

РАССЕЯНИЕ СВЕТА НА ПОВЕРХНОСТНЫХ ПЛАЗМАНАХ И ГИГАНТСКОЕ КОМБИНАЦИОННОЕ РАССЕЯНИЕ МОНОСЛОЕВ БАКТЕРИОРОДОПСИНА

А.С. Алексеев, С.И. Валянский, Х. Леметюйнен, А.М. Прохоров, В.В. Савранский

Проведены экспериментальные исследования свойств моно- и полислоев бактериородопсина, получаемых методикой Ленгмюр – Блоджетт, с помощью нарушенного полного внутреннего отражения и гигантского комбинационного рассеяния.

В последнее время внимание исследователей привлекает возможность создания чувствительных и высокоселективных сенсоров различных примесей, находящихся в окружающей среде, с помощью приборов, активная часть которых – это пленки из биологических молекул, нанесенных методом Ленгмюр – Блоджетт (ЛБ) [1]. Для создания биологических сенсоров необходима разработка не только их активных элементов, но и системы, позволяющей обнаруживать изменения в состоянии ЛБ пленок до взаимодействия и после него в форме, удобной для регистрации. Одним из перспективных методов решения последней задачи является использование рассеяния света на поверхностных плазмонных волнах, так как их дисперсия чувствительна к свойствам ближайших к металлической пленке адсорбированных молекул.

Уравнение дисперсии поверхностного плазмона имеет вид [2]: $k^2 = (\omega/c)^2 \epsilon / (\epsilon + 1)$, где ω – частота плазмона, которая совпадает с частотой падающего излучения; ϵ – диэлектрическая проницаемость металла. В силу того, что для металла $\text{Re} \epsilon < 0$, возбудить поверхностные плазмоны можно, если подавать свет не со стороны вакуума, а со стороны диэлектрика. При возбуждении поверхностных плазмонов происходит возрастание локального поля световой волны. Вследствие этого испытывают резонансное возрастание и все эффекты, определяемые локальным полем, в частности, комбинационное рассеяние помещенных на металл молекул.

Для эксперимента использована установка, блок-схема которой показана на рис. 1. На стеклянную призму (6) наносилась золотая пленка (7) толщиной ~ 50 нм, поверх нее наносилась методом ЛБ пленка бактериородопсина (БР) (8) по методике, аналогичной описанной в [3]. Излучение He-Ne лазера (1) мощностью ~ 50 мВт после поляризатора (2) с помощью зеркала (3) направлялось на металлическую пленку. Ког-

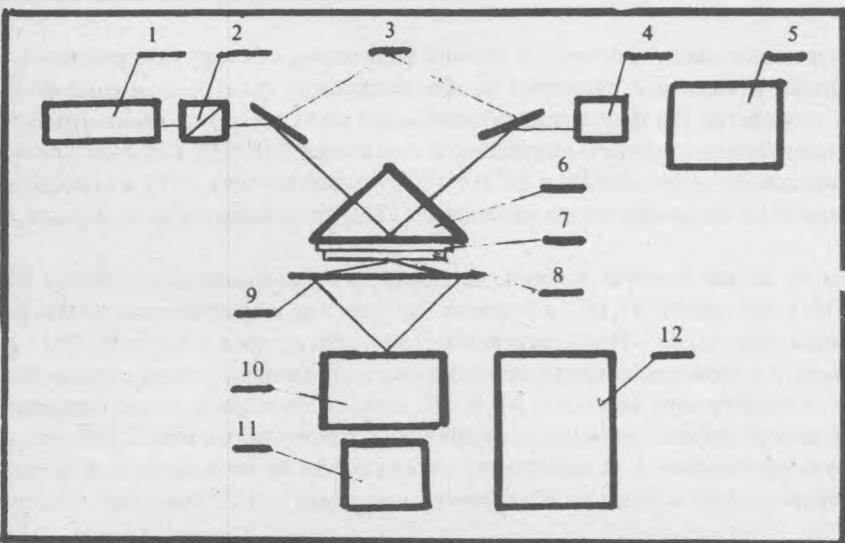


Рис. 1. Блок-схема установки по исследованию эффекта ШВР и ГКР ЛБ пленки.

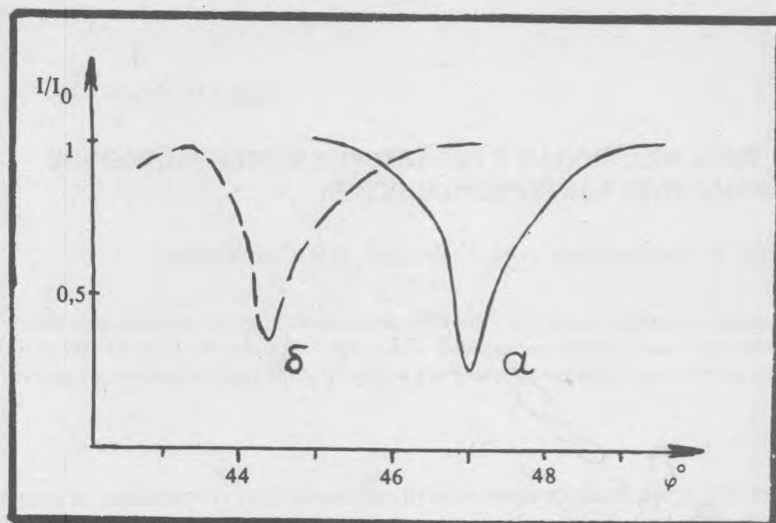


Рис. 2. Угловая зависимость интенсивности света, отраженного от основания призмы, на которое нанесена тонкая золотая пленка: а) – чистая золотая пленка; б) – на золотую пленку нанесена ЛБ пленка БР.

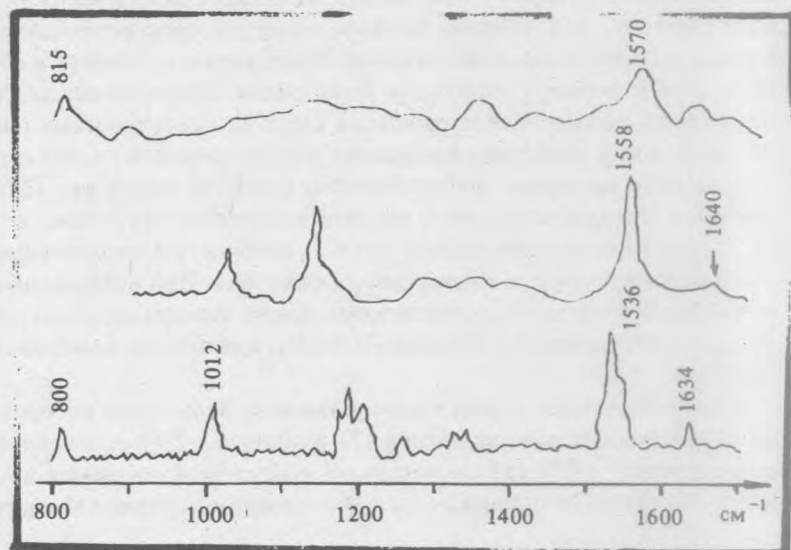


Рис. 3. Спектры КР БР: сверху – ГКР ЛБ пленки БР, посередине – ГКР молекул БР, адсорбированных на серебряную пленку, внизу – КР молекул БР в воде.

да тангенциальная составляющая падающего света становилась равной волновому вектору поверхностного плазмона, происходило его возбуждение и частичное рассеяние на нем падающего света. С помощью фотоприемника (4) и регистрирующего устройства (5) фиксировали ослабление из-за этого рассеяния отраженного света, т. е. наблюдали эффект нарушенного полного внутреннего отражения (НПВО). Собирая с помощью линзы (9) рассеянный свет и используя монохроматор МДР-4 (10), фотоприемник (11) и самописец (12), регистрировали спектр гигантского комбинационного рассеяния (ГКР) находящихся на поверхности металлической пленки молекул.

Получены следующие результаты. В случае золотой пленки, на которую не наносились молекулы БР, угол, при котором происходило НПВО, был равен $47,16^\circ$, а угловая полуширина в зависимости интенсивности отраженного света от угла составляла $\sim 0,67^\circ$. При нанесении методом ЛБ пленки БР угол НПВО становился равным $44,33^\circ$, а полуширина угловой зависимости интенсивности отраженного света становилась равной $0,78^\circ$ (рис. 2). Увеличение концентрации молекул БР в ЛБ пленке приводило к дальнейшему уменьшению угла НПВО и увеличению полуширины провала интенсивности отраженного света. Таким образом, метод НПВО оказался очень чувствительным к концентрации находящихся на металлической пленке молекул, а минимальная концентрация, которую удалось обнаружить, составила $\sim 10^{10}$ мол/см³. Зареги-

стрированный с помощью данной установки спектр ГКР пленки ЛБ БР сравнивали со спектром КР раствора БР, а также со спектром ГКР молекул БР, адсорбированных на тонкой серебряной пленке (рис. 3). В спектре ГКР ЛБ пленки БР сохраняется ряд характерных пиков, присущих БР в растворе, но максимумы полос поглощения несколько сдвинуты. Это связано с влиянием поля подложки /4/.

Рассеяние света на поверхностных плазмонах оказалось эффективным методом исследования состояния молекул ЛБ пленок. С помощью этого метода можно определять концентрацию молекул, находящихся на поверхности металлической пленки, а также можно идентифицировать молекулы, анализируя их спектры ГКР. Данная методика позволяет создавать чувствительные и высокоселективные датчики различных химических примесей, находящихся в окружающей среде.

ЛИТЕРАТУРА

1. Sriyandthsak M., Yamagishi H., Moriizumi T. *Thin Solid Films*, **160**, 463 (1980).
2. Агронович В. М., Гинзбург В. Л. Кристаллооптика с учетом пространственной дисперсии и теории экситонов. М., Наука, 1979.
3. Алексеев А. С., Валянский С. И., Савранский В. В. Краткие сообщения по физике ФИАН, № 2, 35 (1989).
4. Ledoux I., Zyss J. 4 Int. Conf. on Langmuir-Blodgett Films. Tsukuba — Japan, 1989, p. 118.

Институт общей физики АН СССР

Поступила в редакцию 20 июня 1989 г.