

РЕШЕНИЕ ДИСПЕРСИОННЫХ УРАВНЕНИЙ
ДЛЯ ПЛАНАРНЫХ ВОЛНОВОДОВ

П.С. ЗАЙЦЕВ

Научный руководитель И.У. ПРИМАК, канд. физ.-мат. наук, доц.
ГУ ВПО «БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Поиск комплексных корней дисперсионных уравнений имеет принципиальное значение в электродинамической теории волноводов. Для решения этой проблемы предложено множество различных итерационных и градиентных методов. Их общими недостатками является необходимость задания достаточно точного нулевого приближения для корня и вычисления производных от дисперсионных уравнений, что представляет собой в ряде случаев достаточно сложную задачу. В настоящей работе рассмотрен и протестирован свободный от этих ограничений метод строго вычисления комплексных корней дисперсионных уравнений для планарных волноводов. Он основан на технике контурного интегрирования и теореме о вычетах и позволяет найти все корни нелинейного уравнения $f(z) = 0$ в области аналитичности функции $f(z)$. Тестирование метода проведено при расчетах волноводных характеристик чувствительного элемента интегрально-оптического датчика водорода. Данный чувствительный элемент представляет собой стеклянную подложку с двухслойной структурой на поверхности, состоящей из волноводной пленки и слоя металла (Pd). Присутствие в воздухе водорода приводит к тому, что диэлектрическая проницаемость ε_m металла, контактирующего с ним, изменяется, а значит и волноводные свойства структуры модифицируются. Это явление и лежит в основе функционирования интегрально-оптического датчика.

В результате исследований построены дисперсионные зависимости комплексных постоянных распространения волноводных мод $z(d)$ (d – толщина волноводной пленки) при толщине металла $d_m = 0,01$ мкм. Кроме того, построены зависимости так называемых параметров чувствительности $S_1 = |d \operatorname{Re} z / d \varepsilon_m|$ и $S_2 = |d \operatorname{Im} z / d \varepsilon_m|$ от толщин d и d_m . Эти зависимости продемонстрировали, что чувствительность может быть максимизирована за счет выбора этих толщин. При этом чувствительность можно повысить также и за счет выбора номера и поляризации волноводной моды. Так найденные максимальные значения параметров чувствительности $S_{1\max} = 7,4 \cdot 10^{-4}$ мкм⁻¹ ($d = 1,12$ мкм, $d_m = 0,02$ мкм) и $S_{2\max} = 9,1 \cdot 10^{-4}$ мкм⁻¹ ($d = 0,843$ мкм, $d_m = 0,023$ мкм) соответствуют основной моде ТМ-поляризации.