

Влияние морфологии металлического слоя на резонансные характеристики слоистых плазмонных структур сенсорики

Р.А. Павелкин¹, Д.В. Нестеренко^{1,2}, В.А. Сойфер^{1,2}

¹Самарский национальный исследовательский университет им. академика С.П. Королева, Московское шоссе 34а, Самара, Россия, 443086

²Институт систем обработки изображений РАН - филиал ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН, Молодогвардейская 151, Самара, Россия, 443001

Аннотация

В данной работе изучается влияние морфологии металлического слоя на резонансные характеристики слоистых плазмонных структур сенсорики в конфигурации Кречмана. Используя аппроксимацию Фано профиля спектрального отклика таких структур на основе слоев Ag, Au и Al, были получены зависимости чувствительности по интенсивности и усиления ближнего поля на границе раздела металл-внешняя среда от длин волн ультрафиолетового, видимого и инфракрасного диапазонов. Представленные в работе результаты помогут повысить эффективность слоистых плазмонных структур сенсорики.

Ключевые слова

Плазмоника, металло-диэлектрические структуры, оптическая сенсорики, чувствительность, усиление поля

1. Введение

Резонансные металло-диэлектрические планарные структуры, допускающие возбуждение поверхностных плазмон-поляритонов (ППП), на протяжении десятилетий используются в устройствах сенсорики. Добротность и форма резонансов в спектрах таких структур определяются оптическими характеристиками слоев. Для нанесения металлических слоев применяются различные методы. В результате полученные металлические слои отличаются по своей морфологии в зависимости от метода нанесения и, как следствие, характеризуются разной величиной комплексного показателя преломления [1,2]. В данной работе изучается влияние морфологии металлического слоя на резонансные характеристики слоистых плазмонных структур в конфигурации Кречмана с использованием экспериментальных значений показателя преломления металлов Ag, Au и Al в широком спектральном диапазоне.

2. Результаты и их обсуждение

В работе моделируется трехслойная сенсорная структура аналогичная той, что исследовалась в работе [3]. Чувствительность по интенсивности и усиление поля ППП на границе раздела металл-диэлектрик оцениваются с помощью аппроксимации Фано, как это было сделано в [3]. В расчетах использовались экспериментальные данные величин показателя преломления металлов Ag, Au и Al, нанесенных с помощью различных методов, а именно термовакuumного напыления (ev), напыления на шаблонную подложку (ev-ts) и эпитаксиального роста (sc). Например, для золота Au данные по комплексному показателю преломления для ev, ev-ts и sc пленок были взяты из одного источника [1]. Зависимости от длин волн величины чувствительности (а) и (в) и усиления поля (б) и (г) структур при детекции в воздухе и в воде показаны на Рисунке 1.

При детекции в воздухе наибольшая чувствительность достигается на длине волны около 5400 нм для структур на основе ev и ev-ts Au, соответственно. Чувствительность структуры на основе sc Au монотонно возрастает в диапазоне от 2000 до 20000 нм. Максимальные значения чувствительности по интенсивности уменьшаются на 82%, 81% и 84% для структур на основе ev, ev-ts и sc, соответственно, при детекции в воде по сравнению с чувствительностью при

детекции в воздухе. Чувствительность структур ZnSe-Au-вода принимает близкие значения для всех трех типов пленок. Максимумы усиления поля в структурах ZnSe-Au-воздух достигаются на длинах волн от 1300 до 1500 нм, максимальные значения уменьшаются на 9%, 10% и 11% при детекции в воде.

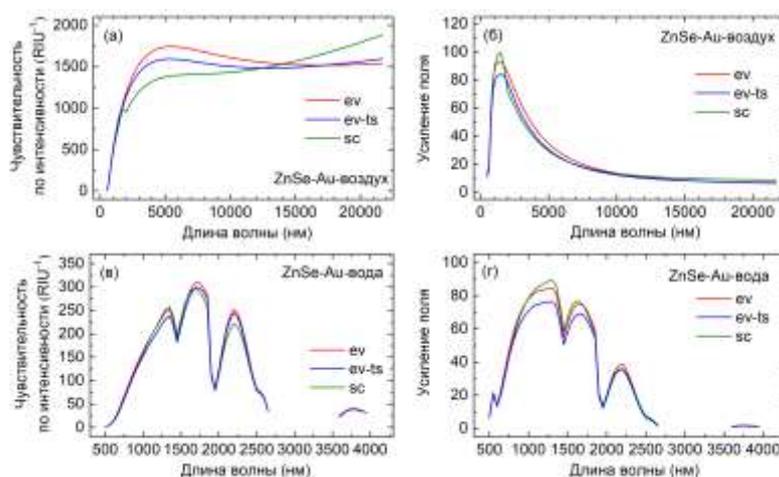


Рисунок 1: Чувствительность по интенсивности при детекции в воздухе (а) и в воде (в), и усиление поля при детекции в воздухе (б) и в воде (г) для ev, ev-ts и sc пленок Au

3. Заключение

Таким образом, было установлено, что морфология металлического слоя оказывает существенное влияние на чувствительность по интенсивности сенсорных структур при детекции в непоглощающей среде на длинах волн инфракрасного диапазона. Наибольшие чувствительности соответствуют металлам, полученным с помощью сравнительно простого и недорогого метода термовакuumного напыления. Структуры на основе металлов, полученных с помощью более сложных методов напыления на шаблонную подложку и эпитаксиального роста, продемонстрировали сопоставимые или меньшие по величине чувствительность и усиление поля.

4. Благодарности

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках выполнения работ по Государственному заданию ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН (соглашение № 007-ГЗ/Ч3363/26) и Российского фонда фундаментальных исследований (грант 18-29-20006).

5. Литература

- [1] Olmon, R.L. Optical dielectric function of gold / R.L. Olmon, B. Slovick, T.W. Johnson, D. Shelton, S.-H. Oh, G.D. Boreman, M.B. Raschke // *Phys. Rev. B.* – 2012. – Vol. 86(23). – P. 235147.
- [2] Yang, H.U. Optical dielectric function of silver / H.U. Yang, J. D'Archangel, M.L. Sundheimer, E. Tucker, G.D. Boreman, M.B. Raschke // *Phys. Rev. B.* – 2015. – Vol. 91(23). – P. 235137.
- [3] Nesterenko, D.V. Estimation of resonance characteristics of single-layer surface-plasmon sensors in liquid solutions using Fano's approximation in the visible and infrared regions / D.V. Nesterenko, R.A. Pavelkin, S. Hayashi // *Computer Optics.* – 2019. – Vol. 43(4). – P. 596-604. DOI: 10.18287/2412-6179-2019-43-4-596-604.