

УДК: 539.23

І.І. Сакалош, І.І. Трикур, **Й.П. Шаркань**, М.Ю. Січка, В.М. Різак  
Ужгородський національний університет, 88000, Ужгород, вул. Волошина, 54

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ АМІАКУ НА ЧУТЛИВІ ЕЛЕМЕНТИ НА ТОРЦІ Y-ПОДІБНОГО ВОЛОКОННО-ОПТИЧНОГО РОЗГАЛУДЖУВАЧА

Проведено дослідження впливу водних розчинів аміаку на чутливий елемент у вигляді плівки бактеріородопсину в матриці золь-гелю, нанесеної, безпосередньо, на торець спільного каналу Y-подібного волоконно-оптичного розгалуджувача. Показано, що одержані чутливі елементи не руйнуються під дією води, чутливі до дії аміаку і володіють хорошою реверсивністю.

**Ключові слова:** бактеріородопсин, пурпурні мембрани, сенсор, оптичне волокно, коефіцієнт відбивання.

### Вступ

Останнім часом активно розробляється проблема інтеграції матеріалів, процесів і принципів мікро-, нано-, і біотехнології для ціленаправленого синтезу елементів і функціональних середовищ, які являються базисом технічних систем сприйняття, перетворення, збереження і передачі інформації.

Яскравим представником такого класу матеріалів можуть стати нанокомпозитні структури на базі бактеріородопсину (БР). Неорганічні матриці створені по золь-гель технології ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$  та ін.), в які впроваджені фрагменти пурпурних мембран, представляють собою нові нанокомпозитні структури, які є нерозчинними в водних розчинах на відміну від полімерних матриць. Таким чином, забезпечується можливість створення, на базі фоточутливого БР, чутливих елементів хімічних сенсорів не тільки газових середовищ, але й водних розчинів.

Використання біополімерів в якості робочого середовища в сенсорних і обчислювальних пристроях є одним із напрямків сучасної біоелектроніки. Серед таких матеріалів найбільш вивченими, на сьогоднішній день, є фотохромні плівки на основі БР в органічних та неорганічних матрицях, які знайшли використання в пристроях запису та відображення інформації.

### Методика дослідження

З метою вивчення можливості використання плівок БР для сенсорів водних розчинів, були проведені дослідження впливу водних розчинів аміаку на параметри плівок БР в матриці золь-гелю. Оскільки для волоконно-оптичних датчиків найбільш простою в технічній реалізації є схема в якій реєструються зміни відбивання від плівки нанесеної на торець волокна, ми поставили за мету дослідити зміни спектру відбивання плівки БР під дією водного розчину аміаку. Для цього ми використали 600-мікронний волоконно-оптичний Y-подібний розгалуджувач. Схема установки зображена на рис. 1.

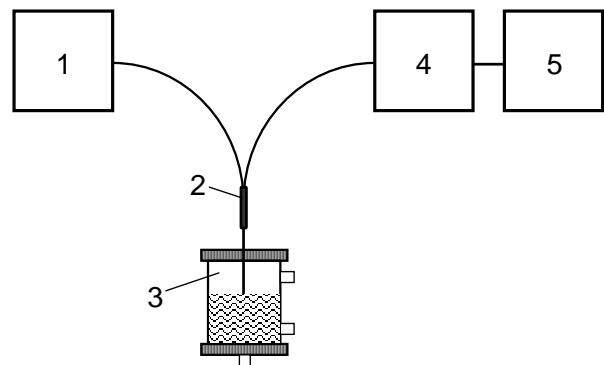


Рис. 1. Схема установки для дослідження зміни відбивання плівок БР під дією водного розчину аміаку: 1 – джерело світла (лампа КГМ 24-250); 2 – Y-подібний волоконно-оптичний розгалуджувач; 3 – камера для дослідження впливу водних розчинів на параметри плівок БР; 4 – спектрофотометр (Ocean Optics 4000); 5 – ПК.

Для проведення досліджень нами була сконструйована спеціальна камера. Схема камери зображена на рис. 2. За основу була взята комірка для газів, яка складається з скляного трубоподібного корпусу, в якому є два крани для напуску газу або рідини, і двох фланців на різьбовому з'єднанні в торцях. Для торцевих вікон були вирізані пластини з оргскла. В нижній розмістили кран для зливу рідини, в верхній – герметичне вікно для введення оптичного волокна. Для монтажу та кріплення волокна використали спеціальний тримач, стаціонарно закріплений у верхній кришці камери.

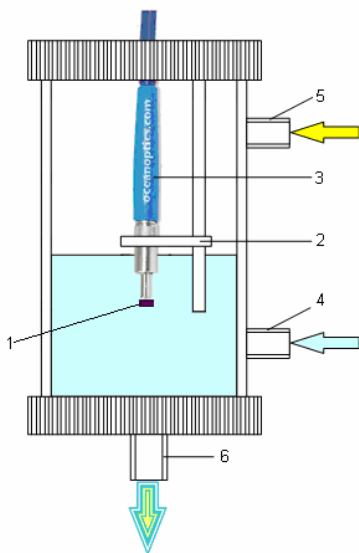


Рис. 2. Конструкція камери для дослідження впливу водного розчину аміаку на параметри плівок БР. 1 – досліджуваний зразок; 2 – тримач; 3 – оптичне волокно; 4, 5, 6 – крани для подачі та зливу рідин.

Верхня кришка стаціонарно закріплювалася у стандартному штативі. Для встановлення чи заміни зразка вся нижня частина камери знімалася. Крани використовували для подачі води та водного розчину аміаку. Оскільки водний розчин аміаку є досить агресивним середовищем, наявність у конструкції камери елементів із заліза приводила до їх швидкого окислення. Тому практично всі елементи камери були виготовлені із скла, пластику або оргскла. Герметизація проводилася за допомогою гумових прокладок та силіконового герметика.

Волокно 3 закріплювалося у вертикальному положенні. Дослідження спектрів відбивання плівки проводилося за допомогою Y-подібного волоконно-оптичного розгалужувача, на торець спільного каналу якого наносилася досліджувана плівка БР. Сфокусоване світло від лампи подавалося в один канал, а відбите від плівки на торці, через інший канал – реєструвалося спектрофотометром.

Вода подавалася в кювету через кран 4 за допомогою приєднаної мірної мензурки, що дозволяло точно контролювати об'єм рідини. Концентрований водний розчин аміаку подавався через кран 5 за допомогою пластикового шприца. Злив рідин проводився через кран 6. Зміна концентрації аміаку у розчині проводилася за допомогою додавання дистильованої води в кювету. Для висушування плівки після проведення досліджень використовували продув кювети повітрям.

### Результати досліджень та їх обговорення

Для моніторингу водних розчинів необхідною умовою є водонерозчинність плівки. Плівки БР на основі полімерних матриць є водорозчинними, що виключає можливість їх використання для таких цілей. Отримання плівок у неорганічних матрицях за допомогою традиційних технологій передбачає роботу при порівняно високих температурах, що призводить до денатурації органічних речовин. Оптимальним вирішенням такої проблеми є використання низькотемпературного золь-гельного процесу, для отримання водонерозчинного високопористого кремнієвого скла при кімнатних температурах.

Золь-гельний процес являється зручним та універсальним методом для отримання оптично прозорих і водонерозчинних матриць при помірних температурах. Умови обробки в навколишньому середовищі дозволяють отримувати оптичні матеріали з багатьма органічними та біологічними молекулами впровадженими в пористу матрицю золь-гельного скла [1].

БР зберігає свої характерні оптичні властивості при впровадженні його до кремнієвого скла в ході золь-гельного про-

цесу [2, 3], тому даний процес використовується для виготовлення чутливих елементів для біосенсорного застосування [4-7]. Спосіб одержання плівок БР в органічних та неорганічних матрицях на торці оптичного волокна більш детально розглянуто в роботі [8].

Для дослідження впливу водних розчинів аміаку на характеристики плівок БР у золь-гельній матриці ми проводили моніторинг відбивання на характерних довжинах хвиль (410, 570 та 800 нм) та запис спектрів відбивання. Результати дослідження динаміки зміни відбивання наведені на рис. 3 та рис. 4.

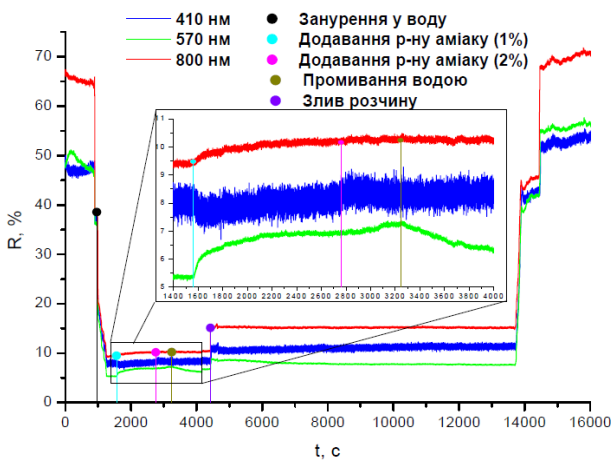


Рис. 3. Динаміка зміни відбивання плівки БР у матриці золь-гелю на торці оптичного волокна у процесі занурення у воду, додавання аміаку різних концентрацій та висушування.

Оскільки на довжині хвилі 800 нм у плівок БР смуги поглинання відсутні, зміни відбивання на даній довжині хвилі будуть відображати зміни, які відбуваються за рахунок зовнішнього впливу, тобто перепади напруги в мережі живлення приладів, коливання температури та ін. Таким чином, розділивши значення величини відбивання на довжині хвилі 410 нм та 570 нм на значення величини відбивання на 800 нм ми можемо виключити небажані впливи на результат експерименту. На рис. 4 приведена динаміка відбивання в процесі додавання аміаку отримана в результаті такої обробки даних.

Алгоритм проведення експерименту наступний – спочатку в кювету напускали дистильовану воду, і після стабілізації

сигналу, додавали порції концентрованого розчину аміаку, для отримання потрібної концентрації розчину у камері. Для дослідження реакції плівки на поступове зменшення концентрації аміаку у розчині, використовували додавання дистильованої води.

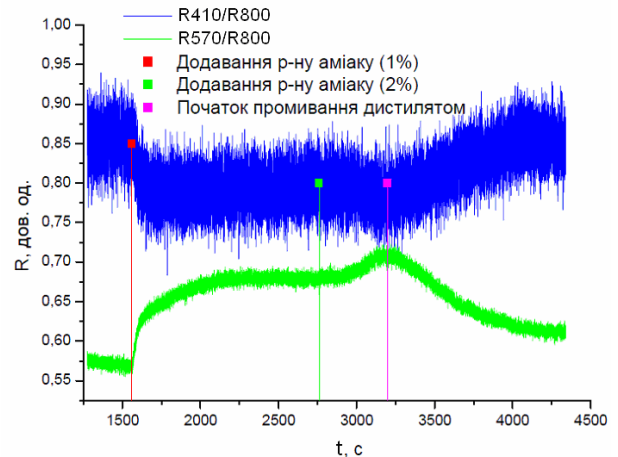


Рис. 4. Динаміка зміни відбивання плівки БР у матриці золь-гелю на торці оптичного волокна у процесі занурення у воду і додавання аміаку різних концентрацій.

Як видно з рис. 4, після додавання першої порції аміаку (загальна концентрація розчину в камері складала 1%) відбувається зростання відбивання на 570 нм і зменшення відбивання на 410 нм. Це можна пояснити тим, що наявність аміаку збільшує час життя інтермедіату  $M_{412}$ , що, в свою чергу, призводить до зростання кількості молекул які заходяться в проміжному стані і зменшення кількості молекул в основному стані. Звідси маємо зменшення інтенсивності поглинання (а значить зростання інтенсивності відбивання) на 570 нм. Обернений процес можна спостерігати на 410 нм. Після додавання другої порції аміаку – спостерігаємо аналогічний процес. Після промивання камери дистильованою водою спостерігається зворотній процес: інтенсивність відбивання на 570 нм зменшується а на 410 нм зростає. Даний процес свідчить про реверсивність процесів які проходять у плівці БР.

Параметри чутливого елемента на основі БР у матриці золь-гелю  $SiO_2$  та зміна їх значень під дією аміаку представлені в таблиці 1.

Таблиця 1

**Зміна значень параметрів чутливого елемента на основі БР у матриці золь-гелю SiO<sub>2</sub> під дією аміаку**

C(NH <sub>3</sub> ), %	R, %		λ <sub>мін</sub> , нм
	λ <sub>570</sub>	λ <sub>мін</sub>	
вода	5,39	5,348	562
1%	6,124	6,112	560
2%	6,992	6,756	541

Результати спектральних досліджень плівки наведено на рис. 5. Як видно з рис. 5, на 570 нм реєструється чітка смуга поглинання БР.

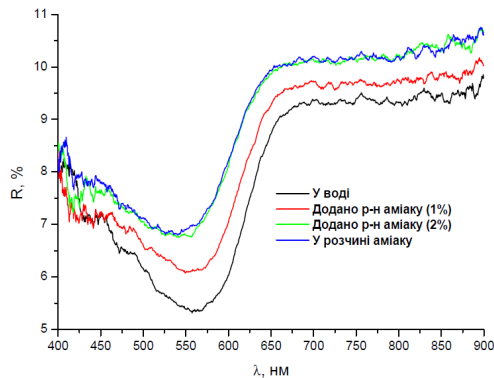


Рис. 5. Спектри відбивання для плівки БР у матриці золь-гелю на торці оптичного волокна у процесі напуску води, додавання аміаку з різними концентраціями та висушування.

При зануренні у воду та додаванні аміаку різних концентрацій реєструється зменшення смуги поглинання БР із зростанням концентрації аміаку у розчині (рис. 5). Також реєструється зсув максимуму поглинання у короткохвильову область приблизно на 20 нм. Після того, як розчин аміаку злили і плівка висохла смуга поглинання повернулася до вихідного положення, що дозволяє судити про реверсивність змін спричинених впливом аміаку.

**Висновки**

В результаті проведених досліджень встановлено, що плівки БР у золь-гельній матриці SiO<sub>2</sub> не руйнуються під дією води, чутливі до дії аміаку і мають хорошу реверсивність. В той же час хороша оптична якість таких плівок забезпечує достатню інтенсивність відбитого сигналу, що, в свою чергу, покращує чутливість сенсора, в якому використовується такий чутливий елемент.

**СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

1. Dorothy C.L., Bruce D., Jeffrey I.Z. Room temperature luminescence of silicate sol-gel materials containing trisodium Tris (dipicolinato) neodymate (III) // *Inorganic Chemistry*, 1996. – 35. – P. 2152–2154.
2. Weetall H. Retention of bacteriorhodopsin activity in dried sol-gel glass // *Biosensors & Bioelectronics*, 1996. – 11. - P.325–333.
3. Shuguang W.U., Ellerby L.M., Cohan J.S., Dunn B., El-Sayed M.A., Selverstone J., Zink J.I. Bacteriorhodopsin encapsulated in transparent sol-gel glass: A new biomaterial // *Chemistry of Materials*. – 1993. – 5. - P. 115–120.
4. Nakagawa T., Hamanaka T., Nishimura S., Uchida I., Mashimo T., Kito Y. The quantitative analysis of three action modes of volatile anesthetics on purple membrane // *Biochimica et Biophysica Acta*, 2000. – 1467. - P. 1390–149.
5. Korposh S.O., Sichka M.Y., Trikur I.I., Sharkany Y.P., Yang D.H., Lee S.W., Ramsden J.J. Films based on bacteriorhodopsin in sol-gel matrices // *Proc. SPIE* № 5956. - 2005. - P. 312-320.
6. Sharkany J.P., Korposh S.O., Batori-Tarci Z.I., Trikur I.I., Ramsden J.J. Bacteriorhodopsin-based biochromic films for chemical sensors // *Sensors Actuators B*. – 2005. – 107. – P. 70-81.
7. Шаркань Й.П., Рамсден Дж.Дж., Сакалош І.І., Січка М.Ю., Корпош С.О., Трикур І.І. Одержання та структурні особливості нанокompозитних плівок бактеріородопсин - квантові точки CdSe/ZnS-мікропористазоль-гельна матриця // *Фізика і хімія твердого тіла*. – 2010. – Т. 11. - № 1. - С. 170-175.
8. Сакалош І.І., Трикур І.І., Шаркань Й.П., Січка М.Ю., Корпош О.І., Цьома І.Й., Ярош В.В., Різак В.М. Одержання плівок бактеріородопсину в органічних та неорганічних матрицях на торці оптичного волокна // *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія Фізика*. – 2013. - Т. 34. - С. 230-235.

Стаття надійшла до редакції 27.12.2013

I.I. Sakalosh, I.I. Trikur, **J.P. Sharkany**, M.Y. Sichka, V.M. Rizak  
Uzhhorod National University, 88000, Uzhhorod, Voloshina Str., 54

## INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF AMMONIA ON THE SENSING ELEMENTS AT THE END OF Y- SHAPED FIBER-OPTIC SPLITTER

The investigation of aqueous ammonia solutions on the sensing element in the form of a bacteriorhodopsin film in a sol-gel matrix deposited directly on the end of the joint channel of a Y-shaped fiber-optic splitter has been carried out. It is shown that the obtained sensing elements are not destroyed by water, they are sensitive to ammonia and have good reversibility.

**Key words:** bacteriorhodopsin, purple membrane, sensor, optical fiber, reflection coefficient.

И.И. Сакалош, И.И. Трикур, **И.П. Шаркань**, М.Ю. Сичка, В.М. Ризак  
Ужгородский национальный университет, 88000, Ужгород, ул. Волошина, 54

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ АММИАКА НА ЧУВСТВИТЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ НА ТОРЦЕ У-ОБРАЗНОГО ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОГО РАЗВЕТВИТЕЛЯ

Проведено исследование влияния водных растворов аммиака на чувствительный элемент в виде пленки бактериородопсина в матрице золь-геля, нанесенной непосредственно на торец общего канала У-образного волоконно-оптического разветвителя. Показано, что полученные чувствительные элементы не разрушаются под действием воды, чувствительны к действию аммиака и обладают хорошей реверсивностью.

**Ключевые слова:** бактериородопсин, пурпурные мембраны, сенсор, оптическое волокно, коэффициент отражения.