

Dvimatės tauriųjų metalų nanostruktūros optiniams taikymams

2-D nanostructures of noble metal nanoparticles for optical applications

Sigitas Tamulevičius^{1,2},

¹Kauno technologijos universitetas, Medžiagų mokslo institutas, Baršausko g. 59, LT-51432 Kaunas

²Kauno technologijos universitetas, Matematikos ir gamtos mokslų fakultetas, Studentų g. 50, LT-51368 Kaunas

Sigitas.Tamulevicius@ktu.lt

Pranešime pristatoma Lietuvos mokslo premija apdovanoto darbo “Mikro/nanostruktūros ir nanomedžiagos jutikliams, fotonikai ir energijos generavimui (2004-2018) (autoriai dr. Rimantas Gudaitis, dr. Šarūnas Meškiniš, habil. dr. Sigitas Tamulevičius, dr. Tomas Tamulevičius) viena iš nagrinėtų temų, susijusi dvimačių nanostruktūrų formavimu, jų optinėmis savybėmis ir taikymais fotonikoje [1-5].

Yra žinoma, kad šviesa gali rezonansiškai sąveikauti su tauriųjų metalų nanodalelėmis, kuriose sužadunami kolektyviniai laidumo elektronų virpesiai. Šis reiškinys stebimas, kai nanodalelių matmenys yra mažesni už šviesos bangos ilgį ir yra vadinamas lokalizuotu paviršiaus plazmonų rezonansu (*angl.* Localized Surface Plasmon Resonance - LSPR). LSPR smailės intensyvumas ir plotis atspindi energijos praradimo greitį rezonansinėje sistemoje, lemiantiems šio reiškinio panaudojimui įvairioms biojutiklių, fotokatalizės, nanolazerių ir kt. taikymams. Kaip taisyklė, dėl procesų, susijusių su spinduliuotės slopinimu ir depoliarizacija, pavienėms nanodalelėms būdingos plačios LSPR smailės. Antra vertus, nanodalelių rezonanso kokybės faktorių galima žymiai padidinti, jas dėliojant į tvarkingus dvimačius masyvus. Tokiu atveju plazmoninių nanodalelių išsklaidyta šviesa difrakcijos dėka gali sąveikauti su gretimomis nanodalelėmis. Tokios tvarkingos nanodalelių dvimatės nanostruktūros gali būti naudojamos įvairioms fotonikos reikmėms.

Pranešime pristatoma dvimačių tauriųjų metalų (sidabro, aukso) nanodalelių struktūrų formavimo būdai tam naudojant koloidinius nanodalelių tirpalus bei įvairius padėklus. Parodyta, kad dvimatės nanodalelių struktūros, išdėliotos porėtajame aliuminio oksido padėkle gali efektyviai stiprinti Ramano sklaidos signalą, ir gali būti naudojamos kaip efektyvūs paviršiaus sustiprinto Ramano sklaidos padėklai.

Darbe aptariamas kapiliarinių jėgų indukuotas nanodalelių išdėstymo (*angl.* Capillary Assisted Particle Assembly) būdas tvarkingose dvimatėse struktūrose bei tam procesui reikalingų kaukių gamybos etapai. Buvo ištirtas skirtingų tirpiklių vaidmuo, aplinkos drėgmės bei padėklo temperatūros įtaka, kuriant tvarkingas 2-D nanometrines struktūras. Parodyta, kad naudojant elektroninę litografiją, gilųjį joninį ęsdinimą bei dvimatės nanometrinės struktūros replikavimą polimerinėje (PDMS) matricoje galima formuoti didelio ploto (kvadratinų centimetrų) aukštos užpildymo kokybės dvimatės sidabro nanodalelių (nanokubų,

nanosferų) struktūras, kuriose stebėta tolimojo elektromagnetinio lauko ir atskirų nanodalelių indukuoto elektrinio dipolio sąveika, užtikrinanti tokių struktūrų rezonansinį atsaką – paviršiaus gardelės rezonansą (*angl.* Surface Lattice Resonance). Rezonansui buvo būdinga aukšta rezonanso kokybės faktoriaus (Q) vertė, siekianti 80. Taip pat parodėme, kad sukurti dvimačiai masyvai yra stabilūs natūralioje aplinkoje taip pat demonstruoja paviršiaus gardelės rezonanso reiškinį įvairiose aplinkose, taip sukurdami prielaidas nanodalelių funkcionalizavimui (biojutiklių reikmėms) ar užpildant turį optiškai aktyviomis medžiagomis (nanolazerių kūrimui). Verta paminėti, kad metodas neapsiriboja vien naudotomis Ag nanodalelėmis-savaiminis nanodalelių surinkimas gali būti naudojamas įvairių medžiagų ir nanodalelių formų dvimačių piešinių sukūrimui.

Pristatyme taip pat nagrinėjamos tauriųjų metalų nanodalelių bei jų tvarkingų masyvų kolektyvinio optinio atsako laikinės priklausomybės, iliustruojančios energijos perdavimo ir relaksacijos mechanizmus.

Reikšminiai žodžiai: tauriųjų metalų nanodalelės, lokalizuotas paviršiaus plazmonų rezonansas, paviršiaus gardelės rezonansas, dvimatės nanostruktūros

Literatūra

- [1] M. Juodėnas, D. Peckus, T. Tamulevičius, Y. Yamauchi, Tamulevičius, Sigitas; J. Henzie, ACS Photonics., **7** (11), 3130-3140, (2020).
- [2] M. Juodėnas, T. Tamulevičius, J. Henzie, D. Erts, S. Tamulevičius, ACS Nano, **13** (8), 9038-9047, (2019).
- [3] D. Virganavičius, M. Juodėnas, T. Tamulevičius, H. Schiff, S. Tamulevičius, Applied Surface Science, **406**, 136-143 (2017).
- [4] D. Peckus, H. Rong, L. Stankevičius, M. Juodėnas, S. Tamulevičius, T. Tamulevičius, J. Henzie, Journal of Physical Chemistry C., **121** (43), 24159-24167, (2017).
- [5] U. Malinovskis, R. Poplauskas, D. Erts, K. Ramser, S. Tamulevičius, A. Tamulevičienė, Y. Gu, J. Prikulis, Nanomaterials, **9**, (4), 1-10, (2019).