

УДК 621.372.8:535
СТАБИЛИЗАЦИЯ ТОЧКИ ВВОДА ИЗЛУЧЕНИЯ В ПЛАНАРНУЮ
СТРУКТУРУ ПОСРЕДСТВОМ ПРИЗМЫ СВЯЗИ

С. О. ПАРАШКОВ

Белорусско-Российский университет

А. Б. СОТСКИЙ, Е. А. ЧУДАКОВ

Могилевский государственный университет им. А. А. Кулешова
Могилев, Беларусь

Волноводная спектроскопия является одним из наиболее эффективных методов оптического контроля параметров тонких пленок и слоистых сред. Суть данного метода заключается в туннельном возбуждении волноводных мод исследуемой структуры, что обеспечивает наибольшую, по сравнению с альтернативными методами, длину взаимодействия зондирующего излучения с исследуемой средой и, как следствие, максимальную чувствительность метода к параметрам структуры. В частности, благодаря этой особенности метод волноводной спектроскопии оказывается вне конкуренции при измерении коэффициентов поглощения тонких пленок. Однако данный метод является контактным, что порождает ряд проблем при его практической реализации. Их решение предполагает оптимизацию призмы связи.

Серьезную проблему представляет смещение точки ввода излучения в исследуемую структуру (т. е. точки пересечения оси лазерного пучка с основанием призмы связи) в процессе вращения призмы связи при волноводной спектроскопии структуры. Это смещение, вызванное законом Снеллиуса, препятствует однозначному решению обратной оптической задачи. Настоящий доклад посвящен преодолению данной проблемы.

Для зависимости указанного смещения S от угла поворота призмы связи φ было получено аналитическое выражение

$$S(\varphi) = \frac{l\sqrt{n_p^2 n_a^{-2} - \sin^2 \varphi}}{\sin \theta_1 \sin \varphi + \cos \theta_1 \sqrt{n_p^2 n_a^{-2} - \sin^2 \varphi}} - a,$$

$$l = \left\{ a \cos \theta_1 - 2 \sin \left(\frac{\varphi}{2} \right) \left[\Delta y \cos \left(\frac{\varphi}{2} - \theta_1 \right) + \Delta x \sin \left(\frac{\varphi}{2} - \theta_1 \right) \right] \right\} \cos^{-1} \varphi,$$

где n_p и n_a – показатели преломления призмы связи и примыкающей к ее боковым граням среды; θ_1 – угол между основанием призмы и ее входной гранью; a – расстояние от данного ребра призмы до точки ввода при

падении лазерного пучка нормально входной грани призмы; $\Delta x, \Delta y$ – координаты оси вращения призмы связи.

Для стабилизации зондируемой области оптимальным образом выбирается положение оси вращения призмы связи. Искомые значения $\Delta x, \Delta y$ получены путем минимизации зависимости $S^2(\varphi)$ методом наименьших квадратов.

Корректность расчетов подтверждена экспериментально. Измерения проведены для призмы СТФ-2 с углом $\theta_1 = 59,41^\circ$. Рис. 1, а иллюстрирует смещение точки ввода светового пучка при поворотах призмы.

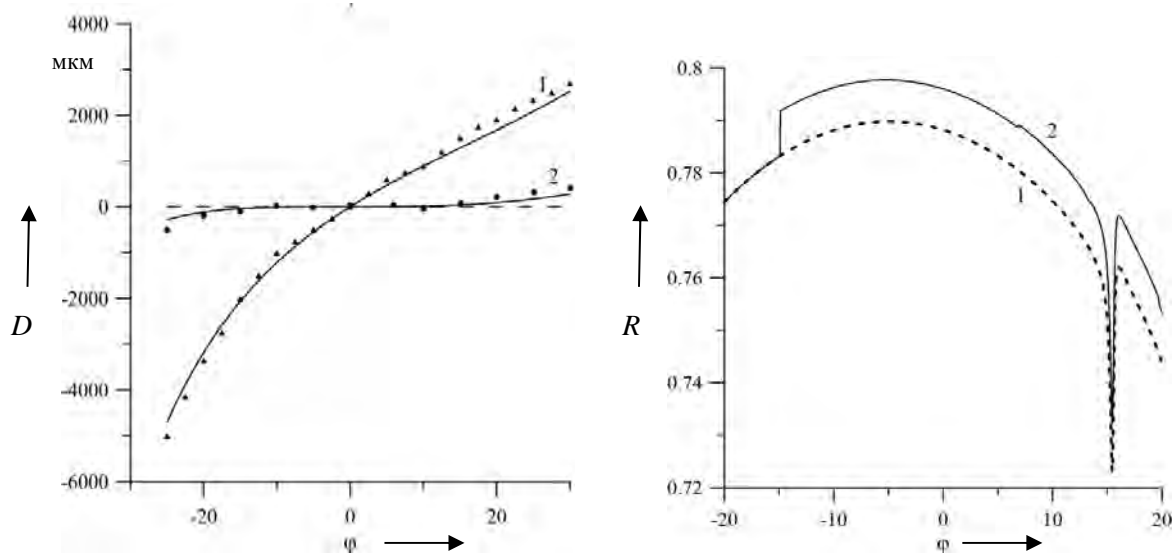


Рис. 1. Смещение точки ввода светового пучка при поворотах призмы: а – зависимость смещения пятна оптического контакта от угла поворота призмы связи (----- – нулевой уровень смещения); б – отражательная способность призмы связи при стандартном (1) и оптимальном (2) выборе ее оси вращения

Здесь сплошные кривые 1 и 2 – расчет. Кривая 1 соответствует стандартной установке оси вращения в центре основания призмы связи; 2 – оптимальная установка оси. Дискретные точки – соответствующий эксперимент. Графики на рис. 1, б рассчитаны при однократном прохождении света через призму связи (кривая 1) и с учетом многократных отражений лазерного пучка от боковых граней и основания призмы связи (кривая 2). Они относятся к призмному возбуждению ТЕ-волнами двухслойной структуры оксинитрида кремния на кремниевой подложке. Как следует из рис. 1, а, стабилизация точки ввода излучения в волноводную структуру за счет оптимального выбора положения оси вращения призмы связи существенно влияет на результаты волноводной спектроскопии.

Работа выполнена при поддержке Государственной программы научных исследований Республики Беларусь «Фотоника, опто- и микроэлектроника 1.3.03».