

Рассеивание ультракоротких импульсов на сферических мишенях вне рамок дипольного приближения

В.А. Астапенко, Е.С. Храмов

Московский физико-технический институт (государственный университет)

В работе рассматривается рассеяние ультракоротких импульсов разной формы на сферических мишенях из различного материала, помещенных в диэлектрические матрицы: получены графики, иллюстрирующие зависимость от времени импульсов, рассеянных вперед и назад. Проанализированы временные задержки между импульсами, рассеянными назад. Вычисления проводились для скорректированного гауссова импульса (СГИ), а также синус- и косинус-вейвлетов без несущей частоты [1]. В рассматриваемой работе порядок отношения радиусов частиц к длине волны варьируется от 10^{-1} до 1.

Выражение для зависимости сигнала отраженной волны от времени имеет вид:

$$E(t) = \frac{2c}{r} \text{Im} \int_0^\infty e^{-i\omega t} E(\omega') \frac{S_2(\omega', \theta)}{\omega'} d\omega', \quad (1)$$

здесь $E(\omega')$ – фурье-образ падающего импульса, θ – полярный угол волнового вектора рассеянного излучения, r – расстояние от центра сферы до точки наблюдения поля, $S_2(\omega', \theta)$ – амплитуда рассеяния, определяемая следующим выражением:

$$S_2(\omega, \theta) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2n+1}{n(n+1)} \{a_n(\omega)\tau_n(\theta) + b_n(\omega)\pi_n(\theta)\}, \quad (2)$$

где $a_n(\omega), b_n(\omega)$ – коэффициенты мультипольного разложения в рамках теории Ми [2],

$$\pi_n(\theta) = \frac{P_n^1(\cos \theta)}{\sin \theta}, \quad \tau_n(\theta) = \frac{dP_n^1(\cos \theta)}{d\theta}, \quad P_n^1(\cos \theta) – \text{присоединенные полиномы Лежандра.}$$

На Рис. 1 проиллюстрированы временные зависимости импульса, рассеянного на капле воды радиусом 1000 нм. Пунктирной линии соответствует импульс, рассеянный вперед, сплошной – назад. Как видно из графика, импульс, отраженный назад представляет собой два пучка различной величины, разделенных между собой временным интервалом, который сокращается с ростом длительности импульса. Таким образом, варьируя параметры импульса, радиус мишеней, материал частиц и диэлектрической матрицы, в которую они помещены, можно получить различные конфигурации отраженных импульсов. Знание этой специфики даёт ключ к применению в различных областях человеческой деятельности: сенсоры [3], фотометрия, радиолокация и т.д.

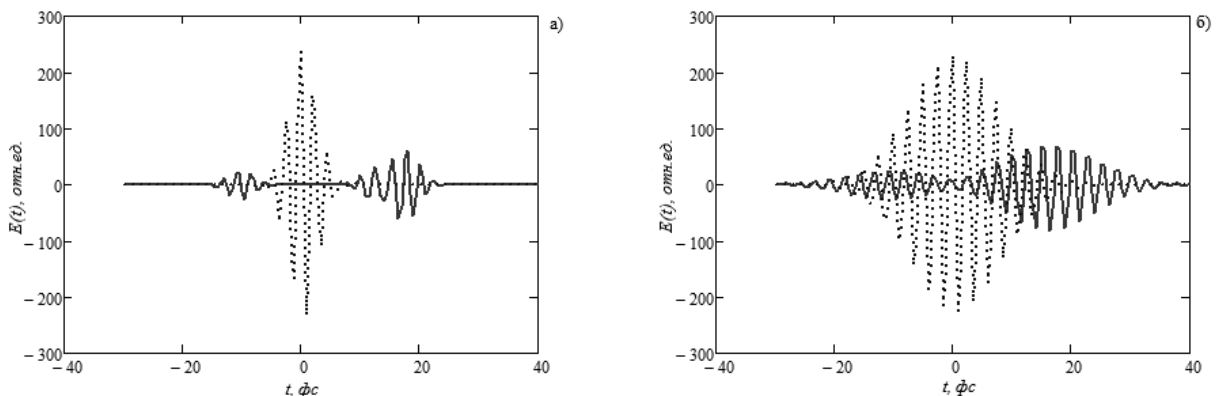


Рис. 1. Зависимость отражённого СГИ импульса от времени. Несущая частота импульса 2.5 эВ, длительность 1.5 фс (а) и 5 фс (б).

Литература

1. *Gets A.V. and Krainov V.P.* Ionization of atoms by attosecond pulses // *Contrib. Plasma Phys.* – 2013. 53, No. X, 1-8
2. *Van de Hulst H.C.* Light scattering by small particles. NY: Dover Publications, 1981. 470 p.
3. *Sonnich C.* Plasmons in Metal Nanostructures. Gottingen: Cuvillier Verlag, 2001.