

УДК 579:667.283.8

О. Ф. Рощенко, М. П. Дергачов, А. І. Вінніков

Дніпропетровський національний університет ім. Олесь Гончара

ВИВЧЕННЯ СПЕКТРІВ ЛЮМІНЕСЦЕНЦІЇ ЦИТОПЛАЗМАТИЧНОГО БАРВНИКА ПІРОНІН G, ІНФІЛЬТРОВАНОГО У ФОТОННИЙ КРИСТАЛ

Отримано спектри люмінесценції барвника піронін G у фотонному кристалі, в глицерині різних концентрацій. Показано, що зонна структура впливає на спектр випромінювання молекул барвника і це виражається у зменшенні інтенсивності люмінесценції в області фотонної стоп-зони. Ріст концентрації наповнювача синтетичного опалу призводить до зсуву максимуму спектра люмінесценції барвника піронін G нелінійно.

О. Ф. Рощенко, М. П. Дергачев, А. И. Винников

Днепропетровский национальный университет им. Олесь Гончара

ИЗУЧЕНИЕ СПЕКТРОВ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ ЦИТОПЛАЗМАТИЧЕСКОГО КРАСИТЕЛЯ ПИРОНИН G, ИНФИЛЬТРОВАННОГО В ФОТОННЫЙ КРИСТАЛЛ

Получены спектры люминесценции красителя пионин G в фотонном кристалле, в глицерине разных концентраций. Показано, что зонная структура влияет на спектр излучения молекул красителя и это выражается в уменьшении интенсивности люминесценции в области фотонной стоп-зоны. Рост концентрации наполнителя синтетического опала приводит к сдвигу максимума спектра люминесценции красителя пионин G нелинейно.

O. F. Roshchenko, M. P. Dergachov, A. I. Vinnikov

Oles' Gonchar Dnipropetrovs'k National University

STUDY OF LUMINESCENCE SPECTRA OF CYTOPLASMIC DYE PYRONIN G INFILTRATED INTO A PHOTONIC CRYSTAL

Luminescence spectra of the pyronin G dye in the photonic crystal in glycerol of different concentrations were obtained. It is shown that the band gap structure influences on an emanation spectrum of the dye molecules. It is expressed in a reduction of luminescence intensity in the photonic stop band. Rise of concentration of the synthetic opal filler results in the shift of a maximum of the luminescence spectrum of pyronin G dye nonlinearly.

Вступ

Явище люмінесценції щодня знаходить ширший спектр застосування. Як відомо, воно використовується для якісного та кількісного визначення багатьох біологічно важливих речовин, дозволяє отримати необхідну інформацію про фізико-хімічні властивості біологічних об'єктів у нормі та патології, дає контроль якості харчових продуктів, відображає рівень екологічного забруднення, збільшує діагностичні можливості в медицині, які суттєво зростають за рахунок флуоресцентних зондів, що

дає змогу візуально розпізнавати пухлини шкіри, трахей, бронхів, шлунково-кишкового тракту.

Перспективним у цьому напрямку є управління інтенсивністю спонтанного та індукованого випромінення атомів і молекул. Дослідження люмінесценції активних центрів, поміщених у фотонний кристал, не лише становлять фундаментальний інтерес, а й повинні викликати появу датчиків хімічного складу розчинів, широкого спектра нових унікальних оптичних елементів, таких як високоефективні світлодіоди, низькопорогові лазери, оптичні ячейки пам'яті, хвилеводи, фотонно-кристалічні процесори [10].

Фотонний кристал – просторово упорядкована система зі строго періодичною модуляцією діелектричної проникності (строго періодичною зміною коефіцієнта заломлення в масштабах, які можна співставити з довжиною хвилі випромінення у видимому та ближньому інфрачервоному діапазонах) [1; 5]. Ключовою вимогою до них є періодичність структури на нано- та мікрорівні.

Фотонні кристали завдяки періодичній зміні коефіцієнта заломлення дозволяють отримати дозволені та заборонені зони для енергій фотонів [12]. Іншими словами, фотонний кристал виконує роль оптичного фільтра [3].

Мета даної роботи – встановити вплив наповнювача на спектр випромінювання цитоплазматичного барвника піронін *G*, що дасть нові знання про поліпшення властивостей фотонних кристалів й, у перспективі, сприятиме підвищенню ефективності джерел світла.

Матеріал і методи досліджень

Для проведення експерименту використали цитоплазматичний барвник піронін *G*, який належить до групи флуоресцентних барвників і знайшов широке використання в люмінесцентній мікроскопії ботанічних, зоологічних, мікробіологічних об'єктів. Цитоплазматичні барвники можуть фарбувати специфічні структури клітин і тканин, таких як колаген, не змінюючи функцій клітин (вітальні барвники). Також барвник піронін *G* – високоефективний люмінофор і часто використовується в лазерах на барвниках [5; 6]. Спектр флуоресценції потрапляє у стоп-зону об'ємного синтетичного опалу, а довжина хвилі випромінення діода якраз потрапляє до смуги поглинання піроніну *G*.

Ці факти і стали вирішальними при виборі речовини для інфільтрації у фотонний кристал. Інфільтрацію проводили шляхом промочування опалів у розчині піроніну *G* у гліцерині. Після цього зразки просушували. Інфільтрація змінила забарвлення зразків із білого на червоний. Далі послідовно знімався спектр фотолюмінесценції барвника піронін *G*, який містився в порах кристалів.

Для отримання спектрів фотолюмінесценції фотонних кристалів на основі синтетичних плівкових опалів зібрано установку. Як освітлювач використовували потужне зелене світло, яке падало на зразок під кутом 45° , а відбите від зразка – фокусувалось на вхідну щілину подвійного монохроматора спектрометра ДФС-12. Лінза діаметром 4 см розташовувалась на відстані двох фокусних відстаней від зразка у напрямку розповсюдження світла. Вхідна щілина ДФС-12 містилась на оптичній осі з іншого боку лінзи на відстані двох фокусних відстаней від неї.

Реєстрація сигналу на виході спектрального приладу відбувалась за допомогою фотоелектричного перетворювача ФЭУ-79. Режим реєстрації – рахування фотонів із накопиченням. Отримані спектри обробляли за допомогою програми MicroCal Origin 7.0[®].

Результати та їх обговорення

На першому етапі необхідно здійснити оптичну характеристику зразків. Для цього отримали спектр пропускання зразка первинного синтетичного опалу у спектральному інтервалі 380–650 нм, ширина стоп-зони перебуває в межах 520–580 нм. Наступний отриманий спектр – спектр пропускання фотонного кристала після інфільтрації лазерним барвником піронін *G* (рис. 1).

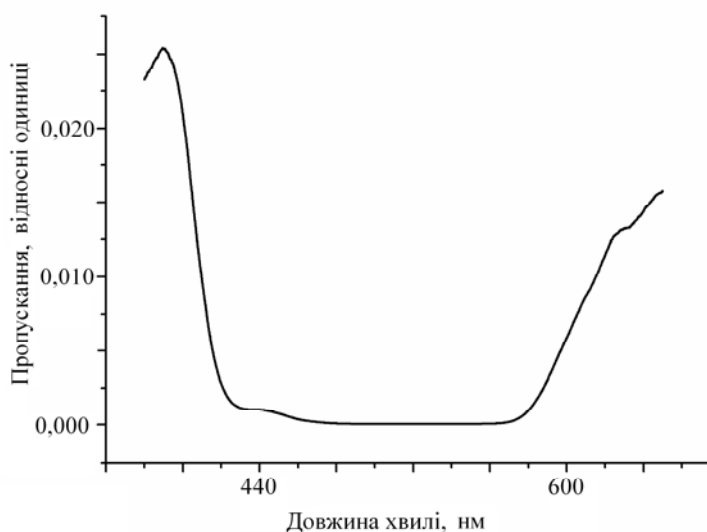


Рис. 1. Спектр пропускання фотонного кристала після інфільтрації барвником піронін *G*

Даний спектр має значно ширшу ширину стоп-зони (440–560 нм). Це свідчить про те, що лазерний барвник піронін *G* увійшов до фотонного кристала й область розширення спектра потрапляє до області власного поглинання барвника піронін *G*.

Наступний крок – отримання спектрів випромінювання барвника піронін *G* у спирті та після інфільтрації у фотонний кристал зі спирту (рис. 2).

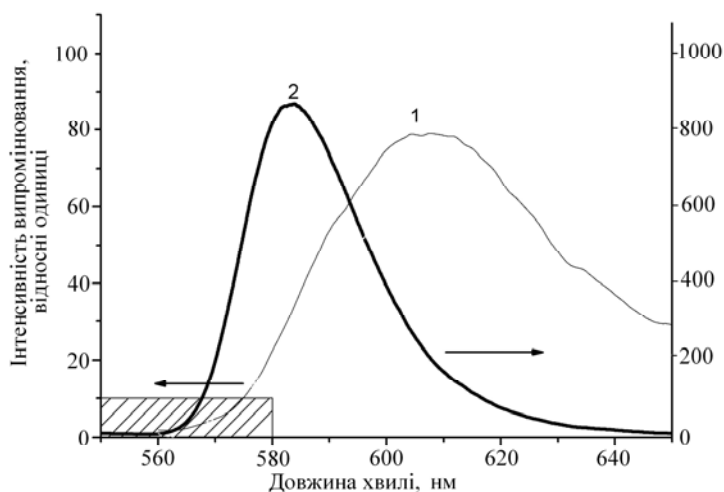


Рис. 2. Спектр інтенсивності випромінювання піроніну *G* у спирті (1) та піроніну *G* у фотонному кристалі зі спирту (2)

Положення стоп-зони фотонного кристала потрапляє до максимуму спектра випромінювання барвника піронін G . Після інфільтрації у фотонний кристал спектр випромінювання дещо змінився. Ліве «крило» значно зменшилося за інтенсивністю, а праве, навпаки, збільшилося. Це свідчить про те, що випромінювання, яке потрапило до стоп-зони кристала, не проходить крізь неї. Отже, однозначно можна сказати, що стоп-зона впливає на спектри люмінесценції.

Далі вивчали спектри люмінесценції в умовах різного діелектричного контрасту. Для цього зразки поміщали у водний розчин гліцерину різних концентрацій. Лінійної залежності від концентрації не спостерігалось. Щоб підтвердити, що стоп-зона змінює своє положення, дослідили спектри пропускання синтетичних опалів із барвником піронін G , розчиненим у гліцерині різних концентрацій (рис. 3).

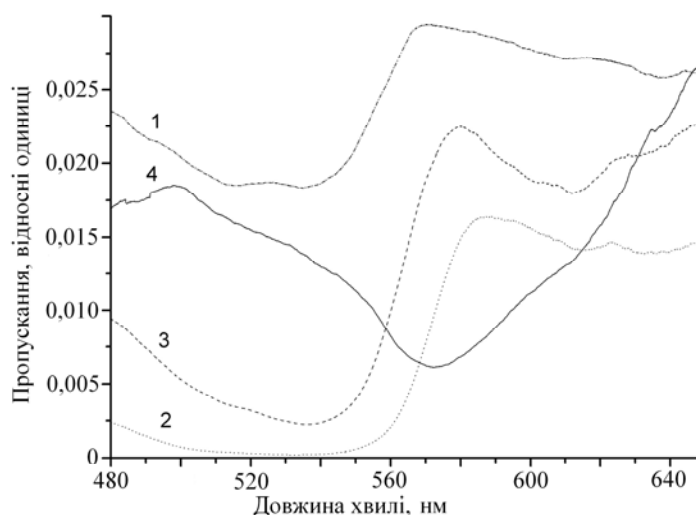


Рис. 3. Спектри пропускання опалів за різних концентрацій гліцерину:
1 – гліцерин 100 %, 2 – гліцерин 60 %, 3 – гліцерин 40 %, 4 – “чистий” опал

Зі зростанням концентрації гліцерину глибина провалу стоп-зони зменшується, сама ж зона рухається в довгохвильову область.

Висновки

Встановлено вплив фотонної зонної структури на спектр випромінювання молекул барвника піроніну G , що виражається у зменшенні інтенсивності люмінесценції в області фотонної стоп-зони та зсуві максимуму випромінювання у довгохвильову область.

Зміна концентрації гліцерину в синтетичних опалах призводить до зсуву максимуму спектра фотолюмінесценції піроніну G , характер якого не можна пояснити тільки ефектами розчинника або зсувом фотонної стоп-зони. Змінюючи наповнення фотонного кристала, можна керувати спектром спонтанного випромінювання. Це дасть змогу суттєво підвищити ефективність флуоресцентного аналізу біологічних структур.

Бібліографічні посилання

1. **Васильєв В. Н.** Оптический компьютер и фотонные кристаллы / В. Н. Васильев, В. Г. Беспалов // Информационные технологии. – 2007. – С. 88–107.
2. **Горелик В. С.** Необратимые процессы в природе и технике // Квантовая электроника. – 2007. – Т. 37, № 5. – С. 409–432.

3. **Горелик В. С.** Свечение глобулярных фотонных кристаллов при ультрафиолетовом возбуждении / В. С. Горелик, А. А. Есаков, А. Б. Фадюшин // Краткие сообщения по физике: ФИАН. – 2006. – № 14. – 14 с.
4. **Калитиевский М. А.** Фотонные кристаллы – будущее вычислительной техники / М. А. Калитиевский, В. В. Николаев, Р. А. Abram // Физика твердого тела. – 2005. – Т. 47, № 10. – С. 1871–1881.
5. **Кособукин В. А.** Фотонные кристаллы // Окно в микромир. – 2002. – № 4. – С. 12–19.
6. **Романов С. Г.** Оптические аналоги электронных полупроводников / С. Г. Романов, А. В. Фокин // Физика твердого тела. – 2003. – Т. 45, № 3. – С. 419–423.
7. **Физика** и техника полупроводников / Г. А. Емельченко, А. Н. Грузинцев, М. Н. Ковальчук и др. // Физика твердого тела. – 2005. – Т. 39, № 11. – С. 1375–1379.
8. **Ярив А.** Оптические волны в кристаллах / А. Ярив, П. Юх. – М.: Мир, 1987. – 616 с.
9. **Bechger L.** Photonic and meta materials group / L. Bechger, P. Lodahl, W. Vos // Physica and Chemistry. – 2005. – Vol. B109. – P. 9980–9988.
10. **Kramer B.** Photonic crystals: optical materials for the 21st century // Adventure in Solid State Physica. – 2002. – Vol. 3, N 4. – P. 42–53.
11. **Rosenberg A.** Photonic crystals: intensity-depended transmission protects sensors / A. Rosenberg, J. Shirk // Laser Focus World. – 2000. – Vol. 36. – P. 121–128.
12. **Yablonovitch E.** Photonic band-gap structures / E. Yablonovitch // Optical Society of America. – 1993. – Vol. 10, № 2. – P. 283–294.

Надійшла до редколегії 23.11.2009