

С. О. ПАРАШКОВ, А. Б. СОТСКИЙ, *А. В. ХОМЧЕНКО

Учреждение образования
«МОГИЛЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. А. А. Кулешова»*Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

При диагностике тонких пленок достаточно эффективен метод волноводной спектроскопии. В нем информация об исследуемой пленке извлекается из зависимости отражательной способности призмы связи (ПС) от угла падения светового пучка на ее входную грань. В настоящее время, для измерения данной зависимости используются: серийно выпускаемая Metricon Corporation установка Model 2010/M Prism Coupler и уникальная установка, созданная в Белорусско-Российском университете. В обеих установках осуществляется механическое вращение ПС. В настоящей работе анализируется проблема оптимального выбора оси вращения ПС с целью стабилизации точки ввода излучения в исследуемую пленку.

Схема измерения отражательной способности ПС представлена на рис. 1. ПС и примыкающая к ее боковым граням 1 и 3 среда имеют показатели преломления n_p и n_a . Основание ПС контактирует с исследуемой пленкой. Пучок света проходит сквозь входную грань призмы 1, отражается от ее основания и сквозь выходную грань призмы 3 попадает на протяженный фотоприемник Φ . Штриховыми линиями изображены контур призмы и ось пучка при исходном положении измерительной установки. В этом положении ось пучка ортогональна входной грани призмы и пересекает основание призмы в точке ввода излучения в пленку s (эта точка обведена кружком и находится на расстоянии a от ребра призмы (1)). Вращение ПС осуществляется вокруг оси r , параллельной оси Oz . В ходе этого вращения фиксированы ось пучка, падающего на входную грань ПС, фотоприемник и система координат $Ox_i y_i z_i$, ось Ox_i которой параллельна основанию призмы в ее исходном положении, а ось вращения имеет координаты $x_i = 0$, $y_i = 0$. С ПС жестко связана подвижная система координат $Ox y z$. В данной системе ось вращения, при исходном положении ПС, имеет координаты $x_r = \Delta x$, $y_r = \Delta y$. Поворот ПС на угол φ , в соответствии с законом преломления Снеллиуса, сопровождается изменением положения оси светового пучка в призме и на ее выходе. Ось пучка и грани ПС в ее повернутом на угол φ положении изображены на рис. 1 сплошными линиями.

Возникающее смещение точки ввода $s(\varphi)$ равно

$$s = \frac{l\sqrt{n_p^2 n_a^{-2} - \sin^2 \varphi}}{\sin \theta_1 \sin \varphi + \cos \theta_1 \sqrt{n_p^2 n_a^{-2} - \sin^2 \varphi}} - a, \quad (1)$$

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

Из (1) очевидно, что обеспечить равенство $s(\varphi) \equiv 0$ за счет выбора Δx и Δy невозможно. Тем не менее, можно минимизировать $|s(\varphi)|$ по указанным параметрам, предполагая, что $\varphi \rightarrow 0$. С этой целью следует потребовать, чтобы $(ds/d\varphi)_{\varphi=0} = 0$, $(d^2s/d\varphi^2)_{\varphi=0} = 0$. Решение данной системы

$$\Delta x = a(n_a \sin^2 \theta_1 / n_p + \cos^2 \theta_1), \quad \Delta y = \operatorname{tg} \theta_1 (\Delta x - a n_a / n_p) \quad (2)$$

определяет оптимальное положение оси вращения ПС.

Эффективность решения (2) иллюстрирует рис. 2. Расчеты выполнены для ПС с параметрами $n_a = 1$, $n_p = 1,9645$, $L = 8000 \text{ мкм}$, $a = 2000 \text{ мкм}$.

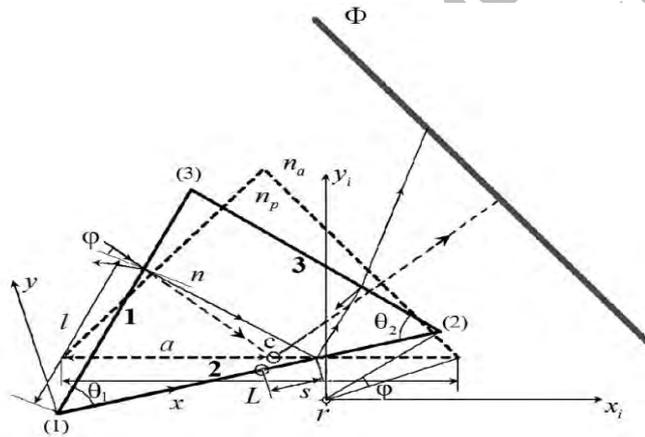


Рис. 1. Схема вращения призмы связи при измерении ее отражательной способности и сопутствующие системы координат

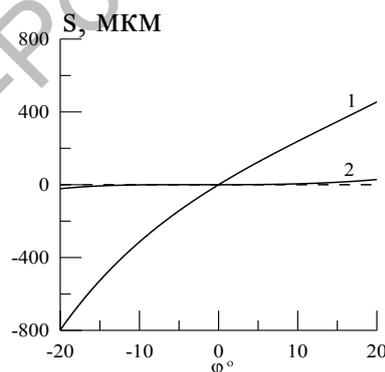


Рис. 2. Смещение точки ввода излучения в пленку при стандартном ($\Delta x = L/2$, $\Delta y = 0$, кривая 1) и оптимальном (2) (кривая 2) выборе оси вращения ПС

Для практического воплощения найденного оптимизационного решения авторы разработали топографическую методику мониторинга положения оси вращения ПС, в которой осуществляется обработка изображения подвижной ПС, полученного ССД камерой.