

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ПОДТВЕРЖДЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ БИОСЕНСОРА НА ОСНОВЕ ПОВЕРХНОСТНОГО ПЛАЗМОННОГО РЕЗОНАНСА

Шевченко Родион Алексеевич

магистрант, ФГБВОУ «Военно – медицинская академия имени С.М. Кирова» МО, РФ, Санкт – Петербург

Баранов Максим Александрович

младший научный сотрудник, СПбПУ Петра Великого, РФ, Санкт-Петербург

В данной работе описан эксперимент, проверяющий эффективность и точность результатов биосенсорного анализатора, основанного на схеме Кречмана. Такой тип биосенсоров позволяет быстро, точно и с малыми экономическими затратами проверять различные среды, к примеру биологические жидкости, на вирусы, бактерии, токсины и т.д. Такие анализаторы возможны к применению в медицине и военной промышленности.

Схема эксперимента

Рассмотрим саму схему эксперимента. На рис.1. монохроматический луч (1), источником которого является лазер, поляризованный поляризатором (2), проходит через призму (3) и отражается от напыленного на призму тонкого слоя металла (4). Интенсивность стоячей волны, прошедшей через призму и отраженной от слоя металла регистрируется детектором (6), данные с которого передаются на персональный компьютер (7). При введении исследуемого образца в систему (5), соответственно увеличивая концентрацию вещества на поверхности, происходит изменение коэффициента преломления, что влечет за собой смещение резонансного угла. Изменение положения минимума интенсивности и регистрируется детектором.

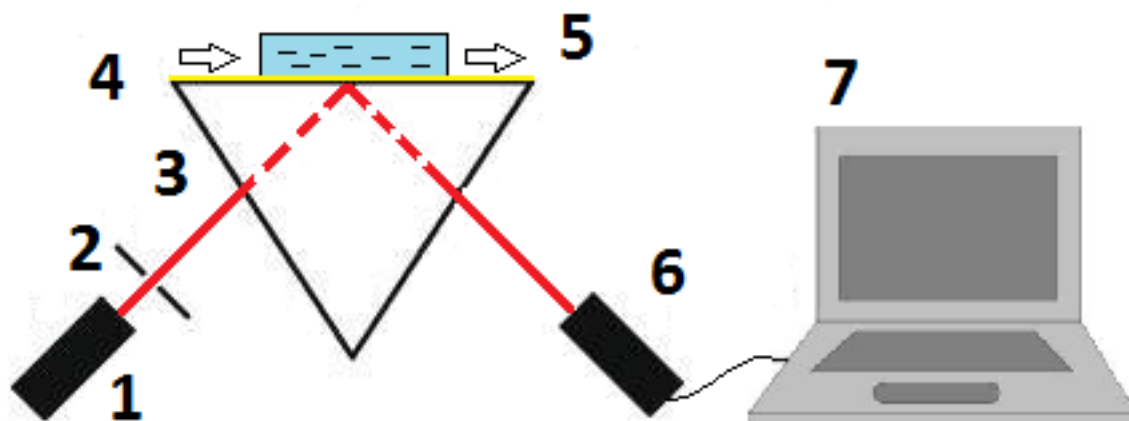


Рисунок 1. Схема экспериментальной установки: 1 - монохроматический источник света, 2 - поляризатор, 3 - призма полного внутреннего отражения, 4 - золотое покрытие, 5 - проточная кювета с аналитом, 6 - фотодетектор, 7 - компьютер

Проведение опытов

Принцип работы экспериментальной установки таков: имеется осевой центр закрепленный на штативе длиной 20 см, через который проходит осевой цилиндр 10 см длины. На оси установки закреплены с возможностью перемещения вдоль и вокруг оси два плеча по 15 см каждое. На первом плече закреплены от края к центру: лазер с источником питания, поляризатор и указатель, отмечающий величину угла. На втором плече от оси к краю: собирающая линза и один из концов оптоволоконна. На отдельном штативе высотой 20 см закреплена призма с напылением так, чтобы ее поверхность проходила через центральную ось, на которой крепятся плечи. Сигнал по оптоволокну попадает на светодиод, ток и напряжение которого детектируются осциллографом.

Для первого эксперимента была использована призма, имеющая двойное металлическое покрытие, состоящее из 3 нм подложки хрома и 50 нм золота. Были проведены исследования зависимости угла падения от напряжения, полученного с диода. Для установления статистической зависимости все опыты были проведены десять раз. Угол плазмонного резонанса измерялся на границе раздела с воздухом. Результаты для первой призмы представлены на рис. 2 слева.

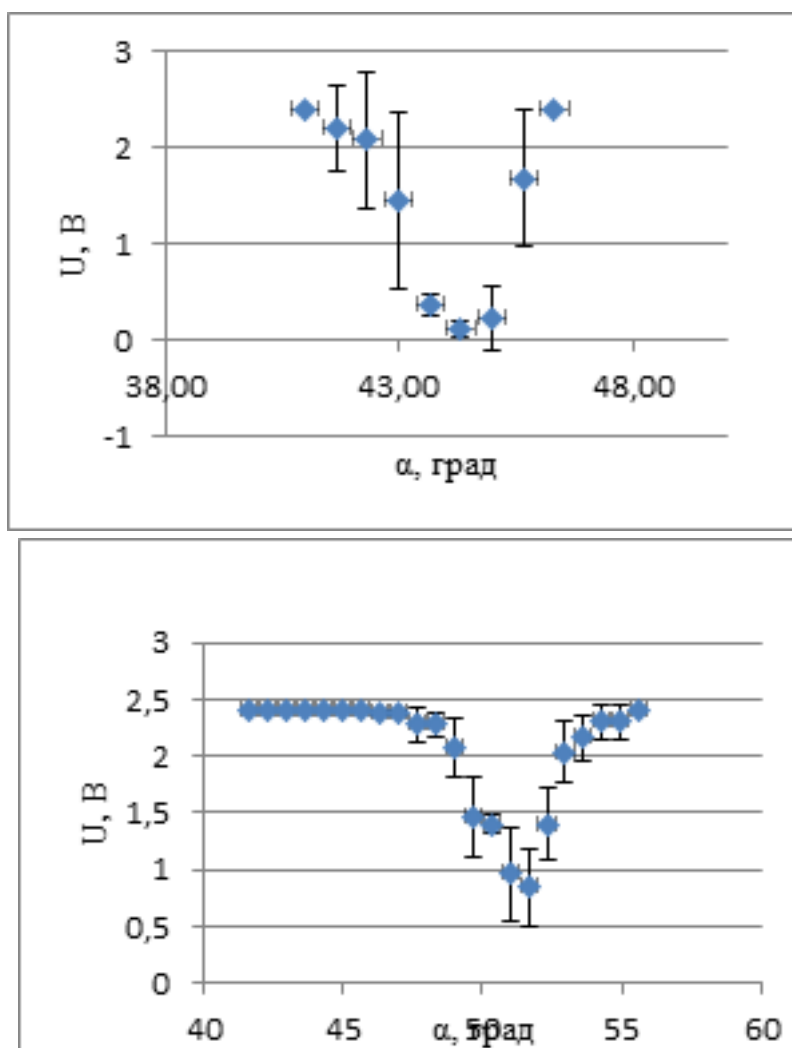


Рисунок 2. Зависимость интенсивности отраженного луча от угла падения на призме с напылением хром - 3 нм, золото 50 нм (слева) и 5 нм, золото - 35 нм (справа)

Далее была проведена серия экспериментов для призм с хромовой подложкой толщиной в 5 нм и золотым напылением толщами 35 нм(рис.2. справа), 20 нм (рис. 3. слева) и 10 нм (рис. 3 справа)

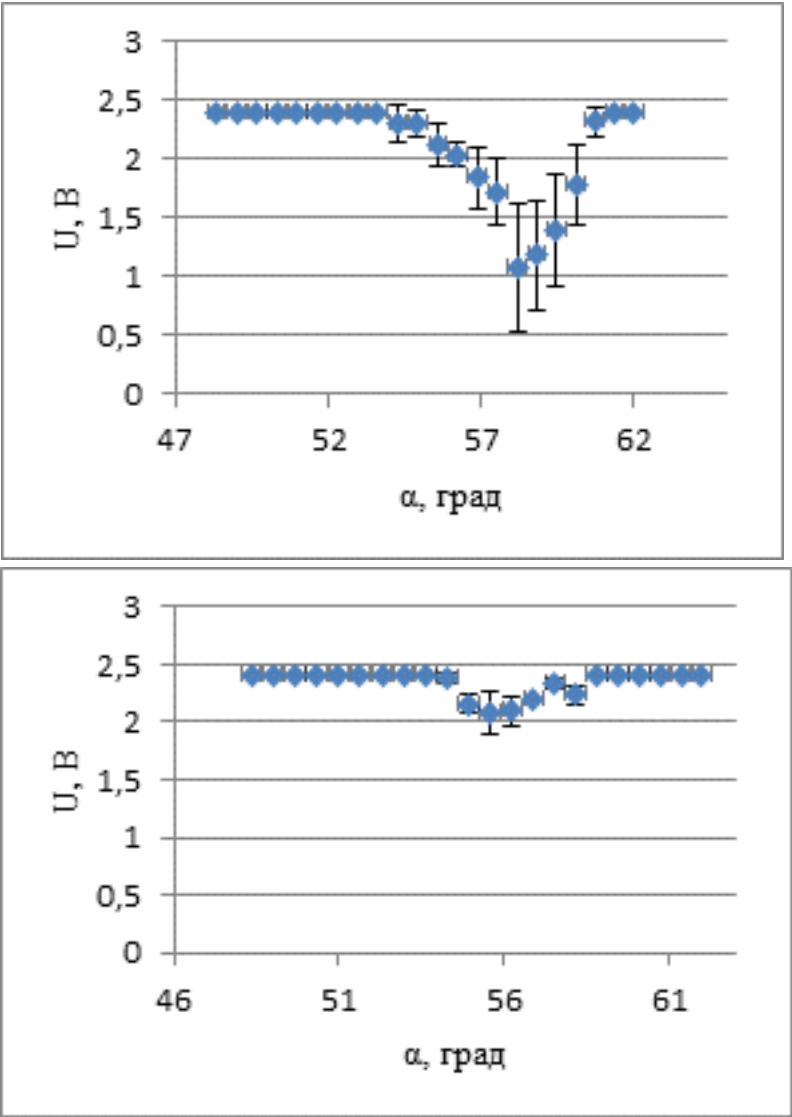


Рисунок 3. Зависимость интенсивности отраженного излучения от угла падения на призме с напылением хром - 5 нм, золото - 20 нм (слева) и 5 нм, золото - 10 нм (справа)

Анализ результатов

Из полученных зависимостей можно установить резонансный угол, а также глубину и ширину резонансной ямы наблюдаемого эффекта в зависимости от толщины металлического слоя.

Данные полученные в результате эксперимента представлены в Таб. 2.

Таблица 2.

Результаты обработки

--

Характеристики напыления призмы хром/золото	Значение резонансного угла, град	Значение глубины резонансной ямы, В	Зн ре
3 нм/50 нм	44°19'48"	2,28	
5 нм/35 нм	51°39'	1,56	
5 нм/20 нм	58°10'48"	1,32	
5 нм/10 нм	~56°	0,32	

Из полученных данных видно, что результаты, полученные на призме с самым толстым слоем золота, дали результат более близкий к полученному в аналогичной работе.

Зависимости глубины и ширины резонансной ямы представлены на рис. 4.

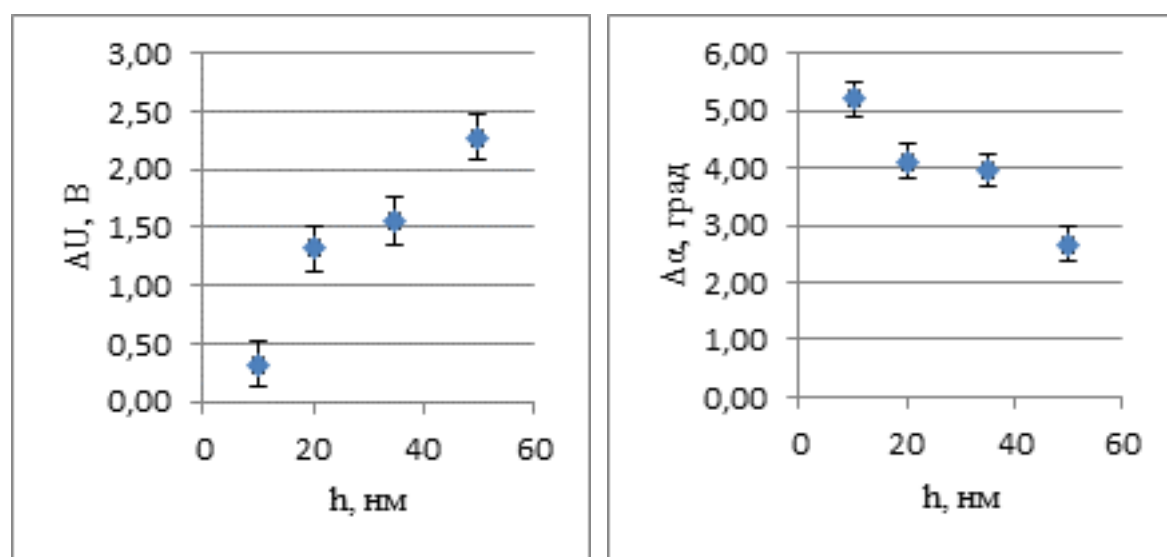


Рисунок 4. Зависимость глубины (слева) и ширины (справа) резонансной ямы от толщины металлической пленки

По данным графиков (рис. 4.) хорошо видно увеличение глубины резонансного минимума с увеличением толщины металлического напыления, а также наблюдается сужение ямы при утолщении металлического слоя. Из чего можно сделать вывод о том, что пленки, толщинами меньше 20 нм не подходят для точного снятия угловой зависимости интенсивности отраженного света.

Выводы

В результате работы установлено, что эффективность метода зависит от толщины металлического слоя, напыленного на призму. Из полученных данных следует, что слой не должен превышать значение по толщине более чем 10 нм, так как при данной толщине эффект практически не наблюдается, не имеется характерного пика, по которому можно судить о резонансном угле.

В дальнейшем планируется использование призмы с другими параметрами для изучения более широкого углового диапазона.

Список литературы:

1. Баника Ф.Г. Химические и биологические сенсоры: основы и применения // Мир радиоэлектроники. — 2014.
2. Барноски М. Введение в интегральную оптику—1977. —С. 245 - 249.
3. Березин А. С., Мочалкина О. Р.Технология и конструирование интегральных микросхем—1983.
4. Бондарь О.В., Никитина И.И., Хазиахметова Р.Р., Ризванов А.А., Абдулин Т.И. Оценка структурного состояния ДНК с помощью электрохимических биосенсоров//Естественные науки — 2007. — Т.149. — Кн. 4.
6. Егоров А.А. Систематика, принципы работы и области применения датчиков // Журнал радиоэлектроники — 2009. — № 3.
7. Егоров А.А., Егоров М.А., Царева Ю.И. Химические сенсоры: классификация, принципы работы, области применения // Физико-химическая кинетика в газовой динамике — 2008. —Т. 6.
8. Либенсон М.Н. Поверхностные электромагнитные волны оптического диапазона // Соросовский образовательный журнал —1996.—№ 10.—С. 93 - 95.
9. Jordan C. E., Corn R.M. Surface Plasmon Resonance Imaging Measurements of Electrostatic Biopolymer Adsorption onto Chemically Modified Gold Surfaces // Analytical Chemistry — 1997. — Vol. 69. — N. 7. — P. 1449-1456.