

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова

(повне найменування вищого навчального закладу)

Фізичний факультет

(повне найменування інституту/факультету)

Кафедра експериментальної фізики

(повна назва кафедри)

## Дипломна робота

бакалавра

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: «Використання нанокompозиту PSi/Au в якості  
прототипу біосенсора афлатоксину»

«Using nanocomposite PSi/Au as a prototype biosensor aflatoxin»

Виконала: студентка денної форми навчання  
напряму підготовки 6.040203 Фізика

Павлова Карина Ігорівна

Керівник д.ф.-м.н., проф. Сминтина В.А.

Рецензент к.ф.-м.н., Гевелюк С.А.

Рекомендовано до захисту:

Протокол засідання кафедри

№ 10 від 06. 06. 2017 р.

Захищено на засіданні ЕК № 1

протокол № 22 від 22. 06. 2017 р.

Оцінка Відмінно / A / 91

(за національною шкалою, шкалою ECTS, бали)

Завідувач кафедри

Голова ЕК

Калінчак В.В.

(підпис)

(підпис)

Одеса – 2017

## ЗМІСТ

|                                                                                                                                            |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Вступ.....                                                                                                                                 | 3  |
| 1. Методи отримання поруватого кремнію та нанокompозита поруватого кремнію з золотом.....                                                  | 5  |
| 1.1. Синтез колоїдного розчину AuNPs та електрохімічне травлення кремнію.....                                                              | 5  |
| 1.2. Хімічне травлення кремнію за допомогою напилених золотих наночастинок .....                                                           | 9  |
| 1.3. Анодування.....                                                                                                                       | 13 |
| 2. Біологічні властивості та характеристика афлатоксина.....                                                                               | 16 |
| 3. Застосування нанокompозиту поруватого кремнію з золотом у якості прототипу біосенсора афлатоксина.....                                  | 19 |
| 3.1. Отримання зразків поруватого кремнію методом хімічного неелектролітичного травлення і нанокompозиту поруватого кремнію з золотом..... | 19 |
| 3.2. Структурні властивості поруватого кремнію та нанокompозита поруватого кремнію з золотом.....                                          | 20 |
| 3.3. Оптичні властивості поруватого кремнію та нанокompозита поруватого кремнію з золотом.....                                             | 23 |
| 3.4. Функціоналізація нанокompозитів золота на поверхні поруватого кремнію і іммобілізація антитіл афлатоксина на поверхню.....            | 26 |
| 4. Тестування біосенсора.....                                                                                                              | 27 |
| 4.1. Визначення аналітичних характеристик біосенсора.....                                                                                  | 29 |
| Висновки.....                                                                                                                              | 32 |
| Література.....                                                                                                                            | 33 |

## ВСТУП

Забруднення їжі мікотоксинами це одна з найактуальніших проблем, тому що токсини є небезпечними для здоров'я людей і тварин. Афлатоксини, що належать групі мікотоксинів, часто забруднюють такі харчові продукти, як кукурудза, бавовняні зерна, пшоно, арахіс, рис, сорго, насіння соняшнику, деревні горіхи і т.д [1]. Афлатоксин В1 (AFB1) є одним з найнебезпечніших видів афлатоксина з істотним токсичним ефектом (тератогенний і канцерогенний) [2] і підвищує ризик виникнення раку людини. Традиційні методи визначення афлатоксину засновані на хроматографії [3-5] і ELISA-Kits [6]. Ці методи досить точні, але занадто тривалі і коштовні. Тому необхідний був швидкий, простий і дешевий метод детектування концентрацій токсину.

Існує велика кількість біосенсорів для детектування AFB1. Особливе місце серед них займають оптичні біосенсиори [7,8], вони мають значні переваги, такі як портативність, невеликі габарити і високу чутливість до біоаналітів. Чутливість оптичних біосенсорів може бути поліпшена при збільшенні сигналу фотолюмінісценції і співвідношення між корисним сигналом і шумом. Тому розробка наноматеріалів з великою питомою площею і сприятливими оптичними величинами (абсорбція, відбиття, фотолюмінісценція і т.д.) може поліпшити продуктивність біосенсорів.

Серед більшості наноматеріалів, поруватий кремній (PSi) відомий як найефективніший матеріал, який добре підходить для розробки оптичних біосенсорів [9-12]. Сенсор на основі PSi з налагодженими структурними властивостями демонструє біосумісність, високе співвідношення площі поверхні до об'єму, і хорошу сумісність зі стандартними технологіями

кремнієвих напівпровідників. Основне завдання біосенсора на основі PSi - це запобігання деградації поверхні при окисленні і забрудненні домішками [13]. Виготовлення композиту PSi/(благородний метал) може частково стабілізувати поверхню поруватого кремнію [14,15].

У даній роботі, представлені результати отримання зразків PSi/Au електрохімічним і хімічним способами та досліджено їх структурні, оптичні та біосенсорні властивості.

## ВИСНОВКИ

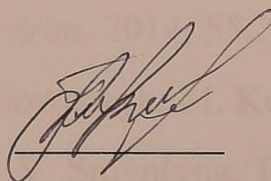
У даній роботі розглядалася можливість використання нанокompозиту PSi/Au у якості біосенсора афлатоксину В1. Були використані зразки PSi/Au, отримані методами хімічного та електрохімічного осадження.

Результати дослідження можна узагальнити у наступних висновках:

1) Результати вимірювання кінетики ФЛ і розрахунки чутливості показали, що біосенсор на основі PSi/Au отриманий електрохімічним методом має більшу чутливість до концентрацій антигенів, і складає майже 0.45.

2) Для отримання нанокompозитів PSi/Au, необхідно підібрати оптимальні умови роботи, для процесу хімічного осадження час має бути не менше 48 годин, при електрохімічному методі напруга в потенціостаті має бути порядку 50 мВ. З даних рентгено-структурного аналізу та зображень електронного скануючого мікроскопу було встановлено, що за малих часів хімічної експозиції, та малих напругах в електрохімічному методі утворювалося аморфне золото, для утворення кристалічного золота треба задавати вищевказані параметри роботи.

3) Було встановлено що для всіх зразків механізм ФЛ був однаковий, та пов'язані з квантово-розмірними ефектами кристалітів поруватого кремнію, а згасання ФЛ можна зв'язати зі зменшенням часу життя неосновних носіїв, що відбувається через посилення поверхневого плазмонного резонансу на межі поруватого кремнію і золота.



(підпис)

Павлова К.І.

## ЛІТЕРАТУРА

1. J. Yu, Toxins (Basel). 2012, 4, 1024.
2. N. Das, J. Basu, C. Roychaudhuri, Int. J. Adv. Eng. Sci. Appl. Math. 2015, 7, 204 c.
3. V. Dohnal, V. Dvořák, F. Malíř, V. Ostrý, T. Roubal, Food Chem. Toxicol. 2013, 62, 427 c.
4. A. C. Entwisle, A. C. Williams, P. J. Mann, P. T. Slack, J. Gilbert, P. Burdaspal, E. Eklund, J. Gardikis, B. Hald, M. P. Herry, K. Jørgensen, H. Kandler, R. Maas, M. L. Martins, S. Patel, M. Schuster, M. Solfrizzo, E. Strassmeir, R. Tiebach, T. Trogersen, J. AOAC Int. 2000, 83, 1377 c.
5. G. J. Soleas, J. Yan, D. M. Goldberg, J. Agric. Food Chem. 2001, 49, 2733 c.
6. I. Barna-Vetro, L. Solti, J. Teren, A. Gyongyosi, E. Szabo, A. Wolfling, J. Agric. Food Chem. 1996, 44, 4071 c.
7. M. McKeague, R. Velu, K. Hill, V. Bardóczy, T. Mészáros, M. DeRosa, Toxins (Basel). 2014, 6, 2435 c.
8. Z. Lu, X. Chen, W. Hu, Sensors Actuators B Chem. 2017, 246, 61 c.
9. S. Dhanekar, S. Jain, Biosens. Bioelectron. 2013, 41, 54 c.
10. K. Urmann, J.-G. Walter, T. Scheper, E. Segal, Anal. Chem. 2015, 87 c.
11. W. Y. Tong, M. J. Sweetman, E. R. Marzouk, C. Fraser, T. Kuchel, N. H. Voelcker, Biomaterials 2016, 74, 217 c.
12. C. RoyChaudhuri, Sensors Actuators B Chem. 2015, 210, 310 c.
13. J. Li, M. J. Sailor, Biosens. Bioelectron. 2014, 55, 372 c.
14. I. Iatsunskyi, M. Jancelewicz, G. Nowaczyk, M. Kempieński, B. Peplińska, M. Jarek, K. Załęski, S. Jurga, V. Smyntyna, Thin Solid Films 2015, 589, 303 c.

15. J. W. Mares, J. S. Fain, S. M. Weiss, *Phys. Rev. B - Condens. Matter Mater. Phys.* 2013, 88, 1 с.
16. De La Mora, M. B.; Bornacelli, J.; Nava, R.; Zanella, R.; Reyes-Esqueda, J. A. Porous Silicon Photoluminescence Modification by Colloidal Gold Nanoparticles: Plasmonic, Surface and Porosity Roles. *J. Lumin.* 2014, 146, C. 247–255.
17. M.C. Daniel, D. Astruc, *Chemical Reviews* 104 (2004) 293 с.
18. O. Bisi, S. Ossicini, L. Pavesi, *Surface Science Report* 38 (2000), 1 с.
19. X. Li, P.W. Bohn, Metal-assisted chemical etching in HF/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> produces porous silicon, *Applied Physics Letters* 77 (2000) 2572–2574 с.
20. Xin Sun, Nan Wang, Hao Li, Deep etched porous Si decorated with Au nanoparticles for surface-enhanced Raman spectroscopy (SERS), C. 549-554.
21. Голубев А. И. Анодное окисление алюминиевых сплавов. — М.: Изд-во АН СССР, 1961. — 221 с.
22. Г. Л. Антоняк<sup>1</sup>, Н. О. Бабич, О. М. Стефанишин, Н. К. Коваль, Р. О. Федяков, Афлатоксини: біологічні ефекти та механізми впливу на організм тварин і людини, С 1.
23. Wood G. E. Mycotoxins in foods and feeds in the United States [Text] / G. E. Wood // *J. Anim. Sci.* — 1992. — Vol. 70, № 12. — С. 3941–3949.
24. I. Iatsunskyi, M. Pavlenko, R. Viter, M. Jancelewicz, G. Nowaczyk, I. Baleviciute, K. Załęski, S. Jurga, A. Ramanavicius, V. Smyntyna, *J. Phys. Chem. C* 2015, 119, 7164 с.
25. T. S. T. Amran, M. R. Hashim, N. K. A. Al-Obaidi, H. Yazid, R. Adnan, *Nanoscale Res. Lett.* 2013, 8, 35 с.
26. M. Pavlenko, E. L. Coy, M. Jancelewicz, K. Zaleski, V. Smyntyna, S. Jurga, I. Iatsunskyi, *RSC Adv.* 2016, 6 с.

27. G. Rong, J. D. Ryckman, R. L. Mernaugh, S. M. Weiss, Appl. Phys. Lett. 2008, 93 c.
28. B. Gelloz, H. Sano, R. Boukherroub, D. D. M. Wayner, D. J. Lockwood, N. Koshida, Appl. Phys. Lett. 2003, 83, 2342 c.
29. Y. Liu, J. Yu, Y. Wang, Z. Liu, Z. Lu, Sensors Actuators B Chem. 2016, 222, 797 c.
30. K. Yugender Goud, G. Catanante, A. Hayat, S. M., K. Vengatajalabathy Gobi, J. L. Marty, Sensors Actuators B Chem. 2016, 235, 466 c.
31. R. Viter, V. Khranovskyy, N. Starodub, Y. Ogorodniichuk, S. Geveliyuk, Z. Gertnere, N. Poletaev, R. Yakimova, D. Erts, V. Smyntyna, A. Ubelis, IEEE Sens. J. 2014, 14, 2028 c.