

ОПТИКА И СПЕКТРОСКОПИЯ

УДК 535.18; 535.36

DOI: 10.17223/00213411/64/1/145

*Т.М. ЧМЕРЕВА, М.Г. КУЧЕРЕНКО***ГЕНЕРАЦИЯ ВТОРОЙ ОПТИЧЕСКОЙ ГАРМОНИКИ СЛОИСТОЙ ПЛАЗМОННОЙ НАНОЧАСТИЦЕЙ**

Теоретически исследованы особенности генерации второй гармоники наночастицей сферической формы, имеющей плазмонную оболочку. В рамках квазистатической теории возмущений получены выражения для индуцированных дипольного и квадрупольного моментов частицы, осциллирующих на удвоенной частоте. Проведены расчеты мощности излучения второй гармоники, которые показали резонансный характер зависимости мощности от длины возбуждающей волны. При этом положения резонансов мощности излучения существенно зависят от диэлектрической проницаемости ядра частицы и его размера.

Ключевые слова: генерация второй гармоники, слоистая плазмонная наночастица, дипольный и квадрупольный плазмонный резонанс.

Введение

Генерация оптических гармоник при взаимодействии лазерного излучения с металлическими поверхностями и наноструктурами – это один из интересных и важных с прикладной точки зрения эффектов нелинейной оптики. Главной особенностью генерации гармоник поверхностью металла служит увеличение интенсивности гармоники за счет взаимодействия падающего излучения с поверхностной электромагнитной волной – плазмон-поляритоном. Кроме того, генерация оказывается чувствительной к шероховатостям поверхности и ее покрытию. Благодаря тому, что нелинейный отклик поверхности легко наблюдается экспериментально, он представляет собой эффективный инструмент изучения поверхности, а также тонких пленок и мультислойных структур [1–4].

За последние два десятилетия появилось большое количество экспериментальных и теоретических работ, посвященных линейным и нелинейным оптическим свойствам плазмонных наночастиц. Уникальные оптические свойства плазмонных наночастиц обусловлены колебаниями электронов проводимости – локализованными плазмонами, которые приводят к усилению электрического поля внутри и вблизи наночастицы по сравнению с полем падающего оптического излучения. Как известно, усиленное ближнее поле влияет на спектральные характеристики органических молекул и квантовых точек, помещенных в него, и является основной причиной гигантского комбинационного рассеяния [5–7]. Наночастицы, объединенные в ансамбли, служат резонаторами в наноразмерных когерентных источниках света – спазерах [8, 9].

Об экспериментальном наблюдении генерации второй гармоники (ГВГ) однородными сферическими наночастицами сообщалось в работах [10, 11]. Для теоретического описания ГВГ используются разные подходы. Наиболее строгим, но при этом достаточно сложным подходом, является точное решение задачи о рассеянии [12, 13] плоской волны сферической частицей, нелинейные свойства которой характеризуются поверхностным и объемным тензорами нелинейной восприимчивости. ГВГ от поверхности диэлектрической частицы, показатель преломления которой мало отличается от показателя преломления окружающей среды, можно описать в рамках модели, основанной на приближении Рэлея – Ганса – Дебая [14]. В этом приближении рассеяние на границе раздела считается слабым, поэтому нелинейная поляризация порождается только падающей волной. В феноменологическом подходе в элементы тензора нелинейной восприимчивости включают безразмерные функции, которые обычно используются для параметризации отклика поверхности [15, 16]. В классической электродинамической модели рассчитывается нелинейная плотность тока свободных электронов, которая служит источником в процессе ГВГ [17, 18]. Как показывают результаты этих работ, в поле световой волны в сферической наночастице наводятся нелинейные дипольный и квадрупольный моменты, которые индуцируют излучение удвоенной частоты. Причем, дипольный момент направлен вдоль волнового вектора падающей волны, а тензор квадрупольного момента соответствует симметричному относительно направления вектора напряженности электрического поля квадруполью. Интенсивности излучения нелинейных диполя и квадруполья резко возрастают при выполнении условий возникновения локализованных плазмонных резонансов в наночастице.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>