

ДИАГНОСТИКА ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОВЕРХНОСТНЫХ ПЛЁНОК ПРОЗРАЧНЫХ СРЕД ПО УРОВНЮ РЕЗОНАНСНОГО ОТРАЖЕНИЯ

Каранчук Д.Я., Скапцов А.С., Юревич В.А.

Могилёвский государственный университет продовольствия
г. Могилёв, Республика Беларусь

Особые проблемы в измерения ряда физических параметров тонких слоев вещества естественно обусловлены его относительно малом количеством в пространственном распределении и характером связи структурных элементов в условиях ограниченного объёма и пониженной размерности образца. Оптические методы контроля параметров в известной мере помогают решить эти проблемы. Среди них – метод резонансного отражения тонкой граничной плёнкой пучка когерентного излучения.

По величине сигнала флуоресценции, возбуждаемой внешним лазерным импульсом, можно определить заселенности уровней, ответственных за данный оптический переход, и в конечном итоге – концентрацию соответствующих атомов и ионов в плёнке, а по доплеровской ширине линии флуоресценции – их температуру [1]. Результаты расчётного исследования, составившие основу настоящего сообщения, показывают, что при резонансном отражении значимую информацию о характеристиках молекул, их концентрации, размера и концентрации, способно дать измерение нелинейного дрейфа частоты резонанса поглощения. В случае сложных органических молекул в составе материала плёнки при достаточно высокой их концентрации (однако, такой, что не происходит перекрытия внешних электронных орбиталей) величина фазового смещения контура спектральной линии поглощения за время действия зондирующего извне импульса определяется лорентцовой поправкой для локального поля.

Расчётная схема моделирования динамики отражённого сигнала основывалась на электродинамических соотношениях для полей, действующего на активные центры в среде поверхностной плёнки и отражаемого этой плёнкой, рассматриваемых в совокупности с квантовомеханическими уравнениями для материального отклика среды:

$$e = \frac{2}{\eta+1} e_i + \kappa \frac{d\rho}{dt}, \quad e_r = -r_0 e_i + \kappa \frac{d\rho}{dt}, \quad \kappa = \frac{\mu^2 N l}{\varepsilon_0 (\eta+1) \hbar c}, \quad \gamma = \frac{\eta+1}{3l\omega_0} c,$$

$$\frac{d^2 \rho}{dt^2} + \frac{2}{T_2} \frac{d\rho}{dt} + \omega_0^2 (1 + \kappa \gamma n) \rho = -\omega_0 n e, \quad \frac{dn}{dt} = -\frac{d\rho}{dt} \left(\frac{e}{\omega_0} + \kappa \gamma \rho \right).$$

Здесь e , e_r – напряжённости действующего и отражённого полей, ρ и n – вероятностные переменные поляризованности и разности заселённости, ω_0 – частота оптического резонанса, $1/T_2$ – его спектральная ширина, η и l – показатель преломления и толщина плёнки. Расчёты показали, что измерения наблюдаемого фазового дрейфа при известном уровне поглощения способны дать возможность однозначного определения вероятности перехода μ (её величина пропорциональна размеру молекулы и проекции её дипольного момента) и концентрации активных молекул N . Динамика изменения резонансного отражения и смещения фазы представляют связанные процессы.

Литература

1. Танин, Л.В. Резонансные, голографические и спекл-оптические исследования фазовых, диффузных и зеркальных объектов / Автореферат дисс. ... доктора физ.-мат. наук. – Минск. БГУ. – 2014. – 64 с.