

Лабораторная работа 701

"Определение размеров наночастиц по спектру поглощения композитной среды"

1. Теоретическая часть:

1.1 Оптические свойства металлических наночастиц

1.1.1 Оптические свойства электронного газа в металлах

В оптической области частот свойства металлов могут быть объяснены с помощью пламенной модели или модели свободных электронов (модель Друде) [1]. В этой модели комплексная диэлектрическая проницаемость принимает вид

$$\varepsilon(\omega) = 1 - \frac{\omega_p^2}{\omega^2 + i\omega\gamma}, \quad (1)$$

где $\omega_p = \sqrt{\frac{n_0 e^2}{m^* \varepsilon_0}}$ - плазменная частота свободного электронного газа, n_0 - концентрация носителей, m^* - эффективная масса электронов.

Действительная и мнимая части диэлектрической проницаемости запишутся соответственно как:

$$\varepsilon_1(\omega) = 1 - \frac{\omega_p^2 \tau^2}{1 + \omega^2 \tau^2}, \quad (2)$$

$$\varepsilon_2(\omega) = 1 - \frac{\omega_p^2 \tau}{\omega(1 + \omega^2 \tau^2)}. \quad (3)$$

Здесь τ - время релаксации:

Лабораторная работа 702

"Исследование рассеяния металлической наночастицей. Влияние диэлектрической проницаемости окружающей среды"

1. Теоретическая часть

Сечение рассеяния электромагнитного излучения металлической наночастицей сферической формы вычисляется по формуле

$$\sigma_s^{scat}(\omega) = \frac{8\pi}{3} \left| \frac{\omega^2}{c^2} \beta_s(\omega) \right|^2 ;$$

$$\beta_s(\omega) = r_s^3 \epsilon_m \frac{\epsilon_s(\omega) - \epsilon_m}{\epsilon_s(\omega) + 2\epsilon_m} \rightarrow \operatorname{Re}\{\epsilon_s(\omega) + 2\epsilon_m\} = 0$$

– резонансное условие

r_s - радиус наночастицы,

ϵ_s - диэлектрическая проницаемость металлической наночастицы (рассчитывается по модели Друде с учетом потерь),

ϵ_m - диэлектрическая проницаемость матрицы (среды-хозяйки)

Положение плазмонного резонанса зависит от *материала матрицы и радиуса наносферы*.

Лабораторная работа 703

Исследование диэлектрической проницаемости металлической наночастицы

1. Теоретическая часть

Диэлектрическая проницаемость металла рассчитывается в рамках модели Друде следующим образом:

$$\varepsilon = 1 - \frac{\omega_p^2}{\omega^2 + i\gamma\omega} \quad (1)$$

где ω_p -плазменная частота, γ - столкновительная частота
При этом $\gamma=1/\tau$, τ -время релаксации.

Параметры Друде при оптических частотах для Au и Ag

	Au	Ag
ω_p , эВ	9,0	9,1
τ , фс	10	36

Для более полного описания свойств металлов необходимо учесть вклад связанных электронов в оптические свойства. Отклик связанных электронов учитывает модель Друде-Лоренца. Диэлектрическая проницаемость металла в рамках модели Друде-Лоренца:

$$\varepsilon_{\text{int}} = 1 + \frac{\omega_p^2}{(\omega_0^2 - \omega^2) - i\gamma\omega} \quad (2)$$

Лабораторная работа № 705

«Расчет коэффициента отражения от плоской наноструктуры»

1. Теоретическая часть

1.2. Введение

В последние годы наблюдается повышенный интерес к оптическим свойствам гетерогенных композитных сред на основе диэлектрических материалов как неорганических, так и органических. Это связано в первую очередь с возможностью изготовления на их основе оптических переключающих устройств пикосекундного диапазона, направленных соединителей, интерферометров Маха – Цендера, планарных и трехмерных диэлектрических микроволноводов и ряда других практически важных устройств [1, 2] для интегральной оптики и оптоэлектроники. Нелинейные оптические свойства гетерогенных сред на основе оптически прозрачных диэлектриков, содержащих наночастицы металлов, основываются на зависимости показателя преломления среды от параметров внешних воздействий (пико- или фемтосекундных лазерных импульсов). Кроме того, гетерогенные пленки могут обладать аномально высоким коэффициентом преломления, что, как показано в работе [3], может иметь целый ряд практически важных применений, например, повышение разрешающей способности оптических микроскопов, управление направлением распространения светового луча (включая самофокусирующие устройства – селфоки), создание миниатюрных высококачественных линз и других оптических элементов. В связи с вышесказанным композитные (дисперсные) пленки могут получить широкое распространение при разработке и изготовлении нового поколения приборов интегральной оптики и оптоэлектроники.

Гетерогенной (композитной) средой будем называть объемные взвеси частиц в какой-либо матрице или двухмерные осадки частиц на твердой поверхности. Традиционные методы приготовления дисперсионных сред и физические свойства малых металлических частиц подробно описаны в [4,5]. К ним относятся: