

УДК 53.082

ПРИМЕНЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО ПЛАЗМОННОГО РЕЗОНАНСА ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ СЕНСОРОВ

Гоманова В.А., Богурина Е.А.

Научный руководитель – Маркова Л.В., д.т.н., профессор

Сущность явления ППР и условия его наблюдения. Явление поверхностного плазмонного резонанса (ППР) открыто в конце 60-х годов XX века [1]. Поверхностные плазмоны – это волны переменной плотности электрического заряда, которые могут возникать и распространяться в электронной плазме металла вдоль его поверхности или вдоль тонкой металлической пленки. Плазмонный резонанс – возбуждение поверхностного плазмона на его резонансной частоте внешней электромагнитной волной (в случае наноразмерных металлических структур называется локализованным плазмонным резонансом) [2].

Цель работы – изучить и проанализировать работу сенсоров на основе поверхностного плазмонного резонанса.

При определенных условиях поверхностные плазмоны могут возбуждаться под воздействием поляризованного света, что можно наблюдать на схеме «геометрия Кречмана» на рис. 1а.

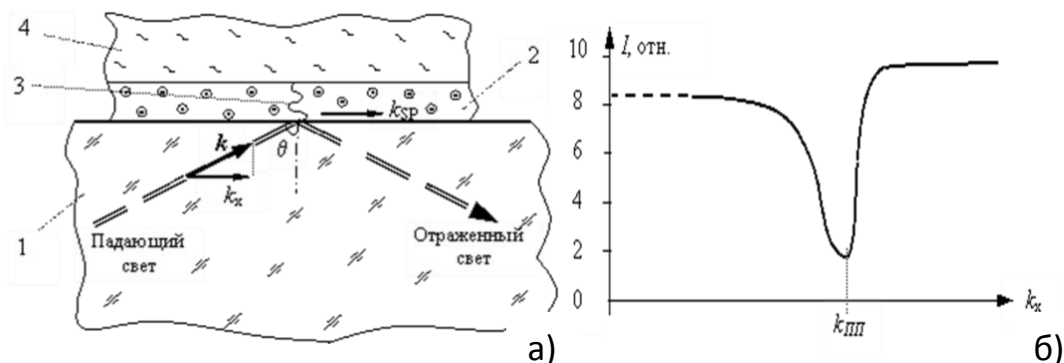


Рисунок 1. Схема геометрия «Кречмана» (а); кривая ППР (б): 1 –прозрачная среда; 2– металлическая пленка; 3 – затухающая электромагнитная волна; 4 – исследуемая жидкость; I - интенсивность отраженного света; k_x – проекция волнового вектора на плоскость пленки

Свет проходит сквозь оптически прозрачную среду 1 с относительно большим показателем преломления (призму из стекла) и падает под определенным углом на тонкую металлическую пленку 2, нанесенную на поверхность стекла. Пленки выполняют из золота, так как оно имеет очень большую удельную площадь поверхности для связывания с

различными молекулами. Угол падения должен быть больше угла полного внутреннего отражения. Часть света проникает в металл и распространяется в нем в виде быстро затухающей электромагнитной волны 3. Последняя возбуждает колебания свободных электронов металла – «электронной плазмы». В этой плазме возникают коллективные колебательные движения электронов – «поверхностные плазмоны».

Типичная кривая ППР, т.е. зависимость интенсивности отраженного металлической пленкой света от проекции волнового вектора на плоскость пленки, показана на рис. 1б. Наблюдается четкий и довольно острый резонанс [3].

Применения ППР для биохимических анализов. Для обнаружения различных биологических примесей на поверхности тонкой золотой пленки высаживают слой «лиганда» (рис. 2). Это слой органических молекул, которые избирательно взаимодействуют с "аналитом" – теми молекулами, концентрацию которых в растворе мы измеряем. Измеряя величину сдвига минимума кривой ППР, возможно обнаружить присутствие и измерить концентрацию в растворах многих биохимических веществ и микрочастиц (вирусов, бактерий, антител) [3].

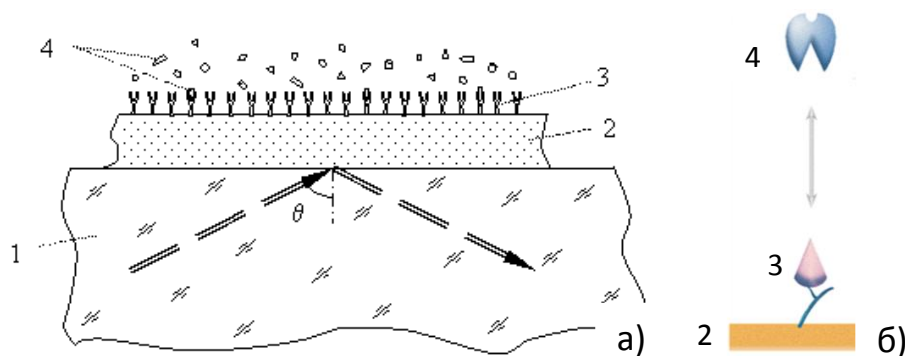


Рисунок 2. Схема наблюдения ППР при наличии аналита (а), (б): 1 – прозрачная среда; 2 – металлическая среда; 3 – чувствительный слой лиганда; 4 – молекулы аналита.

Биосенсор фирмы Spreeta стал одним из первых портативных ППР сенсоров, рассчитанных на массовое применение (рис. 3). Модуль залит прозрачным компаундом с высоким показателем преломления, который функционирует в качестве призмы. К чувствительной поверхности 5 модуля Spreeta извне герметически присоединяется проточная ячейка 3. Термистор 4 позволяет при необходимости поддерживать заданную температуру прокачиваемой жидкости. Светодиод 1 излучает пучок света с угловым расхождением около 5°. Поляризатор 2 выделяет из него составляющую, поляризованную в требуемой для наблюдения ППР плоскости. Взаимодействуя с чувствительной поверхностью 5, свет отражается от нее, потом – от зеркальной поверхности 6 и попадает на линейку фотодетекторов. На каждый элемент этой линейки падают лучи,

отраженные от чувствительной поверхности 5 под своим углом. На каждом элементе формируется электрический сигнал, пропорциональный интенсивности света, отраженного в соответствующем направлении. Совокупность этих сигналов содержит информацию об угловом распределении интенсивности отраженного света, т.е. о кривой ППР. Концентрацию аналита определяют по смещению угла резонанса [4].

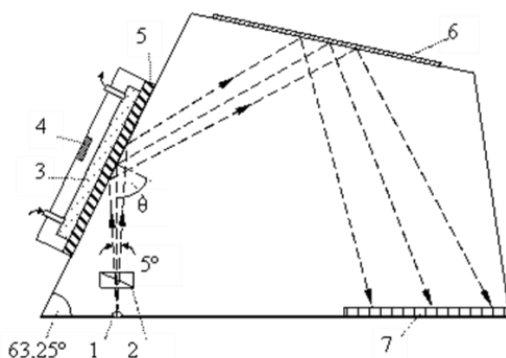


Рисунок 3. Оптическая схема модуля Spreeta: 1 – светодиод; 2 – поляризатор; 3 – проточная ячейка; 4 – термистор; 5 – чувствительная золотая поверхность; 6 – зеркально отражающий слой; 7 – линейка фотодетекторов, содержащая 128 фотодетекторов.

Вывод. Широкое использование ППР в сенсорах сдерживается ограничением в выборе металла (серебро и золото), сложностью подготовки проб; зависимостью показателя преломления от температуры [4]. Однако за последние 5 лет технология ППР биосенсора достигла значительных успехов. Мы предполагаем, что эффективность технологии ППР биосенсора будет продолжать развиваться, что приведет к быстрому и чувствительному обнаружению химических и биологических аналитов. В частности, ППР широко используется в медицинской диагностике, а также для анализа качества пищевых продуктов и мониторинга окружающей среды.

Литература

1. Optical Surface Plasmon Resonance Monitoring in a High Salinity Environment for Long Duration Sensing Applications. SCIREA Journal of Metallurgical Engineering. Volume 3, Issue 1, February 2018
2. Наймушина Дарья Анатольевна. Плазмонный резонанс, «Словарь нанотехнологических терминов». Роснано.
3. Поверхностный плазмонный резонанс и его применение для построения сенсоров. litcey.ru > Химия > Документы
4. Surface Plasmon Resonance (SPR) Spectroscopy Theory, Instrumentation & Applications. Antonella Badiu. CHEM 634 McGill University January 26, 2007.