БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ
ИНСТИТУТ ПО ЕЛЕКТРОНИКА
"Акад. Емил Джаков"

Лазерна обработка с фемтосекундни импулси и нови методи за наноструктуриране

Партньори: Институт по Електроника "Акад. Е Джаков", Българска Академия на Науките, Лаборатория "Микро- и нанофотоника", Ръководител на проекта: Чл. кор. Проф. П. Атанасов Факултет по Електроника и Електротехника, Университет Кейо, Япония, Ръководител на проекта: Проф. М. Обара

Продължителност: 5 години (2008-2012)

ЦЕЛИ:

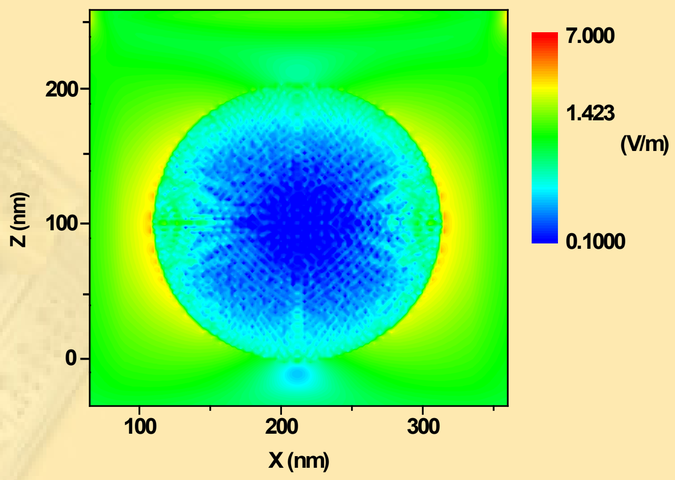
Разработване на теоретични и експериментални основи на нова техника за наноструктуриране на различни повърхности, основана на свойствата на електромагнитното поле в околност на наночастици от благородни метали, взаимодействащи си със свръх къси лазерни импулси.

ПРИЛОЖЕНИЯ:

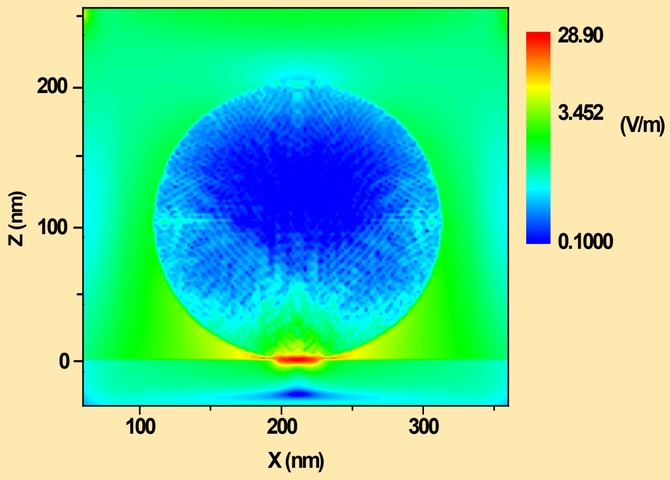
Оптичен запис на информация с висока плътност; MEMS; биофотоника; Повърхностно усилена Раманова спектроскопия (SERS)

ОСНОВНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА ЕЛЕКТРОМАГНИТНОТО ПОЛЕ В БЛИЗКАТА ЗОНА

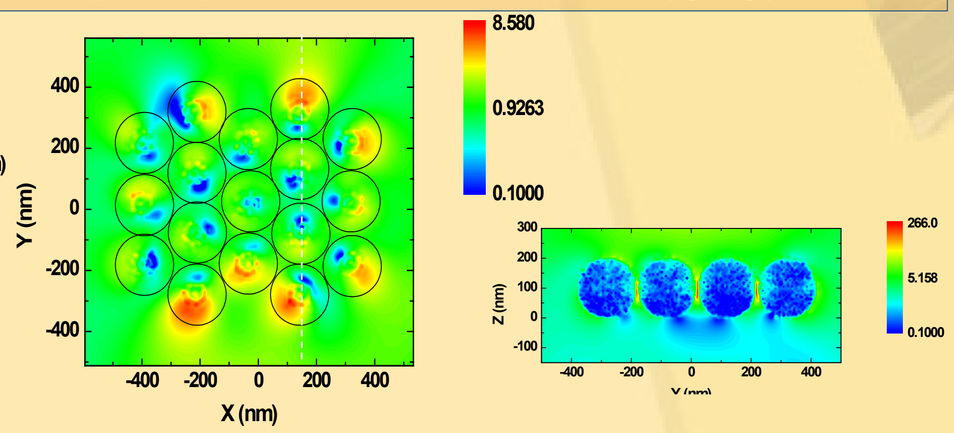
- **интензитетът на полето в околност на метални наноструктури е значително по-висок в сравнение с този на падащото лъчение**
- **интензитетът на полето намалява експоненциално с разстоянието от повърхността на металната структура**
- **размерът на областта където интензитета на полето е усилен се определя от размерите на металната наноструктура**



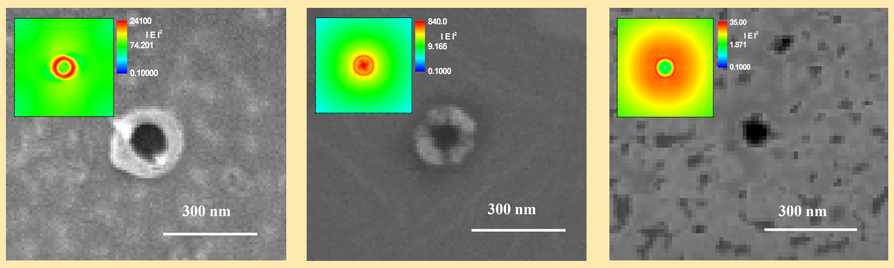
Разпределение на полето в околност на 200 нм златна частица във вакуум (FDTD симулация)



Разпределение на полето в околност на 200 нм златна частици върху Si подложка (FDTD симулация). Интензитетът на полето е увеличен и локализиран в областта на контакт на частицата и подложката. Този ефект може да бъде използван за модифициране на повърхността върху която лежи частицата

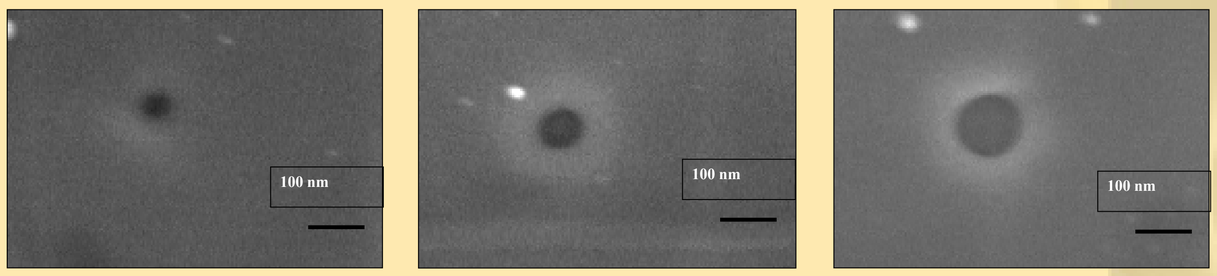


Разпределение на полето в околност на ансамбъл от златни частици във вакуум



Au, F = 0.1 J/cm^2 Si, F = 0.13 J/cm^2 SiO_2 , F = 3 J/cm^2

СЕМ изображения на наноотвори в различни материали получени чрез използване на ефекта от усилване и локализация на ЕМ поле в околност на златни наночастици с размер 200 нм. Падащото лъчение е фемтосекунден лазерен импулс с продължителност 100 фс и дължина на вълната 800 нм.



2R = 40 nm
D_h ≈ 7 nm

2R = 80 nm
D_h ≈ 15 nm

2R = 200 nm
D_h ≈ 30 nm

λ = 800 nm, F = 0.185 J/cm^2, Si подложка, Кръгова поляризация
Намаляването на размера на частиците води до намаляване на размера на получените отвори до стойности под 50 нм

Основни публикации

T. Sakano, Y, Tanaka, R. Nishimura, N. N Nedyalkov, P. A Atanasov, T. Saiki, M. Obara, „Surface enhanced Raman scattering properties using Au-coated ZnO nanorods grown by two-step, off-axis pulsed laser deposition", *J. Phys. D: Appl. Phys,* 41, 235304 (2008).

- N.N. Nedyalkov, S.E. Imamova, P.A. Atanasov, M. Obara, „Near field localization mediated by a single gold nanoparticle embedded in transparent matrix: Application for surface modification", *Appl. Surf. Sci*. 255, 5125 (2009).
- T. Sakai, T. Miyanishi, N. Nedyalkov, Y. Nishizawa, M. Obara, "Nano-dimple processing of silicon surfaces by femtosecond laser irradiation with dielectric particle templates in the Mie scattering domain", *J. Phys. D: Appl. Phys.* 42, 025502 (2009).
- T. Miyanishi, T. Sakai, N. N. Nedyalkov, M. Obara,"Femtosecond-laser nanofabrication onto silicon surface with near-field localization generated by plasmon polaritons in gold nanoparticles with pblique irradiateion", *Appl. Phys. A*, .96, 843-850 (2009).
- Y. Tanaka, N. N. Nedyalkov, M. Obara, "Enhanced near-field distribution inside substrates mediated with gold particle: optical vortex and bifurcation", *Appl Phys A*, 97, 91-98 (2009).
- Y. Tanaka, M. Terakawa, M. Obara, N. Nedyalkov, P. Atanasov, "Plasmonic Nanopatterning of the Material Surface Mediated with Gold Nanoparticles Excited by a Femtosecond Laser Pulse" in "Gold Nanoparticles: Properties, Characterization and Fabrication", NOVA Publishing, P.E. Chow- Ed., ch. 6, 173-204 (2010).
- N. N. Nedyalkov, S. Imamova, P. A. Atanasov, Y. Tanaka, M. Obara, Interaction between ultrashort laser pulses and gold nanoparticles: nanoheater and nanolens effect, *J Nanopart Res.,* DOI 10.1007/s11051-010-9976-4 (2010).
- P. A.. Atanasov, N. N. Nedyalkov, S. E.. Imamova, T. Miyanishi, M. Obara, "Substrate nanomodification based on heating and near field properties of gold nanoparticles", ***Int. J. Nanopart*., 3, 206-219 (2010).**
- Y. Tanaka, G. Obara, A. Zenidaka, N. N. Nedyalkov, M. Terakawa, M. Obara, "Near-field interaction of two-dimensional high-permittivity spherical particle arrays on substrate in the Mie resonance scattering domain", *Optics Express*, 18, 27226 (2010).

Участници в съвместния семинар по Нанофотоника между ИЕ-БАН и Университет Кейо. Септември, 2010 София