

Morfologiniai pokyčiai plonose aukso dangose plazmonų rezonanso valdymui

Morphological changes in thin gold films for plasmon resonance control

Kernius Vilkevičius¹, Algirdas Selskis², Evaldas Stankevičius¹

¹Fizinių ir technologijos mokslų centras, Lazerinių technologijų skyrius, Savanorių pr. 231, LT-02300 Vilnius

²Fizinių ir technologijos mokslų centras, Medžiagų struktūrinės analizės skyrius, Saulėtekio al. 3, LT-10257 Vilnius

kernius.vilkevicius@ftmc.lt

Plazmoniniai metalai bei jų nanodariniai plačiai tyrinėjami dėl jų pritaikymo jutiklių ar paviršiaus sustiprintos Ramano spektroskopijos (SERS) srityse. Tiek pavieniuose, tiek grupuotuose dariniuose, paveikus juos spinduliuote, stebimas šviesos sugertimi pasižymintis plazmonų rezonanso reiškinys. Kompleksinėse struktūrose, pavienių nanodarinių lokalizuoti paviršiaus plazmonai bei ištisinėje metalo dangoje dėl gardelės sužadinas sklindantis plazmonų poliaritonas hibridizuojasi ir sudaro hibridinį paviršinių plazmoną, pasižyminti stipresnėmis rezonansinėmis savybėmis [1].

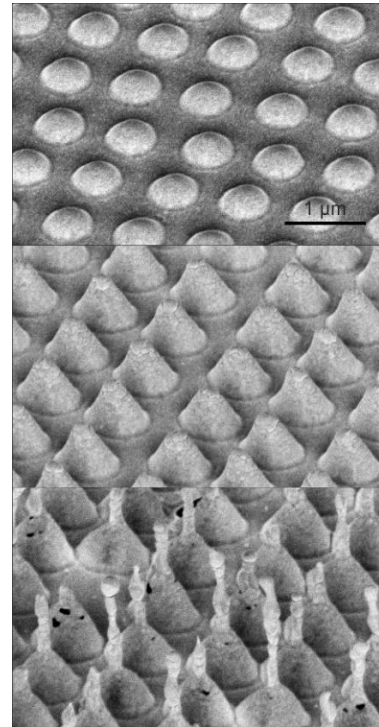
Aukso struktūrizavimas plazmoniniams taikymams vis dažniau atliekamas lazerinėmis technologijomis. Viena tokių – tiesioginis lazerinis rašymas, kurio metu lazerio spindulys aštriai sufokusuojamas į paviršių ir vykdomas lokalus zonos apdirbimas. Modifikuojant lygų metalo sluoksnį pavieniais impulsais, suformuojamos tuščiavidurės iš dangos iškilusios struktūros. Jų forma bei dydis priklauso nuo impulso energijos, lazerio bangos ilgio [2], fokusavimo sąlygų bei metalo dangos storio. Pagrindinės trys morfologinės fazės – gumbeliai, kūgiai bei antenos, susiformuojantys sušildant bei lokaliai išlydant medžiagą [3].

Šiame tyrime buvo nagrinėjamas skirtingos morfologijos periodinių darinių formavimasis 25, 50, 75 bei 100 nm storio aukso dangose bei tiriamos jų plazmoninės savybės. Didinant lazerio impulso energiją, sluoksnio modifikacijos metu formuojami aukštesni ir didesni dariniai – gumbeliai virsta kūgiais, o vėliau antonomis (1 pav.), kol įvyksta sluoksnio abliacija. Plonose dangose (25 nm bei 50 nm) formuojasi siauros bei aukštos antenos, kylančios nuo padėklo pagrindo, tuo tarpu storesnėse – platesnės antenos, besiformuojančios ant kūgio viršūnės. Darinių morfologiją įmanoma valdyti ne tik keičiant energiją, tačiau ir periodą tarp darinių. Mažesniu atstumu formuojant struktūras, dėl lazerio pluošto persidengimo, dalis paveikiamos zonos modifikuojama kelis kartus, tad ties fiksuota energija mažesniuose atstumuose galima suformuoti aukštesnę morfologinę fazę.

Plazmoninės savybės buvo tiriamos matuojant atspindžio spektrus nuo hibridines plazmonines modas žadinančių periodinių nanodarinių gardelių. Gumbelių rezonanso vieta spektre gali būti apskaičiuojama pagal vienmatės gardelės difrakcinę formulę [1]. Keičiantis morfologijai, rezonansas slenkasi į didesnius bangos ilgius, tad kūgių ir antenų gardelėms pastaroji formulė nebetinka. Poslinkis vyksta dėl didėjančio efektinio periodo. Mažiausių darinių gardelių rezonansinės

smailės pasižymi dideliu intensyvumu ir siauru plokiumi, tad pastarųjų kokybė didelė. Tuo tarpu vykstant rezonanso poslinkiui, jis taip pat plėtėja, dėl ko kūgių bei antenų gardelių rezonanso kokybė prastėja.

Dėl aukštos plazmonų rezonanso kokybės, gumbeliai turi potencialo būti pritaikomi plazmoninių jutiklių srityje, tuo tarpu aštrios smailės turinčios antenos, suformuojančios karštuosius taškus, gali būti taikomos SERS tyrimuose.



1 pav. Aukso nanodarinių gardelės: gumbeliai (a), kūgiai (b), antenos (c).

Projektas finansuojamas Lietuvos mokslo tarybos pagal projekto Nr. S-MIP-23-32 veiklą „Plazmoninės nanostruktūros, pagamintos naudojant tiesioginį lazerinį rašymą, SERS taikymams“.

Reikšminiai žodžiai: plazmonų rezonansas, tiesioginis lazerinis rašymas, aukso nanodariniai.

Literatūra

- [1] E. Stankevičius, K. Vilkevičius, M. Gedvilas, E. Bužavaitė-Vertelienė, A. Selskis, Z. Balevičius, Adv. Opt. Mater. **9**(12), 2100027 (2021).
- [2] K. Vilkevičius, A. Selskis, E. Stankevičius, Appl. Surf. Sci. **617**, 156629 (2023).
- [3] D. Pavlov, A. Zhizhchenko, L. Pan, A. A. Kuchmizhak, Materials. **15**(5), 1834 (2022).