

УДК 535

ВНУТРИРЕЗОНАТОРНОЕ ОТРАЖЕНИЕ СВЕТА ОТ ПРИЗМЫ СВЯЗИ В ПЛОСКОВОЛНОВОМ ПРИБЛИЖЕНИИ

И. У. ПРИМАК, А. В. ХОМЧЕНКО

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

В рамках задачи описания внутрирезонаторного отражения света от призмы (призменного устройства связи) в плосковолновом приближении оценивается интенсивность генерируемого лазерного излучения на выходе из резонатора. Такого рода оценка представляет интерес с точки зрения анализа возможностей внутрирезонаторной лазерной спектроскопии как метода определения параметров тонких пленок (сверхтонких слоев) [1]. При этом результаты исследований имеют отношение не только к вопросам контроля параметров многослойных структур, но и к сенсорным приложениям.

На рис.1 представлена измерительная схема внутрирезонаторного отражения света от призмы.

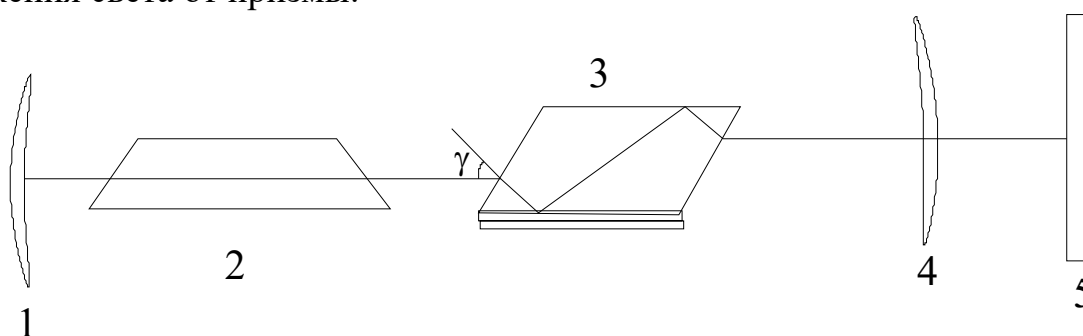


Рис. 1. Схема измерения: 1 – глухое зеркало; 2 – газоразрядная трубка гелий-неонового лазера; 3 – призма; 4 – выходное зеркало; 5 – фотоприемное устройство

Расчет электромагнитных полей в резонаторе с усиливающей средой предполагает решение неоднородного уравнения Гельмгольца с граничными условиями на зеркалах. При этом электрическое поле в резонаторе раскладывается по модам резонатора (функции Эрмита–Гаусса), амплитуды которых определяются при решении системы соответствующих дифференциальных уравнений. Такой подход не дает простого описания поля. Внесение в резонатор оптических элементов – линз, фильтров (в данном случае призмы) также усложняет процедуру расчетов. В целях получения более простых оценок полей в резонаторе и вне его был при-

менен подход Ригрода. В данном подходе предлагается считать моды, по которым раскладывается поле в резонаторе, плоскими. Это позволило, применяя полученные Ригродом уравнения, записать для интенсивности выходного излучения

$$I = I_n T_2 \frac{g_0 L - \alpha L_p + \ln |R_1 R_2 R_p^2|}{|R_2 R_1^{-1} R_p^{-2}| - |R_2|^2 - |R_1 R_2| + |R_p|^{-2}}, \quad R_p = T_p^2 R_{o1} R_{o2},$$

где g_0 – коэффициент усиления слабого сигнала; L – длина газоразрядной трубки гелий-неонового лазера; α – коэффициент поглощения призмы; L_p – путь, который проходит свет в призме; I_n – интенсивность насыщения; R_1 и R_2 – коэффициенты отражения зеркал 1 и 4 соответственно; T_2 – коэффициент пропускания зеркала 4; T_p и R_{o2} – коэффициенты пропускания и отражения грани призмы (без многослойной структуры) соответственно; R_{o1} – коэффициент отражения грани призмы с многослойной структурой. Все указанные коэффициенты пропускания и отражения рассчитываются с помощью известных рекуррентных соотношений [2].

Выполнено численное моделирование внутрирезонаторного отражения света от призмы (рис. 2).

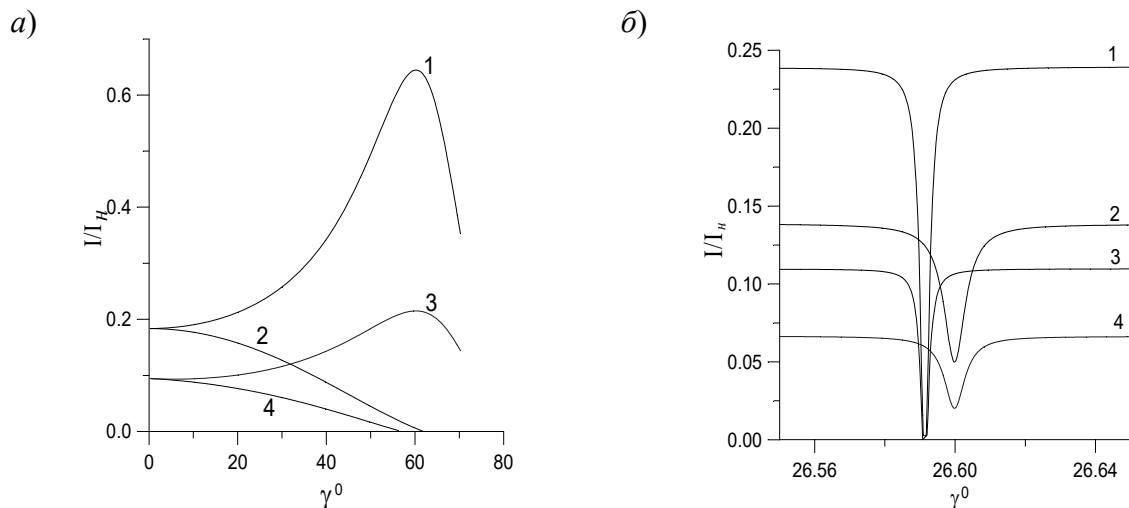


Рис. 2. Зависимости интенсивности лазерного излучения I на выходе из резонатора от угла падения γ этого излучения на грань призмы: a – описывает отражение света от призмы без волноводной структуры; b – призмы с волноведущей структурой. Здесь кривые 1, 3 (кривые 2, 4) строились для ситуации, когда ось вращения призмы перпендикулярна (параллельна) плоскости поляризации излучения. При этом кривые 1, 2 описывают случай, когда потерями в материале призмы можно пренебречь, а кривые 3, 4 строились в предположении, что коэффициент поглощения $\alpha = 2 \cdot 10^{-7} \text{ мкм}^{-1}$

Расчеты подтвердили воспроизведение волноводной модовой структуры в угловой картине распределения $I(\gamma)$ (рис. 2, б). Это позволяет получать оценки параметров волноведущей структуры на основе уже известных подходов обработки распределений $I(\gamma)$ [2]. При этом интенсивность отраженного излучения вследствие потерь в призме ($\alpha = 2 \cdot 10^{-7}$ мкм⁻¹) может быть снижена более чем в 2 раза.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шульга, А. В. Внутррезонаторная волноводная спектроскопия тонких пленок / А. В. Шульга, А. В. Хомченко, И. В. Шилова // Письма ЖТФ. – 2018. – Т. 44, № 21. – С. 3–8.
2. Анализ распределения интенсивности отраженного пучка в схеме призмленного возбуждения диэлектрических волноводов / А. Б. Сотский, А. А. Романенко, А. В. Хомченко, И. У. Примак // Радиотехника и электроника. – 1999. – Т. 44, № 6. – С. 687–695.

