

УДК 537.5

**Взаимодействие Ультракоротких Лазерных Импульсов с Металлическими
Наноструктурами и Наноантеннами**

К. С. Кислов, А. Д. Кондорский, А. А. Нариц

Московский физико-технический институт (государственный университет)

Физический институт имени П. Н. Лебедева РАН

Значительное число научных работ посвящено изучению эффектов сильного поля при воздействии относительно сильных фемтосекундных лазерных импульсов на наноострия и наноантенны [1-2]. В результате подобного взаимодействия формируется пучок фотоэлектронов, в энергетических спектрах которых возникает широкое плато, по аналогии со спектрами фотоэлектронов при надпороговой ионизации атомов [2-3]. Данное явление, получившее название надпороговой фотоэмиссии, объясняется с помощью трехступенчатой модели перерасеяния фотоэлектронов [4], в рамках которой плато в спектрах формируется фотоэлектронами, упруго отразившимися от родительской антенны.

В данной работе осуществлено теоретическое исследование процессов фотоэмиссии и разгона электронов в ближнем поле составных наноструктур типа "галстук-бабочка". В таких системах плазмонное усиление ближнего поля оказывается значительно больше по сравнению с аналогичным эффектом для одиночных наноантенн [5,6]. Цель работы состояла в поиске оптимальной геометрической конфигурации наноструктур и параметров фемтосекундного импульса для повышения эффективности фотоэмиссии и уширения энергетического спектра фотоэлектронов. Проведено трехмерное компьютерное моделирование фотоэмиссии и динамики электронов в ближнем поле, возникающем при облучении наноантенны фемтосекундными лазерными импульсами. Рассматривались осесимметричные вольфрамовые наносистемы типа «галстук-бабочка» (*bowtie*) с одинаковыми элементами ("симметричные" антенны) и элементами различных размеров ("асимметричные" антенны).

Установлено, что "асимметричных" антенн эффективность протекания процессов фотоэмиссии и разгона электронов существенно зависят от фазы лазерного импульса в максимуме его огибающей, $\Phi_{\text{СЕР}}$. Установлено, что использование составных наносистем с различными элементами позволяет достичь максимальной вероятности фотоэмиссии среди всех представленных конфигураций при $\Phi_{\text{СЕР}} = \pi$ и максимальных ширины и высоты плато в спектрах фотоэлектронов среди всех представленных конфигураций при $\Phi_{\text{СЕР}} = 0$. Показано, что основной причиной проявления данных преимуществ является дополнительное плазмонное усиление напряженности поля вблизи малого конического острия, возникающее при увеличении размеров соседнего наконечника.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 14-22-00273).

Литература

1. *Schenk M. et al* Strong-Field Above-Threshold Photoemission from Sharp Metal Tips // *Phys. Rev. Lett.* 2010. V. 105. P. 257601.
2. *Kruger M., Schenk M., Hommelhoff P.* Attosecond control of electrons emitted from a nanoscale metal tip // *Nature.* 2011V. 475 P. 78.
3. *Krausz F., Ivanov M.* Attosecond Physics // *Rev. Mod. Phys.* 2009. V. 81. P. 163.
4. *Corkum P.B.* Plasma perspective on strong field multiphoton ionization // *Phys. Rev. Lett.* 1993. V. 71. P. 1994.
5. *Краснок А.Е., Максимов И.С., Денисюк А.И. и др.* Оптические наноантенны // *УФН.* 2013. Т. 183. С. 561.
6. *Biagioni P., Huang J.-S., Hecht B.* Nanoantennas for visible and infrared radiation // *Rep. Prog. Phys.* 2012. V. 75. P. 024402.