

УДК 621.372.8:535

ЗАДАЧА СПЕКТРОФОТОМЕТРИИ РАСТУЩЕГО СЛОЯ

Л. И. СОТСКАЯ¹, Е. А. ЧУДАКОВ², А. Б. СОТСКИЙ²¹Белорусско-Российский университет²Могилевский государственный университет имени А. А. Кулешова

Могилев, Беларусь

При нанесении интерференционных покрытий на поверхности применяются встроенные спектрофотометрические системы контроля оптических параметров слоев. В них в реальном времени (*in situ*) многократно измеряются спектры отражения $R_k(\lambda)$ либо пропускания $T_k(\lambda)$ слоя в процессе его роста (k – номер измерения). В силу технологических ограничений такие измерения осуществляются при фиксированном (чаще всего нулевом) угле падения света на слой. Этим определяется специфика обратной задачи спектрофотометрии слоя *in situ*. Действительно, если спектр $F_k(\lambda)$, где $F_k(\lambda) = R_k(\lambda)$, либо $F_k(\lambda) = T_k(\lambda)$ измерен на длинах волн λ_j , ($j = \overline{1, m}$), то данная задача, состоящая в определении значений показателя преломления $n_j = n(\lambda_j)$ и текущей толщины слоя d_k , не имеет единственного решения, т. к. число неизвестных параметров превышает число измерений. Для преодоления этой трудности необходимы дополнительные условия.

В работе в качестве такого условия рассматривается допущение постоянства показателя преломления слоя в процессе роста слоя. Тогда если измерены q спектров $F_k(\lambda_j)$ ($k = \overline{1, q}$), то $qm > q + m$, где qm – число измерений, $q + m$ – число неизвестных.

Пусть слой наносится на плоскопараллельную диэлектрическую подложку. Тогда можно получить уравнение

$$d_k = 0,25\lambda\pi^{-1}\Phi(n, F_k), \quad (1)$$

где функция $\Phi(n, F_k)$ допускает аналитическое задание. Алгоритм решения обратной задачи состоит в выборе некоторого значения $n_1 = n(\lambda_1)$, вычислении d_k на основании (1) и последующем численном решении уравнения (1) относительно n_j ($j > 1$) при данном d_k . В результате достигается полное совпадение теоретических и экспериментальных спектров $F_k(\lambda_j)$ при всех k и j . Но значения n_j ($j > 1$) в общем случае зависят от k ($n_j = n_{jk}$). Такая

зависимость исключается только при истинном n_1 , который доставляет минимум функции

$$D(n_i) = (mq)^{-1} \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^q [n_{jk} - q^{-1} \sum_{p=1}^q n_{jp}]^2.$$

О корректности алгоритма свидетельствует рис. 1. Он соответствует нанесению слоя Nb_2O_5 на подложку из стекла К8. В качестве «экспериментальных» использованы рассчитанные на основании строгих соотношений [1] спектры $R_k(\lambda_j)$ при $q = 5$, $d_{k+1} - d_k = 2,8$.

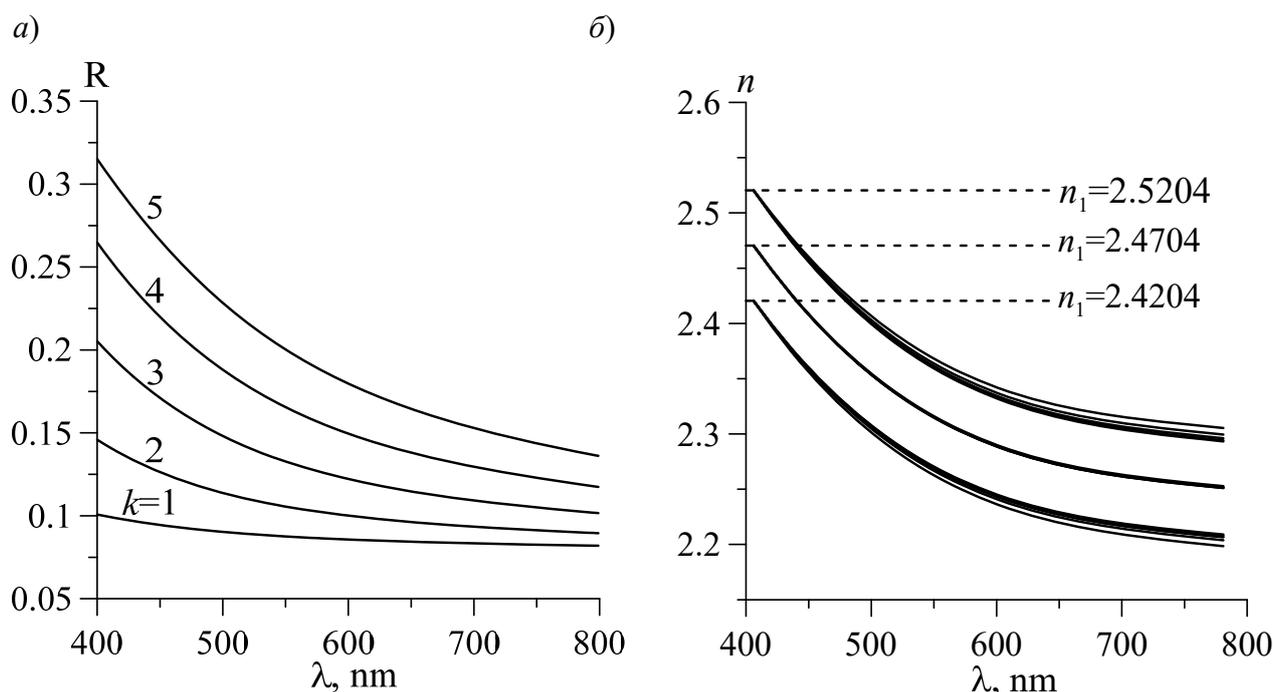


Рис. 1. Спектры коэффициента отражения растущего слоя (а) и результаты их обработки по описанному алгоритму (б)

Согласно рис. 1, б, при отклонении значения n_1 от истинного $n_1 = 2,4704$ действительно наблюдается разброс восстановленных спектров $n(\lambda)$, который возрастает по мере увеличения толщины слоя и удаления λ от $\lambda_1 = 406$ нм.

Работа выполнена в рамках Государственной программы научных исследований РБ «1.15 Фотоника и электроника для инноваций».

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Спектроскопия слоев на плоскопараллельных подложках / А. Б. Сотский [и др.] // Оптика и спектроскопия. – 2020. – Т. 128, № 8. – С. 1133–1143.