Оптические плазмонные резонансы в массивах нанокластеров Au

К.В. Аникин¹⁾, А.Г. Милёхин^{1,2)}, Е.Е. Родякина^{1,2)}, С.Л. Вебер³⁾, А.В. Латышев^{1,2)}, D.R.T. Zahn⁴⁾

¹⁾ Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН, Новосибирск

²⁾ Новосибирский государственный университет, Новосибирск

³⁾ Международным томографический центр СО РАН, Новосибирск

⁴⁾ Chemnitz University of Technology, Semiconductor Physics, D-09107 Chemnitz, Germany

DOI 10.34077/RCSP2019-42

Данная работа посвящена исследованию явления локализованного поверхностного плазмонного резонанса (ЛППР) в массивах нанокластеров Au с помощью оптической спектроскопии отражения. Массивы нанокластеров, имеющих форму цилиндра, диаметр и период которых варьируются в диапазоне 30-150 и 130-200 нм, соответственно, были изготовлены на подложках Si и Si/SiO₂ методом электронно-лучевой литографии (Рис 1а). Из сравнения экспериментальных спектров отражения с численно рассчитанными методом конечной разницы во временной области (англ. finite difference time domain, FDTD), были определены структурные параметры модели плазмонных наноструктур и использованы в дальнейшем для расчета спектров поглощения плазмонных структур. Значения частот ЛППР определялись по максимумам спектров поглощения (Рис 1б).

Выявлена сильная зависимость частотного положения ЛППР от размера нанокластеров, расстояния между ними, а также от толщины слоя SiO₂ в нанометровом диапазоне. Особое внимание было уделено наблюдению по спектрам отражения формирования поперечной плазмонной моды, распространяющейся вдоль поверхности подложки, и поляризованной перпендикулярно поверхности. Показано, что возбуждение данной моды связано с рассеянием электромагнитного поля на соседних нанокластерах (Рис 1в).

Предложенный метод обеспечивает возможность оперативного определения частот ЛППР по спектрам оптического отражения, что особенно важно в случае непрозрачных подложек (включая подложки Si и Si/SiO₂), для которых измерение оптического поглощения оказывается невозможным. Широкое поле потенциальных применений металлических наноструктур с хорошо контролируемыми плазмонными свойствами включает поверхностно-усиленное инфракрасное поглощение, фотолуминесценцию и комбинационное рассеяние, а также передачу сигнала в кремниевой фотонике.

Рис.1 а) СЭМ изображение массива нанокластеров Au на подложке Si/SiO₂ (8 нм). б) Рассчитанные спектры поглощения массивов нанокластеров Au на подложках Si/SiO₂ (8 нм). в) Модель линейной цепочки нанокластеров Au диаметром 130 нм и периодом 200 нм (вверху, вид сбоку) и соответствующее распределение электрического поля (внизу).

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ и Немецкого научно-исследовательского сообщества в рамках проектов РФФИ (проекты 18-02-00615_а и 19-52-12041 ННИО_а).