

РАЗРАБОТКА НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ С ЦИЛИНДРИЧЕСКИМИ РОЛЛАМИ

А.Д. Замковец, А.Н. Понявина

Институт физики им. Б.И. Степанова НАН Беларуси, Минск

E-mail: a.zamkovets@dragon.bas-net.by

Наноструктурированное состояние способно придать материалу ряд новых оптических и электрофизических свойств, которые могут проявиться в процессе его взаимодействия с электромагнитными полями, электрическими зарядами или элементарными возбуждениями. При этом оптический отклик наноструктурированного материала на электромагнитные воздействия может существенно зависеть не только от значений его оптических постоянных, но и от формы структурных элементов.

Нами разработана методика изготовления лабораторных образцов плазмонных материалов с ориентированными цилиндрами из многослойных роллов. Она включает несколько этапов, среди которых можно выделить обработку технических конструкций и технологических режимов получения металлодиэлектрических покрытий термическим испарением в вакууме на тонкопленочных подложках из полиэтилена, формирование из планарных систем «полиэтиленовая пленка-многослойное покрытие» цилиндрических роллов, размещение и фиксация системы таких вертикально ориентированных роллов на поверхности полимерной подложки.

На рис. 1, *а* приведены спектры пропускания наноструктур $(\text{Ag}-\text{Na}_3\text{AlF}_6)^6\text{Ag}$, полученных последовательным термическим испарением в вакууме Ag и Na_3AlF_6 на подложки из кварца (кривая 1) и полиэтилена (кривая 2). В данных наноструктурах плотноупакованные монослои наночастиц Ag со средним размером $d \sim 5$ нм и поверхностной концентрацией $c_s \sim 0,5$ разделены четвертьволновыми относительно длины волны λ_0 максимума полосы поверхностного плазмонного резонанса поглощения (ППРП) слоями Na_3AlF_6 ($\lambda_0 = 490$ нм). Из рис. 1, *а* видно, что в обеих системах в спектральной области $\lambda \sim 400-600$ нм сформирована интенсивная полоса ППРП (фотонная запрещенная зона), а в длинноволновом диапазоне $\lambda > 1400$ нм достигается высокая прозрачность $T > 70$ %.

На рис. 1, *б* приведены спектры пропускания размещенных на полиэтилене систем вертикально ориентированных цилиндрических роллов, сформированных на основе представленных на рис. 1, *а* наноструктур $(\text{Ag}-\text{Na}_3\text{AlF}_6)^6\text{Ag}$. Высота многослойных цилиндров (роллов) составляет ~ 2 мм, диаметр – 0,5–1,0 мм. Как видно из рис. 1, *б*, для набора многослойных вертикально ориентированных цилиндров, содержащих такую же металлодиэлектрическую систему $(\text{Ag}-\text{Na}_3\text{AlF}_6)^6\text{Ag}$, интенсивная по-

лоса ППРП в диапазоне длин волн 400–800 нм не наблюдается. Практически неселективное ослабление излучения в этом спектральном диапазоне возрастает при увеличении количества цилиндрических элементов, приходящихся на единицу поверхности полиэтиленовой подложки (кривые 1–3).

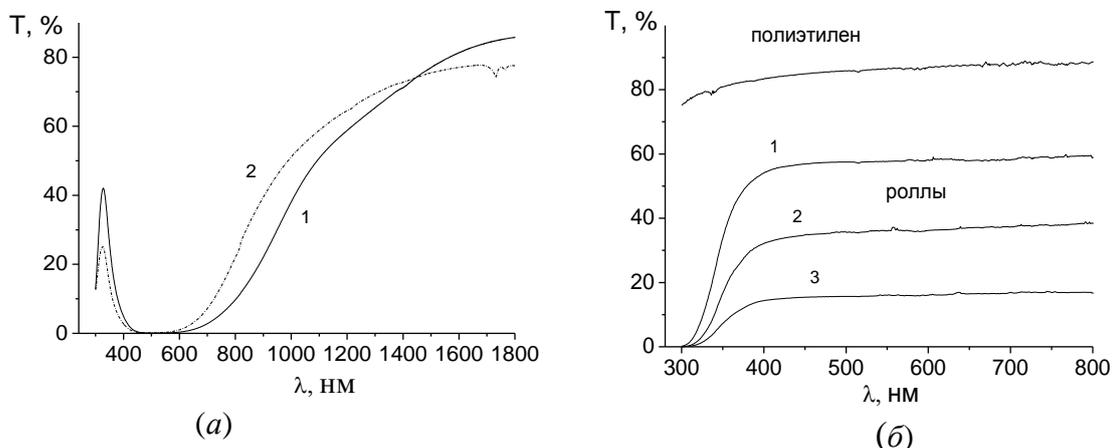


Рис. 1 (а). Спектры пропускания наноструктур $(\text{Ag}-\text{Na}_3\text{AlF}_6)^6\text{Ag}$ на подложках из кварца (1) и полиэтилена (2). Ag : $d \sim 5\text{ нм}$, $\eta \sim 0,45$. Толщина слоев $\text{Na}_3\text{AlF}_6 \sim 80\text{ нм}$; (б). Спектры пропускания пленки полиэтилена толщиной 20 мкм и размещенных на полиэтилене систем вертикально ориентированных цилиндрических роллов (кривые 1–3)

Различия в спектральных характеристиках двух типов систем, вероятно, связаны с тем, что при формировании композитных мезоскопических неоднородностей, включающих в свой состав плазмонные наночастицы Ag , их характеристики рассеяния и поглощения определяются эффективным комплексным показателем преломления, мнимая часть которого для композитной среды значительно выше, чем для серебра [1]. В результате в композите ухудшаются условия проявления плазмонного резонанса и вместо полосы ППРП наблюдается характеристика ослабления отрезающего типа. Дополнительный селективный отклик таких систем на электромагнитные воздействия можно ожидать в терагерцовом диапазоне.

На основе комбинированной модели эффективной среды и VIEF-формализма нами также разработана модель взаимодействия оптического излучения с цилиндрическими многослойными элементами, содержащими плазмонные наночастицы.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке БРФФИ (грант Ф16В2-003).

1. Понявина А.Н., Качан С.М., Целеш Е.Е. // ЖПС. 2012. Т. 79, №5. С. 765–773.