

**Универзитет у Београду – Хемијски
факултет Наставно-научно веће**

Предмет: Образложење теме докторске дисертације Анђеле Стефановић

Тема: „Испитивање фототермалних својстава и ефекта заштите од електромагнетног зрачења композита графен-оксида са наночестицама злата, сребра и платине добијених озрачивањем гама зрацима ниских доза“

1. Научна област: Хемија (ужа научна област: Аналитичка хемија)

2. Предмет научног истраживања

Планирани предмет научног истраживања ове докторске дисертације обухватају развој нових композита на бази графен-оксида са наночестицама злата, сребра и платине добијених озрачивањем гама зрацима ниских доза и њихово испитивање фототермалних својстава и ефекта заштите од електромагнетног зрачења.

3. Основне хипотезе

Графен, угљенични слој дебљине једног атома, од свог открића 2004. године привлачи пажњу многих истраживача због своје јединствене структуре. Савршена кристална структура графена у облику саћа је састављена од угљеник-угљеник (C-C) sp^2 хибридизоване мреже која формира 2D раван лист [1]. Израчунато је да једнослојни графен има површину близу $2600 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$, што графен и графен-оксид (GO) чини одличним платформама за ковалентно или нековалентно везивање различитих молекула и структура, укључујући полимерне ланце [2] и металне наночестице (NP) [3, 4], за стварање нових композитних материјала са синергистичким својствима. Графен украшен металним NP налази бројне примене, као што су сензори [5, 6], катализатори [7], платформе за површински појачану раманску спектроскопију (Surface Enhanced Raman Spectroscopy - SERS) [3, 8] и фототермални агенси [4, 9]. Фототермална терапија рака користи ефекат селективне хипертермије туморског ткива. Прво, фототермички активне врсте се испоручују у туморско ткиво. Након тога се примењује зрачење из блиског

инфрацрвеног или терапеутског прозора и апсорбована светлост се претвара у топлоту која неповратно оштећује туморско ткиво док здраво околно ткиво остаје нетакнуто. Наночестице злата, сребра и платине показале су велики потенцијал за примену као фототермални агенси због своје способности да претворе апсорбовану светлост у топлоту [10].

4. Циљ истраживања и очекивани резултати

Циљ ове докторске дисертације је развој нових композита на бази графен-оксида са наночестицама злата, сребра и платине добијених озрачивањем гама зрацима ниских доза и њихово испитивање фототермалних својстава и ефекта заштите од електромагнетног зрачења.

Специфични циљеви докторске дисертације обухватају:

1. Добијање композита на бази графен-оксида са наночестицама злата, сребра и платине добијених озрачивањем гама зрацима ниских доза. Коришћењем гама зрака ниских доза за редукцију прекурсора металних наночестица до елементарног стања избегава се употреба хемијских редукционих агенаса, а самим тим се смањује употреба хемикалија као и количина нуспродуката. Поред тога, пречишћавање добијених композита након завршене реакције је једноставније и временски незахтевније што овај експериментални приступ чини повољнијим по животну средину.
2. Карактеризација добијених композита одговарајућим микроскопским и спектроскопским методама у циљу упознавања са њиховом структуром и морфологијом. Величина и облик добијених наночестица метала ће бити одређена применом погодне микроскопске методе (трансмисиона и скенирајућа електронска микроскопија). Структурне промене изазване гама зрачењем ће бити одређене применом ултраљубичасте, инфрацрвене и раманске спектроскопије.
3. Добијени композити ће бити подвргнути испитивању фототермалних својстава. Дисперзије композита у води ће бити излагане ласерском зрачењу одређених таласних дужина и биће мерен пораст температуре дисперзије током времена.
4. Од добијених композита ће бити направљени танки слојеви помоћу вакуумске

филтрације и биће испитана њихова хидрофилност као и пропуштање електромагнетног зрачења кроз материјал.

5. Методе истраживања

Као полазни графенски материјал биће коришћени графен оксид (GO) добијен модификованом Хамерсовом (Hummers') методом и електрохемијски ексфолиран графен (ЕЕГ) добијен електрохемијским поступком. Гама зрачење у свим примењеним дозама (1, 5, 10, 20 kGy) ће довести до редукције прекурсора (хлороауринске киселине, сребро-нитрата и хлороплатинске киселине) и формира ће се равномерно распоређене наночестица метала на површини GO, истовремено изазивајући смањење GO и делимичну обнову структуре графена. Скенирајућа електронска микроскопија (SEM) и енергетска дисперзивна рендгенска спектроскопија (EDS) анализе ће бити обављене да добијемо елементарни састав за узорке композита добијених при најнижој и највишој примењеној дози. Трансмисиона електронска микроскопска (TEM) анализа биће коришћена за процену морфологије GO и величине и облика наночестица (злата, сребра и платине). Термогравиметријска анализа (TGA) у циљу праћења промене тежине која се јавља када се узорак загрева константном брзином и одређивање термичке стабилности и структуре материјала. Фототермална ефикасност GO/Au Np узорака ће бити процењена праћењем промена температуре изазваних ласерским зрачењем. Одређивање ефикасности ЕМИ заштите биће спроведена коришћењем мрежног анализатора, Vector Network Analyzer (VNA) Keysight Technologies (Streamline P5008A) који ради у фреквенцијском опсегу 150 kHz-53 GHz.

6. Литература

- [1] E. Gibertini, L. Gabatel, A. Lucotti, G. Bussetti, C. L. Bianchi, L. Nobili, L. Magagnin, W. Navarrini and M. Sansotera, "From single-layer graphene to HOPG: Universal functionalization strategy with perfluoropolyether for the graphene family materials," *Diamond and Related Materials*, vol. 122, pp. 108810, 2022.
- [2] K. Mylvaganam, L. Zhang, *In Situ Polymerization on Graphene Surfaces*, *The Journal of*

Physical Chemistry C, 117 (2013) 2817-2823.

[3] X. Zhou, X. Huang, X. Qi, S. Wu, C. Xue, F.Y.C. Boey, Q. Yan, P. Chen, H. Zhang, In Situ Synthesis of Metal Nanoparticles on Single-Layer Graphene Oxide and Reduced Graphene Oxide Surfaces, *The Journal of Physical Chemistry C*, 113 (2009) 10842-10846.

[4] L.-N. Zhang, H.-H. Deng, F.-L. Lin, X.-W. Xu, S.-H. Weng, A.-L. Liu, X.-H. Lin, X.-H. Xia, W. Chen, In Situ Growth of Porous Platinum Nanoparticles on Graphene Oxide for Colorimetric Detection of Cancer Cells, *Analytical Chemistry*, 86 (2014) 2711-2718.

[5] R.S. Dey, C.R. Raj, Development of an Amperometric Cholesterol Biosensor Based on Graphene–Pt Nanoparticle Hybrid Material, *The Journal of Physical Chemistry C*, 114 (2010) 21427-21433.

[6] S.-K. Kim, C. Jeon, G.-H. Lee, J. Koo, S.H. Cho, S. Han, M.-H. Shin, J.-Y. Sim, S.K. Hahn, Hyaluronate–Gold Nanoparticle/Glucose Oxidase Complex for Highly Sensitive Wireless Noninvasive Glucose Sensors, *ACS Applied Materials & Interfaces*, 11 (2019) 37347-37356.

[7] M.N.I. Amir, A. Halilu, N.M. Julkapli, A. Ma'amor, Gold-graphene oxide nanohybrids: A review on their chemical catalysis, *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 83 (2020) 1-13.

[8] G. Neri, E. Fazio, P.G. Mineo, A. Scala, A. Piperno, SERS Sensing Properties of New Graphene/Gold Nanocomposite, *Nanomaterials*, 9 (2019) 1236.

[9] H. Moustauoui, J. Saber, I. Djeddi, Q. Liu, A.T. Diallo, J. Spadavecchia, M. Lamy de la Chapelle, N. Djaker, Shape and Size Effect on Photothermal Heat Elevation of Gold Nanoparticles: Absorption Coefficient Experimental Measurement of Spherical and Urchin-Shaped Gold Nanoparticles, *The Journal of Physical Chemistry C*, 123 (2019) 17548-17554.

[10] X. Huang, M.A. El-Sayed, Gold nanoparticles: Optical properties and implementations in cancer diagnosis and photothermal therapy, *Journal of Advanced Research*, 1 (2010) 13-28.