

А. В. ХОМЧЕНКО, И. У. ПРИМАК, И. А. КОРНЕЕВА,

*Н. И. СТАСЬКОВ, **Н. А. КРЕКОТЕНЬ

ГУ ВПО «БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

*УО «МОГИЛЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

им. А. А. Кулешова»

**НТЦ «БЕЛМИКРОСИСТЕМЫ» ОАО «ИНТЕГРАЛ»

Могилев, Минск, Беларусь

Оптический контроль параметров наноразмерных металлических слоев представляет определенный интерес для микроэлектроники. Одним из методов диагностики металлических слоев является ПЭВ-спектроскопия, основанная на обработке угловой зависимости коэффициента отражения светового пучка $R(\gamma)$ при возбуждении плазмонных мод. Для измерения $R(\gamma)$ обычно используется установка, принципиальная схема которой приведена в [1]. В работе представлены результаты измерения для пленок из алюминия и золота. Полученные зависимости $R(\gamma)$ для пленки Au приведены на рис. 1.

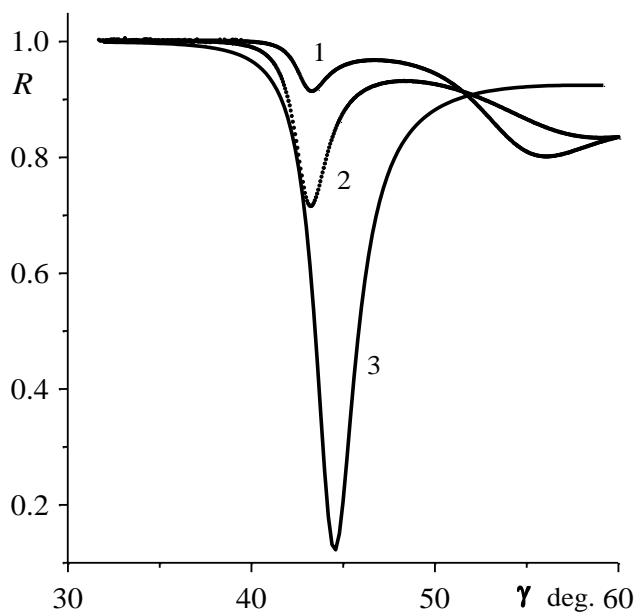


Рис. 1. Зависимости $R(\gamma)$ для пленки Au на подложке, измеренные при различной величине воздушного зазора между призмой и пленкой (кривые 1, 2), 3-расчетная кривая для плазмонного резонанса в пленке золота при $n = 0,14$ и $\chi = 3,41$ ($n = n + i\chi$), $\lambda = 0,633$ мкм

Показано, что для пленок металла толщиной в диапазоне от 5 нм до 0,2 мкм, предлагаемый подход достаточно эффективен (погрешности восстановления параметров не превышают 10 %).

При измерении параметров металлических пленок было замечено, что погрешность измерений уменьшается при увеличении толщины буферного слоя, что позволило предложить отказаться от использования призмы связи в установке для волноводной спектроскопии (считая толщину буферного слоя бесконечно большой). Принципиальная схема установки для измерения распределения $R(\gamma)$ приведена на рис. 2.

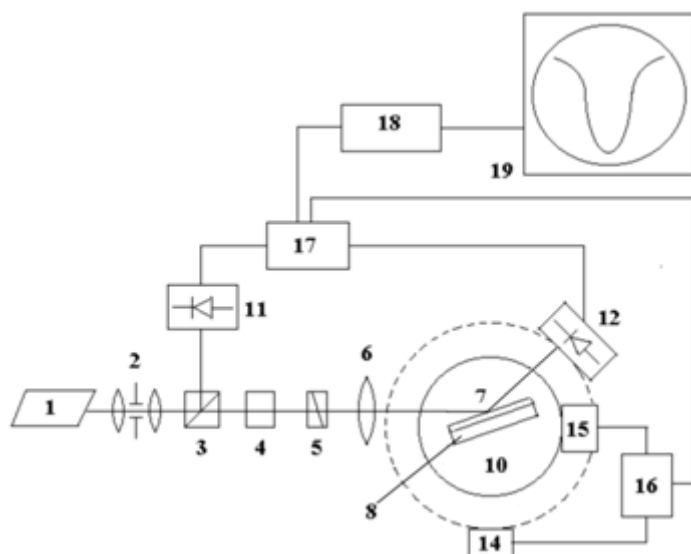


Рис. 2. Схема установки для измерения угловой зависимости коэффициента отражения светового пучка: 1 – источник излучения; 2 – коллиматор; 3 – делитель пучка; 4 – аттенюатор; 5 – поляризатор; 6 – линза; 7 - тонкопленочная структура на подложке 8; 10 – поворотный столик; 11 и 12 – фотоприемники; 14 и 15 - шаговые двигатели; 16 – блок синхронного управления шаговыми двигателями; 17 – блок сравнения каналов; 18 – аналогово-цифровой преобразователь; 19 – компьютер

Лазерный пучок падает на тонкопленочную структуру, установленную на поворотном столике. Угол падения пучка на образец изменяется с помощью шагового двигателя. Зависимость $R(\gamma)$ регистрируется фотоприемником, синхронно перемещаемым вторым шаговым двигателем, при измерении мощности светового пучка, отраженного от образца контролируется и мощность падающего пучка (блок управления двигателями синхронизирован с блоком сравнения каналов). После цифровой обработки сигнал поступает в оперативную память компьютера. Измерения проводились с использованием лазерного пучка ТМ-поляризации с длиной волны 633 нм, шаг дискретизации угла γ составлял 20 секунд.

Возможности такого подхода были протестированы на простейшей структуре – алюминиевая пленка на подложке. Параметры металлического слоя (комплексный показатель преломления и толщина), толщина которого может составлять 1...5 нм, определяют путем обработки угловой зависимости коэффициента отражения лазерного пучка от поверхности исследуемой структуры. Параметры (комплексный показатель преломления $n = x_2 + ix_3$ и толщина x_1) металлической пленки могут быть определены путем минимизации целевой функции

$$I = \sum_{j=1}^n [f(x_i, \gamma_j) - R(\gamma_j)]^2,$$

где $f(x_i, \gamma_j)$ – теоретическая модель коэффициента отражения.

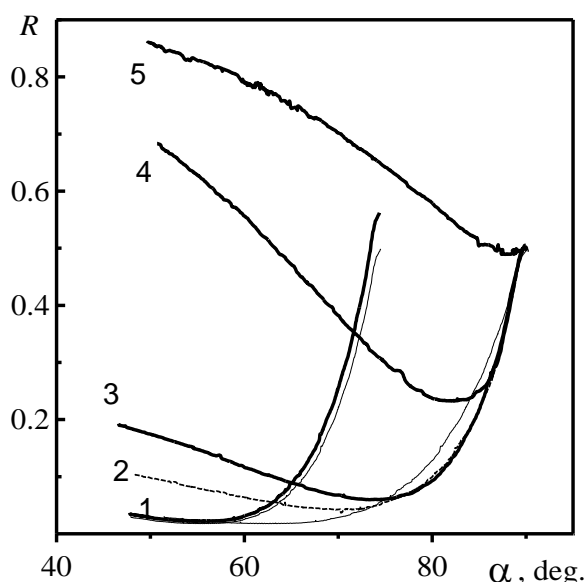


Рис. 3. Угловая зависимость коэффициента отражения $R(\gamma)$ лазерного излучения от поверхности алюминиевой пленки разной толщины

Угловые зависимости коэффициента отражения пучка He-Ne лазера ТМ-поляризации, измеренные при его отражении от осажденных методом термического напыления на подложку слоев алюминия толщиной 2 (кривая 1), 3 (кривая 2), 5 (кривая 3), 18 (кривая 4) и 26 нм (кривая 5) и представленные на рис. 3, иллюстрируют эффективность предлагаемого подхода. Следует отметить, что данная техника позволяет контролировать и состояние поверхности металлического слоя.

Анализ приведенных данных показывает, что данный метод, будучи гораздо более простым в приборной реализации, обеспечивает точность результатов, сопоставимую с данными многоугловой эллипсометрии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Khomchenko, A. V.** Waveguide spectroscopy of thin films / A. V. Khomchenko. – New York. – Academic Press. – 2005.