойных наноструктур сверхпроводник/нормальный металл.....	26
Хаджинов М.К. Система автоматизированного проектирования квазимодального регулятора.....	33
Шашок В.Н., Филиппович Г.А. Полосы нарастающе-волновой функции передачи мощности	38
Мордачев В.И., Свистунов А.С. Влияние чувствительности радиоприема и высот подвеса антенн базовых станций на выделяемый сотовой сети GSM объем радиочастотного ресурса для обеспечения ее электромагнитной безопасности.....	46

УДК 621.372.8+519.6

КОМПЕНСАЦИЯ ОТРАЖЕНИЯ СИММЕТРИЧНЫХ E -ВОЛН ОТ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА В РАСКРЫВЕ РУПОРА

О.И. НАРАНОВИЧ, А.К. СИНИЦЫН

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
П. Бровка, 6, Минск, 220013, Беларусь

Поступила в редакцию 15 ноября 2010

Предложен эффективный метод расчета процесса распространения азимутально-однородных E -волн в круглом нерегулярном волноводе. Выполнены расчеты коэффициента отражения рупора с диэлектрическим материалом на апертуре. Найдены условия, при которых за счет правильного выбора параметров рупора реализуется компенсация отражения, вносимого диэлектрическим материалом.

Ключевые слова: рупор, диэлектрическое окно, коэффициент отражения, математическая модель.

Введение

Рупор азимутально-однородных (симметричных) E -волн круглого волновода используется при выводе СВЧ-энергии из черенковского генератора, обеспечивая его согласование с открытым пространством; при этом на апертуре рупора помещается диэлектрическая не поглощающая диафрагма, изолирующая вакуумное пространство генератора [1, 2]. При calorиметрических измерениях выходной мощности, проходящей через такой рупор, в его раскрыве помещают поглощающую диэлектрическую диафрагму, по нагреву и расширению жидкости в которой определяют энергию СВЧ-излучения [3]. В некоторых сушильных камерах нагреваемый поглощающий СВЧ-энергию слой диэлектрического материала помещают в раскрыве рупора [4]. Во всех рассматриваемых случаях помещение диэлектрического материала в раскрыве рупора приводит к нежелательному эффекту отражения СВЧ-волны от диэлектрического материала, которое может быть значительным [5].

В работе [5] на основе эффективного метода блочно-матричной прогонки расчета распространения симметричных H -волн в продольно нерегулярном круглом волноводе, изложенного в [6], найдены условия, при которых за счет правильного выбора параметров реализуется полная компенсация отражения от не поглощающего диэлектрического окна на его апертуре.

В настоящей статье изложенный в [6] метод развит для расчета распространения симметричных E -волн в продольно нерегулярном круглом волноводе с частичным азимутально-однородным диэлектрическим заполнением при учете условий излучения на поперечных входном и выходном сечениях. На основе этого метода с использованием оптимизационной процедуры найдены и исследованы условия, при которых возможна компенсация отражения от диэлектрической как не поглощающей, так и поглощающей диафрагмы помещаемой в раскрыве рупора симметричных E -волн.

Постановка задачи и метод ее решения

На рис. 1 представлена геометрия решаемой задачи. Входной радиус рупора b_0 , радиус апертуры b_L . На вход рупора подается симметричная E_{01} – волна мощности P_0^+ , на выходе ставится условие согласования ($P_L^- = 0$). Коэффициент отражения по мощности E_{01} волны опре-

деляется соотношением $K = P_0^- / P_0^+ = 1 - P_L^+ / P_0^+$, где P_0^- , P_0^+ – отраженная и проходящая мощности. Образующая монотонного рупора на участке $z_1 < z < z_2$ задавалась в виде параболы, имеющей гладкое сопряжение с отрезками регулярных волноводов на входе $(0, z_1)$ и выходе (z_2, L) :

$$b(z) = b_0 + (b_L - b_0) \cdot P_3[(z - z_1)/(z_2 - z_1)]; \quad P_3[T] = T^3(10 - 15T + 6T^2); \quad 0 \leq T \leq 1. \quad (1)$$

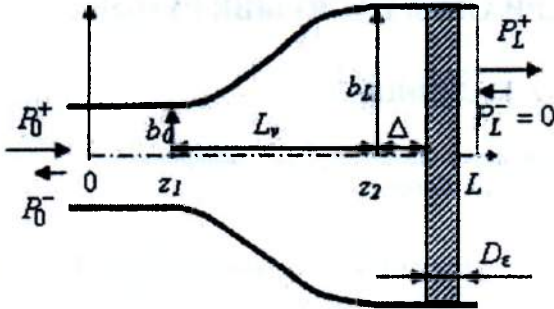


Рис. 1. Рупор с диэлектрическим окном

Параметры рупора $L_v = z_2 - z_1$ и b_L подбирались из условия минимального коэффициента отражения при наличии диэлектрического окна толщиной D_ϵ с диэлектрической относительной комплексной проницаемостью $\hat{\epsilon} = \epsilon' - j\epsilon''$, расположенного на расстоянии Δ от раскрыва рупора ($z=z_2$). Как показали расчеты, за счет изменения только величины Δ в некоторых случаях удается компенсировать отражение волны от такой диафрагмы не меняя параметры самого рупора.

Ниже, использованы обозначения и безразмерные уравнения Максвелла, описанные в [2, 6].

Для выполнения расчетов использовался модифицированный для расчета симметричных E -волн круглого нерегулярного волновода метод блочно-матричной прогонки, разработанный ранее для расчета H -волн [6]. В соответствии с этим методом, применяется известная методика отображения внутренней области нерегулярного волновода заданного профиля $b(z)$ на цилиндр единичного радиуса [2], в результате получается двумерная краевая задача для уравнения эллиптического типа с регулярными границами, которая допускает применение эффективного сеточного метода блочно-матричной прогонки [7].

Введем наряду с полярной системой координат (r, φ, z) , в которой записываются исходные уравнения Максвелла, новую систему (ψ, ρ, ζ) , связанную с исходной преобразованием $r = \rho b(\zeta)$; $\varphi = \psi$; $z = \zeta$. Безразмерные уравнения Максвелла и граничное условие на стенке волновода для векторов поля в преобразованной системе получаются в виде

$$\text{rot } \dot{\vec{B}}^p = jW \hat{g} \cdot \hat{\epsilon}(\rho, r) \dot{\vec{E}}^p; \quad \hat{g}^{-1} \cdot \text{rot } \dot{\vec{E}}^p = -jW \dot{\vec{B}}^p; \quad \hat{g} = \begin{bmatrix} 1 + \rho^2 b' & 0 & -\rho b b' \\ 0 & 1 & 0 \\ -\rho b b' & 0 & b^2 \end{bmatrix}; \quad [\vec{r}_0, \vec{E}^p]_{\rho=1} = 0. \quad (2)$$

Здесь \hat{g} – метрический тензор, $b' = db/dz$, все геометрические параметры выражены в единицах $\lambda_0/2\pi$, $\lambda_0 = 2\pi c/\omega_0$ – опорная длина волны, ω_0 – соответствующая ей опорная частота, c – скорость света в вакууме, $W = \omega/\omega_0$, ω – рабочая частота, $\dot{\vec{E}}^p = (E_\rho, E_\psi, E_\zeta)$, $\dot{\vec{B}}^p = (B_\rho, B_\psi, B_\zeta)$ – безразмерные векторы электромагнитного поля в преобразованной системе координат.

В случае симметричных E -волн $\vec{B}^p = B_\psi(\rho, z) \vec{\psi}_0$, $\vec{E}^p = E_\rho(\rho, z) \vec{\rho}_0 + E_\zeta(\rho, z) \vec{z}_0$ и после введения замены переменных $u = u_{re} + ju_{im} = \rho B_\psi$ задача (2) приводится к скалярной задаче относительно $u(\rho, z)$ вида:

$$\frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{1}{\epsilon \rho} \frac{\partial u}{\partial z} \right) - \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{b'}{\epsilon b} \frac{\partial u}{\partial \rho} \right) - \frac{\partial}{\partial \rho} \left(\frac{b'}{\epsilon b} \frac{\partial u}{\partial z} \right) + \frac{\partial}{\partial \rho} \left(\frac{1 + (b')^2}{b^2 \epsilon \rho} \frac{\partial u}{\partial \rho} \right) = -\frac{W^2}{\rho} u; \quad (3)$$

$$u|_{\rho=0} = 0; \quad \left. \frac{\partial u}{\partial \rho} - \frac{b b'}{1 + b'^2} \frac{\partial u}{\partial z} \right|_{\rho=1} = 0.$$

В отличие от задачи для H -волн [6] здесь граничное условие при $\rho=1$ имеет неклассический вид и требует особого подхода при конечно-разностной его аппроксимации.

На поперечных сечениях ($z=0, z=L$) расчетной области сформулируем *парциальные условия излучения* [8]. Для этого представим искомое волновое поле в виде разложения по поперечным сечениям собственных E_{0i} -волн регулярного волновода единичного радиуса

$$u(\rho, z) = \sum_i V_i(z) \rho J_1(v_{0i} \rho); \quad V_i(z) = \frac{1}{e_{0i}} \int_0^1 u(z, \rho) J_1(v_{0i} \rho) d\rho; \quad e_{0i} = \int_0^1 J_1^2(v_{0i} \rho) \rho d\rho; \quad (4)$$

здесь v_{0i} – корни функции Бесселя $J_0(x)$, $V_i(z)$ – амплитуды разложения.

На регулярных полубесконечных участках $z < 0, z > L$ волновое поле представляется в виде разложения по системе собственных E_{0i} -волн и амплитуды V_i имеют вид

$$V_i(z) = a_i^+ e^{-jk_i z} + a_i^- e^{+jk_i z}, \quad k_i = \begin{cases} +\sqrt{W^2 - (v_{0i}/b)^2}; & W > v_{0i}/b, \text{ распространяющиеся} \\ -j\sqrt{|W^2 - (v_{0i}/b)^2|}; & W < v_{0i}/b, \text{ закрытые волны} \end{cases} \quad (5)$$

Здесь a_i^+ – амплитуды прямой и обратной собственных волн, k_i – их волновые числа. Исходя из представления (4), (5) после некоторых преобразований, описанных в [2, 6], получим:

условие полного согласования при $z=L$ (при $z > L$ отсутствуют обратные волны $a_i^- = 0$)

$$\frac{\partial u(\rho, L)}{\partial z} = -\sum_{i=1}^{m_s} \frac{jk_i}{e_{0i}} \rho J_1(v_{0i} \rho) \int_0^1 u(\bar{\rho}, L) J_1(v_{0i} \bar{\rho}) d\bar{\rho}; \quad (6)$$

условие набегания слева E_{0r} -волн при $z=0$ (при $z < 0$ $a_i^+ \neq 0$, $a_{i(i \neq r)}^+ = 0$)

$$\frac{\partial u(\rho, 0)}{\partial z} = \sum_{i=1}^{m_s} \frac{jk_i}{e_{0i}} \rho J_1(v_{0i} \rho) \int_0^1 u(\bar{\rho}, 0) J_1(v_{0i} \bar{\rho}) d\bar{\rho} - 2j \sum_r k_r a_r^+ \rho J_1(v_{0r} \rho). \quad (7)$$

Здесь m_s – количество собственных волн, используемых при расчете.

Компоненты симметричной E -волны выражаются через функцию u следующим образом. В преобразованной системе:

$$\dot{\bar{E}}^p = -\frac{j}{W\epsilon} \left\{ \left(-\frac{\partial u}{\rho \partial z} + \frac{b'}{b} \frac{\partial u}{\partial \rho} \right) \bar{\rho}_0 + \left(-\frac{b'}{b} \frac{\partial u}{\partial z} + \frac{1 + \rho^2 b'^2}{b^2} \frac{1}{\rho} \frac{\partial u}{\partial \rho} \right) \bar{z}_0 \right\}; \quad \bar{B}^p = u(\rho, z) / \rho \cdot \bar{\psi}_0.$$

Связь компонент в исходной и преобразованной системах:

$$E_r = E_\rho / b(z); \quad B_\phi = B_\psi / b(z); \quad E_z = E_z - E_\rho \cdot b'(z) / b(z).$$

Компенсация отражения E_{01} -волны в монотонном рупоре

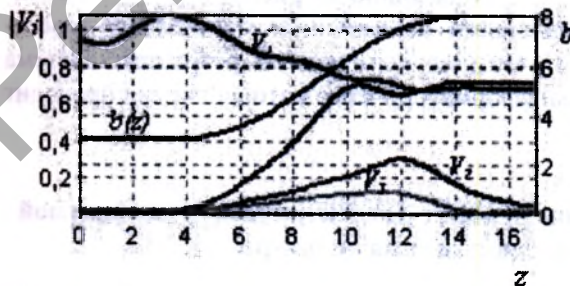


Рис. 2. Амплитуды V_i волн E_{0i} в рупоре без диэлектрического окна $b_0=3; b_L=8; L_v=12; z_1=3; K=0,0065$

Для типичного монотонного рупора E_{01} -волны без диэлектрического окна с входным радиусом $b_0=3$ было установлено, что при $b_L = 8 \div 10$ и $L_v \sim 12 \div 20$ коэффициент отражения K не превосходит 0,007. При этом амплитуды V_i (4) высших парциальных волн на выходе сопоставимы с амплитудой основной волны.

Как известно [5], не поглощающая диафрагма ($\epsilon'' = 0$) с толщиной, кратной половине длины волны в диэлектрике

$D_\epsilon^k = 0,5k\Lambda_\epsilon^{E_{01}}$, $\Lambda_\epsilon^{E_{01}} = 2\pi/\sqrt{\epsilon' - (v_{01}/b)^2}$ является «прозрачной» для E_{01} -волны. При $b_L > 8$ толщина такой «прозрачной» диафрагмы $D_\epsilon^1 \approx \pi/\sqrt{\epsilon}$. Однако, если D_ϵ не удовлетворяет этому условию, коэффициент отражения K имеет максимальное значение при $D_\epsilon \approx (0,5+k)D_\epsilon^1$, $k=0,1,2,\dots$ которое достигает значительной величины – 20% при $\epsilon'=2,5$ и 40% при $\epsilon'=5$.

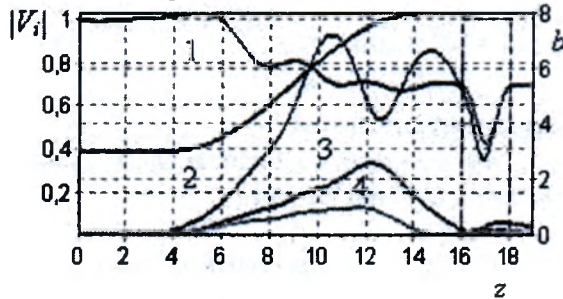


Рис. 3. Рупор с «прозрачным» окном после оптимизации $b_L=8$; $L_v=12$; $\Delta=1,01$; $K=0,0008$; $b_0=3$; $z_1=3$; $D_\epsilon=2$; $\epsilon'=2,5$; 1...4 – амплитуды V_1, \dots, V_4

окна после оптимизации. Заметим, что полученное значение K на порядок меньше, чем в рупоре без диэлектрического окна.

Естественно, что при помещении в раскрыв рупора «отражающей» диафрагмы ($D_\epsilon \neq D_\epsilon^1$) коэффициент отражения рупора будет соответствовать коэффициенту отражения от такой диафрагмы. Расчеты показали, что полностью компенсировать большое отражение от диэлектрического окна только за счет изменения Δ не всегда удастся. Для полной компенсации приходится корректировать длину L_v рупора, увеличивая тем самым его собственный коэффициент отражения. Однако после того как длина рупора соответствующим образом подобрана, при небольшом отклонении толщины диафрагмы (или ее диэлектрической постоянной) от оптимальной, компенсация возникающего отражения возможна за счет корректировки Δ . Эта особенность позволяет довольно просто регулировать небольшие отклонения коэффициента отражения не изменяя размеры рупора.

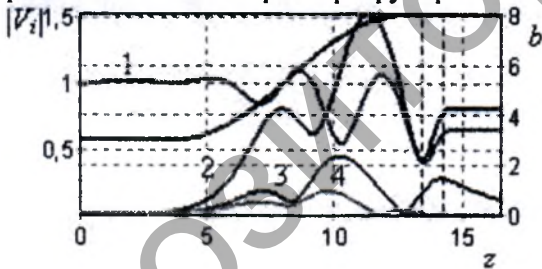


Рис. 4. Рупор с «отражающим» окном: $b_L=8$; $L_v=10,5$; $\Delta=0$; $K=0,00047$; $b_0=3$; $z_1=3$; $D_\epsilon=1$; $\epsilon=2,5$

ражение волн между диафрагмой и нерегулярным участком волновода. В результате система «рупор-диафрагма» представляет полуволновой трансформатор, через который волна проходит без отражения.

Компенсация отражения волны в немонотонном рупоре с диэлектрической диафрагмой при минимизации амплитуд высших мод на апертуре

Как показано в [2], для рупора симметричных E -волн удастся подобрать такой немонотонный профиль, при котором на апертуре отсутствуют высшие моды, что значительно улучшает его коэффициент направленного действия. Ниже исследуется влияние диафрагмы на ха-

При помещении «прозрачной» для E_{01} волны диафрагмы в раскрыв рупора происходит небольшое, примерно в полтора раза, увеличение коэффициента отражения K , объясняемое отражением от диафрагмы возбуждаемых в рупоре волн с более высоким индексом. При определенной коррекции параметра Δ удается уменьшить коэффициент отражения до значений меньших, чем у рупора без диэлектрического окна.

На рис. 3 представлено характерное распределение амплитуд $V_i(z)$ в рупоре при наличии диэлектрического «прозрачного»

На рис. 4 представлено распределение амплитуд $V_i(z)$ в рупоре с «отражающей» диафрагмой ($D_\epsilon \approx D_\epsilon^{0,5}$) после оптимизации. Коэффициент отражения волны E_{01} от такой диафрагмы в регулярном волноводе равен 0,2 [5]. До оптимизации ($b_L=8$, $L_v=12$) после помещения диафрагмы ($\Delta=0$) коэффициент отражения $K=0,17$. После оптимизации коэффициент отражения на порядок меньше, чем в рупоре без диафрагмы.

Как видно из рис. 4, в рупоре с оптимальными параметрами происходит переот-

рактеристики такого рупора. Профиль немонотонного рупора задавался в виде разложения по сдвигам финитной функции $\varphi_3(x)$, представляющей B -сплайн третьей степени [2]:

$$b(z) = b_0 + (b_L - b_0) \cdot P_3(T) + \sum_{k=1}^K d_k \varphi_3[T(K+3) - k - 1]; T = (z - z_1) / (z_2 - z_1). \quad (8)$$

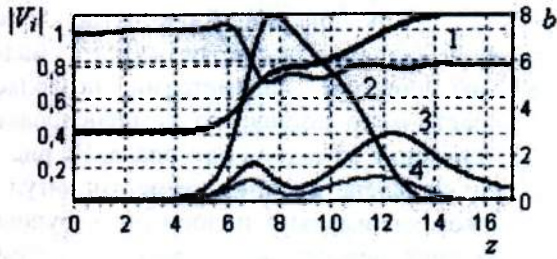


Рис. 5. Преобразование волн в немонотонном рупоре без диэлектрического окна $d_1 \dots d_5 = -0,14; 1,5; 0,19; -0,33; -0,23; b_L = 8; L_v = 12; K = 0,00038$

Вначале был найден профиль рупора без диэлектрического окна, обеспечивающий отсутствие высших мод на апертуре при коэффициенте отражения $K = 0,00038$. Параметры и форма найденного рупора представлены на рис. 5. Длина L_v и раскрыв b_L рупора такие же, как у монотонного (см. рис. 3). Подавление высших мод на апертуре обеспечивается полуволновой гофрировкой профиля.

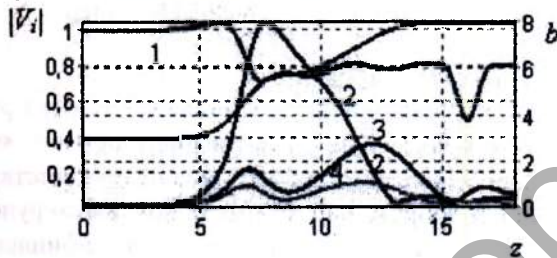


Рис. 6. Преобразование волн в немонотонном рупоре с «прозрачным» диэлектрическим окном $d_1 \dots d_5 = -0,14; 1,5; 0,19; -0,33; -0,23; \Delta = 0; b_L = 8; L_v = 12; K = 0,00037; b_0 = 3; z_1 = 3; D_e = 2; \epsilon = 2,5$

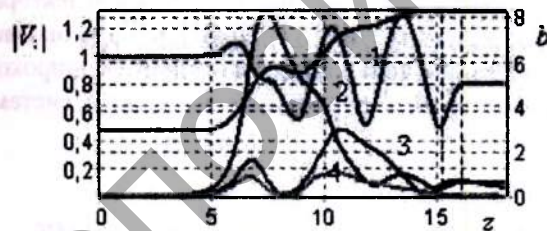


Рис. 7. Преобразование волн в рупоре с отражающей диафрагмой $d_1 \dots d_5 = -0,41; 2,24; -0,89; 0,71; -0,37; b_L = 8,27; L_v = 12,08; K = 0,00037; b_0 = 3; z_1 = 3; D_e = 1; \epsilon = 2,5$

Параметры профиля рупора $L_v, b_L, d_1 \dots d_5$ подбирались из условия минимума коэффициента отражения при минимуме амплитуд высших мод на апертуре. Для решения этой двухкритериальной задачи была выбрана целевая функция с весовым коэффициентом α в виде

$$F_c = \alpha K + (1 - \alpha) \frac{\sum_{i=2, m} |V_i(L)|}{|V_1(L)|}. \quad (9)$$

При помещении «прозрачного» диэлектрического окна в такой рупор его коэффициент отражения незначительно возрастает до $K = 0,00058$, увеличиваются также амплитуды высших мод. При небольшой коррекции параметра Δ удается компенсировать рассогласование, вносимое такой диафрагмой. Коэффициент отражения получается такой же, как и без диафрагмы.

Помещение «отражающей» диафрагмы в рупор с немонотонным профилем, обеспечивающим подавление высших мод на апертуре, не приводит к увеличению амплитуд высших мод на апертуре, при этом коэффициент отражения рупора практически равен коэффициенту отражения диафрагмы $K = 0,21$. При этом значительное отражение испытывает лишь основная волна, распределение высших мод остается таким же, как в рупоре без диафрагмы.

Для компенсации влияния «отражающей» диафрагмы в немонотонном рупоре необходимо введение значительной неоднородности профиля (рис. 7).

Влияние поглощающей диафрагмы на характеристики отражения рупора

При падении волны на поглощающий материал с большим значением ϵ'' , волна затухает по закону $|E| \approx E_0 e^{-\frac{\epsilon''}{2\sqrt{\epsilon'}} z}$. Поэтому при толщине материала, на которой происходит практически полное затухание (например, при $D_e > 3$ и диэлектрической проницаемости $\epsilon = \epsilon' - \sqrt{\epsilon'} j$), влияние задней стенки на отражение волны незначительно, и основную роль играет отражение

от передней стенки поглощающего материала. Расчеты коэффициента отражения симметричной E -волны при радиусе волновода $b > 8$ и материале толщиной $D_\epsilon = 3$ приведены в таблице.

Коэффициент отражения	
$\epsilon = \epsilon' - \epsilon''j$	K
4-2j	0,15
9-3j	0,27
16-4j	0,37
25-5j	0,43
36-6j	0,53

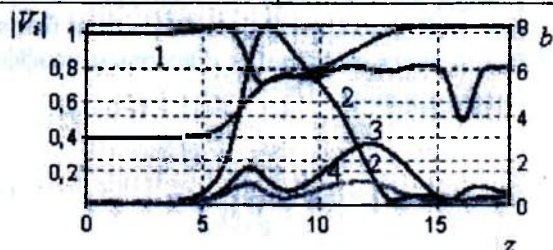


Рис. 8. Рупор с поглощающей диафрагмой $b_L = 8$; $L_v = 4,58$; $\Delta = 2,71$; $K = 0,0004$; $b_0 = 3$; $z_1 = 2$; $D_\epsilon = 3$; $\epsilon = 36 - 6j$

Как видно, коэффициент отражения в этом случае может быть значительным, что, например, существенно увеличивает затраты на СВЧ-обработку.

Как показали расчеты, использование рупора с подобранными оптимальным образом параметрами позволяет практически полностью компенсировать отражение от такого материала. На рис. 8 представлено распределение амплитуд в таком оптимально подобранном рупоре. За счет переотражения волн в системе «рупор-диафрагма» коэффициент отражения уменьшен практически до нуля. Расчеты свидетельствуют о том, что, не меняя параметры рупора, представленные на рис. 8, для значений ϵ из таблицы коэффициент отражения не превосходит 5%, а при небольшой коррекции параметра Δ может быть уменьшен до 0,5%.

Заключение

Представленные результаты указывают на то, что наличие диэлектрического окна в рупоре симметричных E волн может приводить к значительному рассогласованию, причем коэффициент отражения может достигать 20–60% для $\epsilon = 2-10$, если толщина окна не соответствует условию «прозрачности». Однако при этом можно подобрать параметры монотонного рупора таким образом, что за счет переотражений волн в системе рупор-диафрагма коэффициент отражения рупора с диафрагмой останется таким же, как и в рупоре без диафрагмы.

Немонотонная гофрировка профиля позволяет обеспечить отсутствие высших мод в раскрыве рупора. Введение «прозрачного» окна практически не изменяет свойств такого рупора. Однако компенсация влияния «отражающего» диэлектрического окна в таком рупоре возможна лишь за счет значительной неоднородности профиля, либо за счет введения рефлектора.

Использование рупора с подобранными оптимальным образом параметрами позволяет практически полностью компенсировать отражение от поглощающего материала в широком диапазоне значений диэлектрической проницаемости за счет переотражения волн в системе «рупор-диафрагма».

COMPENSATION OF REFLECTION SYMMETRIC E -WAVES FROM THE DIELECTRIC MATERIAL IN THE HORN APERTURE

O.I. NARANOVICH, A.K. SINITSYN

Abstract

The effective calculation method of process of azimuthally-homogeneous E -waves distribution in a round irregular wave guide is offered. Calculations of factor of reflection of a horn with a dielectric material on the aperture are executed. Conditions at which at the expense of a correct choice of parameters of a horn indemnification of the reflection brought by a dielectric material is realized are found.

Литература

1. Александров А.Ф., Афонин А.М., Галузо С.Ю. и др. // Релятивистская высокочастотная электроника. Г., 1981 С.145–169.
2. Батура М.П., Кураев А.А., Сеницын А.К. Основы теории, расчета и оптимизации современных электронных приборов СВЧ. М., 2007.
3. Шварунец А.Г. // Приборы и техника эксперимента. 1996. №4, С. 72–75.
4. Кижлай И.Н., Кураев А.А., Сеницын А.К. и др. // Успехи современной радиоэлектроники. 2007. №10, С. 70–74.
5. Наранович О.И., Сеницын А.К. // Докл. БГУИР. 2010. №3 (49), С. 24–29.
6. Наранович О.И., Сеницын А.К. // Успехи современной радиоэлектроники. 2007. №10, С. 57–63.
7. Наранович О.И., Сеницын А.К. // Докл. БГУИР. 2007. №3 (19), С. 18–23.
8. Свешников А.Г. // ДАН СССР. 1950. Т. 3. № 5, С. 517–520.

Репозиторий БарГУ