

УДК 681.7.068

ПРЯМОУГОЛЬНЫЙ ВОЛНОВОД С ВНУТРЕННИМ ГОФРОМ КАК ЧУВСТВИТЕЛЬНЫЙ ЭЛЕМЕНТ ТЕРАГЕРЦОВЫХ СЕНСОРОВ

Л. И. СОТСКАЯ¹, Д. В. ПОНКРАТОВ², А. В. ШИЛОВ²¹Белорусско-Российский университет²Могилевский государственный университет имени А. А. Кулешова
Могилев, Беларусь

Практический интерес представляют компактные волноводные терагерцовые (ТГц) сенсоры. В докладе рассматриваются брэгговские структуры в виде прямоугольного металлического волновода с внутренним диэлектрическим гофром (рис. 1). При заполнении сердцевины таких волноводов исследуемой средой сенсорный эффект будет максимально выражен благодаря резонансному пропусканию структуры. Известные способы расчета подобных структур [1] используют приближение слабонеоднородной среды, которое для ТГц-диапазона неприемлемо. Авторами для этой цели разработан новый эффективный метод.

На рис. 1 область сенсора, заполняемая исследуемой жидкой либо газовой средой, представляет собой бокс со стороной a и высотой b , изолированный от среды, заполняющей регулярный волновод в областях $z < 0$ и $z > L$ пробками толщиной w_0 , выполненными из того же материала, что и диэлектрический гофр в области сенсора. Гофр имеет NP периодов.

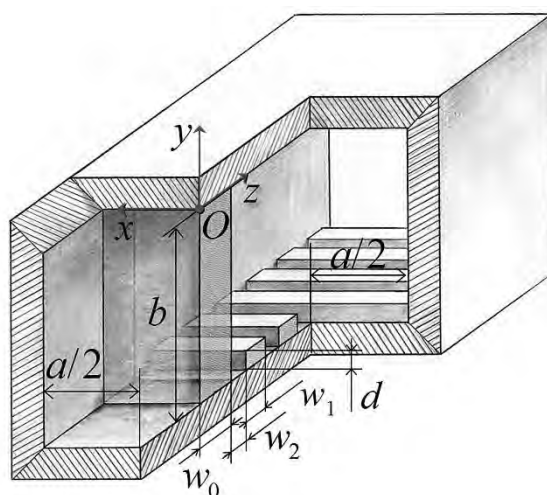


Рис. 1. Конфигурация исследуемых волноводов

Для проведения расчетов целесообразно учесть явный вид полей мод в частичных областях. Особым является случай, когда поле на регулярных и нерегулярных участках волновода имеет ТЕ-поляризацию с однородным вдоль оси Ox пространственным распределением. Этот случай представляет и основной практический интерес, поскольку может быть реализован при падении на

нерегулярный участок волновода его основной моды, допускающей эффективное торцевое возбуждение. Для расчета мод частичных областей структуры эффективен метод вариационного разделения переменных [2].

Пусть на вход нерегулярного участка поступает основная ТЕ-мода регулярного волновода. Тогда энергетические коэффициенты отражения и прохождения для этого участка равны

$$R = \beta_1^{-1} \sum_{j=1}^r \beta_j |(C_i^-)_j|^2; \quad T = \beta_1^{-1} \sum_{j=1}^r \beta_j |(C_o^+)_j|^2, \quad (1)$$

где r – порядок редукции спектральных разложений; $(C_i^-)_j$ – амплитуды отраженных от нерегулярного участка волновода мод на входе нерегулярного участка волновода; $(C_o^+)_j$ – амплитуды мод, прошедших нерегулярный участок; β_j – постоянные распространения мод.

Для расчета коэффициентов (1) разработана техника, основанная на перемножении клеточных передаточных матриц, выражающихся через интегралы перекрытия мод частичных областей структуры. Установлено, что при сантиметровой протяженности сенсорного участка гофрированная структура может повысить чувствительность газоанализатора в 20 раз по сравнению с его классическим абсорбционным аналогом.

Табл. 1 иллюстрирует внутреннюю сходимость развитого расчетного метода при $NP = 5$. В качестве диэлектрической среды выбран сополимер циклических олефинов (патентованное название Toras). Таблица относится к случаю заполнения сенсора сухим воздухом, $a = b = 3500 \mu\text{m}$, $w_0 = 0 \mu\text{m}$, $w_1 = w_2 = 200 \mu\text{m}$ и частоте $f = 0,55 \text{ THz}$.

Табл. 1. Внутренняя сходимость метода в случае $d = 200 \mu\text{m}$

r	R	T	$R + T$
1	0,4419	$4,1 \cdot 10^{-22}$	0,4419
5	27,9086	0,9629	28,8715
10	0,0340	0,9910	1,0250
15	0,0076	0,9922	0,9998
20	0,0069	0,9930	0,9999
25	0,0069	0,9930	0,9999

Работа выполнена в рамках Государственной программы научных исследований РБ «1.15 Фотоника и электроника для инноваций».

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Ярив, А.** Оптические волны в кристаллах / А. Ярив, П. Юх. – Москва: Мир, 1987. – 616 с.
2. **Сотский, А. Б.** Теория оптических волноводных элементов: монография / А. Б. Сотский. – Могилев: МГУ им. А. А. Кулешова, 2011. – 456 с.