

ОБ АНАЛИТИЧЕСКОМ ОПРЕДЕЛЕНИИ ПАРАМЕТРОВ СЛОЯ И ПОДЛОЖКИ МЕТОДОМ ОГИБАЮЩИХ ИНТЕРФЕРЕНЦИОННЫХ ЭКСТРЕМУМОВ

Н. И. Стаськов, И. В. Ивашкевич

Могилевский государственный университет
им. А. А. Кулешова, Могилев
E-mail: iivashkevich@yandex.ru

Полупроводниковые подложки являются основой для элементов микро и оптоэлектроники. Оптический контроль пленочных структур на таких подложках значительно облегчается, если известны спектры их показателей преломления $n_2(\lambda)$ и поглощения $k_2(\lambda)$. Основная трудность определения оптических характеристик чистых подложек заключается в исключении влияния параметров неоднородного естественного слоя на измеряемые спектральные характеристики [1]. В данной работе для определения спектров $n_2(\lambda)$ и $k_2(\lambda)$ используется метод огибающих интерференционных максимумов и минимумов в спектрах коэффициентов отражения слоя, который заранее наносится на исследуемую подложку. Физические основы метода огибающих изложены в монографии [2]. Мы предлагаем новый подход, позволяющий по параметрам слоя $n_1(\lambda)$ и $k_1(\lambda)$, двум углам падения излучения на границу слой – подложка и спектрам коэффициентов отражения $R_{12}^*(\lambda)$ и $R_{12}^{**}(\lambda)$ для этой границы аналитически определить оптические спектры подложки. В случае поглощающей подложки точность определения ее оптических характеристик наилучшая, если на ней находится прозрачный слой. С этой целью на обработанные кремниевые подложки КДБ-12 ионным распылением наносили достаточно толстый (947 нм) слой диоксида кремния (SiO_2).

Спектры коэффициентов отражения p и s (рис. 1, кривые 1) поляризованного излучения и их отношения при углах падения 30° (а) и 60° (б), в области от 400 нм до 1000 нм пластин КДБ-12 с нанесенным слоем SiO_2 измеряли на спектрофотометре PhotonRT производства ООО «ЭссентОптикс». Шаг всех измерений – 0,5 нм, точность – не хуже 0,1%. Для построения огибающих (кривые 2, 3) в измеренных спектрах определяли максимумы и минимумы и соответствующие им длины волн. По огибающим находили коэффициенты отражения на границе раздела воздух – слой и слой – подложка. При заданной длине волны для определения параметра n_1 прозрачного слоя достаточно знать коэффициент отражения при одном угле падения. Для определения толщины слоя пользовались длинами волн (λ_1, λ_2), определяющими положение интерференционных полос в спектре, и им

соответствующими оптическими характеристиками слоя (n_{11} , n_{12}).

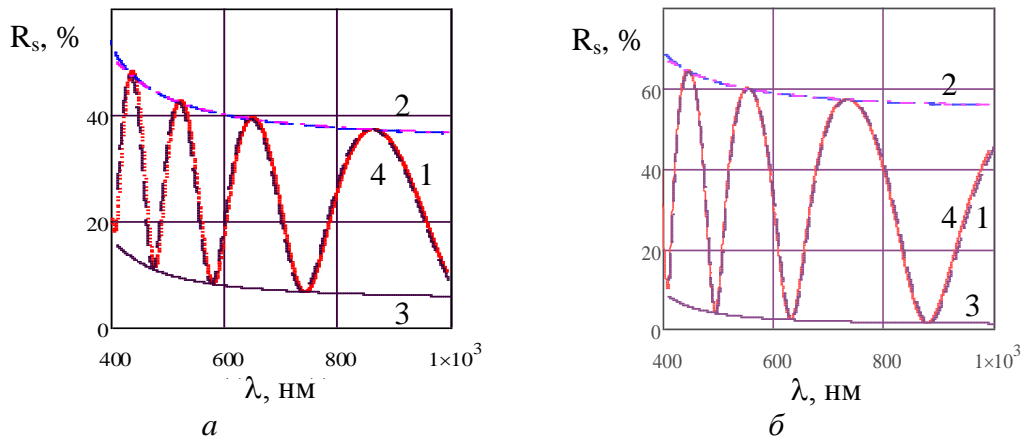


Рис.1. Измеренные (1) и рассчитанные (4) спектры $R_s(\lambda)$ и их огибающие (2, 3) слоя SiO_2 на пластине КДБ12

По рассчитанному спектру $n_1(\lambda)$ и заданному углу падения излучения на слой определили спектр углов падения на границу слой – подложка. После этого, параметры подложки $n_2(\lambda)$ и $k_2(\lambda)$ находились аналитически. Для этого рассчитывались два спектра коэффициентов $R_{12}^*(\lambda)$ и $R_{12}^{**}(\lambda)$ при двух указанных углах падения излучения. Этот метод был разработан при обработке спектров НПВО.

На рис. 2 представлены спектры оптических характеристик подложки КДБ-12, которые были определены вышеуказанным способом (кривая 1) и методом спектральной эллипсометрии (кривая 2) [1].

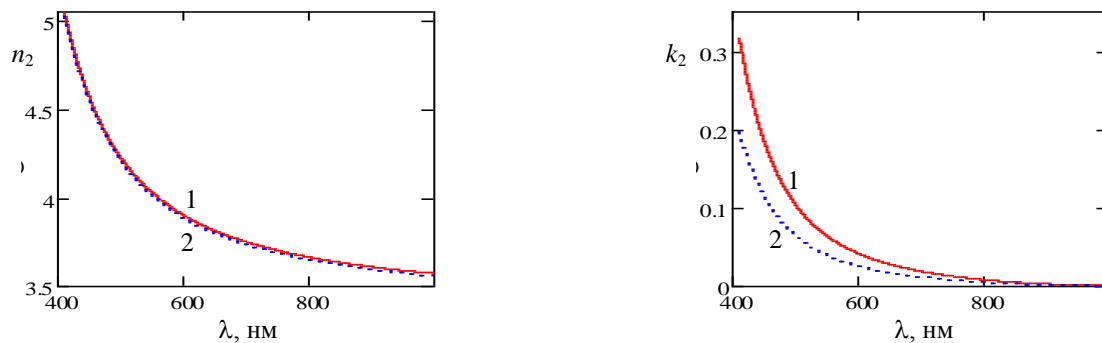


Рис. 2. Спектры $n_2(\lambda)$, $k_2(\lambda)$ подложки КДБ-12

Точность определения показателей преломления и поглощения подложки составляет соответственно 1% и 8%.

1. Стаьков Н. И., Ивашкевич И. В., Сотский А. Б., Сотская Л. И. // Проблемы физики, математики и техники. 2012. № 1 (10). С. 26–30.
2. Борн М., Вольф Э. Основы оптики. М.: Наука, 1973. 720 с.