

УДК 535.32: 621.378  
 КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРОВ НАНОРАЗМЕРНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ  
 ПОКРЫТИЙ НА КРЕМНИИ

А. В. ХОМЧЕНКО, \*А. Б. СОТСКИЙ, И. А. КОРНЕЕВА,  
 \*С. О. ПАРАШКОВ, Л. И. СОТСКАЯ, А. В. ШУЛЬГА  
 ГУ ВПО «БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
 \*УО «МОГИЛЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
 им. А.А. Кулешова»  
 Могилев, Беларусь

Оптический контроль наноразмерных металлических покрытий представляет определенный интерес для микроэлектроники. Одним из методов подобных исследований является ПЭВ-спектроскопия, основанный на обработке угловой зависимости коэффициента отражения светового пучка  $R(\alpha)$  при возбуждении плазмонных мод. Для измерения распределения  $R(\alpha)$  обычно используется установка, принципиальная схема которой приведена в [1]. 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). В таком случае параметры металлического слоя (комплексный показатель преломления и толщина), толщина которого может составлять 1–2 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. Для практической реализации подобных вычислений авторы разработали специальный алгоритм, осуществляющий фильтрацию локальных минимумов целевой функции. Кроме того, был выполнен анализ чувствительности описанных измерений с позиций минимизации погрешности решения обратной задачи. Он показал, что наиболее чувствительны к параметрам металлической пленки волны ТМ поляризации. Эффективность предлагаемого подхода иллюстрирует табл. 1.

Табл. 1. Восстановление параметров титановой пленки на кремнии

Точные значения			Предлагаемый подход			Эллипсометрия		
$x_3, \text{мкм}$	$x_1$	$x_2$	$x_3, \text{мкм}$	$x_1$	$x_2$	$x_3, \text{мкм}$	$x_1$	$x_2$
0,001	2,7	-3,8	0,00120	2,81	-3,14	0,00113	2,71	-3,50
0,01	2,7	-3,8	0,00997	2,69	-3,81	0,0102	2,70	-3,79

В данном примере в качестве  $R(\gamma_j)$  использована зависимость, строго рассчитанная в  $n=200$  точках на длине волны  $\lambda=633\text{нм}$ . Для сравнения в

таблице приведены также результаты, полученные с помощью многоугловой эллипсометрии. Как видно из таблицы, предлагаемый подход обеспечивает точность решения обратной оптической задачи, сопоставимую с точностью эллипсометрических измерений. Измерения угловой зависимости коэффициента отражения лазерного пучка от поверхности исследуемой структуры были выполнены с применением техники волноводной спектроскопии, но при отсутствии призмного устройства связи.

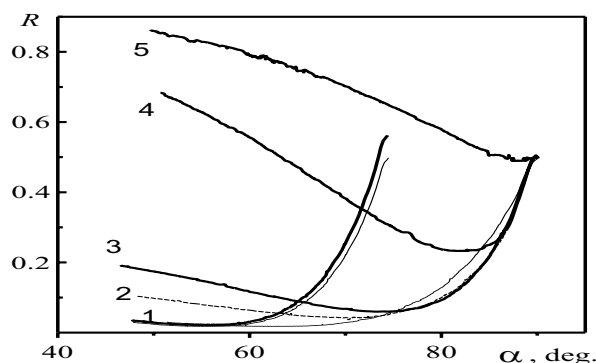


Рис. 1. Угловые зависимости коэффициента отражения пучка He-Ne лазера ТМ-поляризации

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. 1., иллюстрируют эффективность предлагаемого подхода. Следует отметить, что данная техника позволяет контролировать и состояние поверхности металлического слоя. На рис. 2 приведены угловые зависимости коэффициента отражения лазерного пучка от пленок Al толщиной 3 нм до (1) и после окисления (2).

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

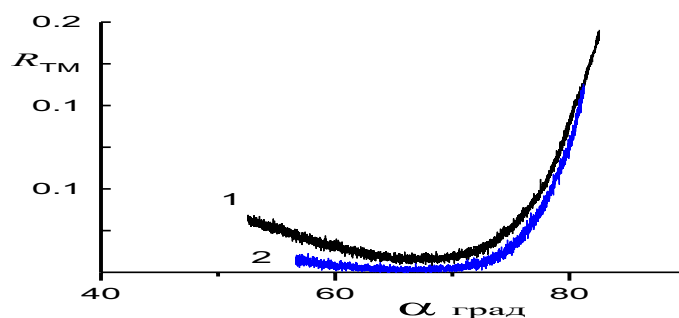


Рис. 2. Угловые зависимости коэффициента отражения лазерного пучка от пленок Al толщиной 3 нм до (1) и после окисления (2)

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Waveguide spectroscopy of thin films. New York. Academic Press. – 2005.