

УДК 539.2+621.385.833.2

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ НАНОПОВЕРХНОСТЕЙ, УСИЛИВАЮЩИХ ОПТИЧЕСКИЕ СИГНАЛЫ

Г. И. Довбешко, О. М. Фесенко

Институт физики Национальной академии наук Украины, пр-т Науки 46, г. Киев, Украина

Эффект увеличения сечения оптических процессов от 10 до 10^{12} вблизи металлической наноструктурированной поверхности (Au, Ag, Fe и т. д.) известен в течение последних 25 лет [1–3]. Наиболее изучаемыми являются усиленное поверхностью комбинационное рассеяние света (SERS-surface enhanced Raman spectra), инфракрасное (ИК) поглощение (SEIRA-surface enhancement of infrared absorbtion), люминесценция, а также процессы, которые не зависят от наличия молекул на поверхности металла [2], например генерация второй гармоники. Объяснение этих эффектов не является тривиальным и включает в себя несколько механизмов [1, 2]: 1) усиление электромагнитного поля вблизи кривизны металлической поверхности или в островковых металлических пленках (электромагнитная составляющая эффекта), 2) увеличение дипольного момента перехода адсорбированных молекул (химическая составляющая). Важно, что существует связь между усилением, например, комбинационного рассеяния или генерации второй гармоники и наличием вблизи металлической поверхности [3]. Это указывает на универсальность механизма усиления оптических процессов, который не зависит от наличия молекул. Последнее связывают с появлением дополнительного локального электрического поля внешней волны, обусловленное возбуждением локальных (поверхностных) плазменных колебаний в неоднородностях (шероховатостях) металлической поверхности или в наночастицах металла.

Методами атомной силовой микроскопии (АСМ) и электронной микроскопии исследовалась геометрия и морфология разных золотых поверхностей, а также их влияние на коэффициент усиления оптических сигналов в SEIRA спектроскопии. Для этого готовилась серия подложек с наноструктурированной поверхностью, с разной толщиной золота, разной технологии приготовления, а также коллоидные частицы Au и структуры типа периодической решетки [4–6]. Для описания размеров шероховатостей металлических поверхностей рассчитывались корреляционные функции и определялись средние размеры островков. Показано, что на пленках золота толщиной 20–25 нм со средним размером шероховатостей по высоте 1–2 нм, протяженностью 20–90 нм и сплюснутой формой можно получить максимальное усиление (20–150) оптических переходов для адсорбированных на металлическую поверхность молекул в эффекте SEIRA. Метод АСМ является незаменимым при работе с подобными структурами и вместе с технологией нанесения молекул на поверхность дает возможность определить коэффициент усиления оптического процесса.

Литература

1. Kosobukin V. A. Effect of enhancement of external electric field near metal surface and its manifestation in spectroscopy // Surface. Physics, chemistry, mechanics. 1983. Vol. 12. Pp. 5–20.
2. Osawa M., Ikeda M. Surface-enhanced infrared absorption of *p*-nitro benzoic acid deposited on silver island films: contributions of electromagnetic and chemical mechanisms // J. Phys. Chem. 1991. Vol. 95. Pp. 9914–9919.
3. Osawa M. Surface-enhanced infrared absorption spectroscopy. Handbook of Vibrational Spectroscopy / Eds. J. M. Chalmers and P. R. Griffiths. 2002. Vol. 1. Pp. 85–799.
4. Dovbeshko G., Fesenko O., Chegel V., Shirshov Yu., Kosenkov D., Nazarova A. Effect of nanostructured gold surface on SEIRA spectra of nucleic acid, albumin, α -glycine and guanine, 2005. (принята к печати).
5. Dovbeshko G., Fesenko O., Nazarova A. Effect of nanostructured metal surface on SEIRA spectra of albumin and nucleic acids // Журнал фізичних досліджень, 2005 (подана к печати).
6. Dovbeshko G. I., Fesenko O. M., Shirshov Yu. M., Chegel V. I. Semiconductor Physics // Quantum Electronics and Optoelectronics. 2004. Vol. 4. Pp. 419–435.

