

ISSN 1028-821X. Radiofiz. Electron. 2020. Vol. 26, No. 3: 24–29

DOI: <http://doi.org/10.15407/rej2021.03.024>

УДК 532.372; 535.373.2; 535.343.826

С.В. Ніколаєв, В.В. Пожар, М.І. Дзюбенко, К.С. Ніколаєв

Інститут радіофізики та електроніки ім. О.Я. Усикова НАН України

12, вул. Акад. Проскури, Харків, 61085, Україна

E-mail: svnikolaev@gmail.com

Активні середовища на основі поліуретану, допованого бінарною сумішшю барвників

Предмет і мета роботи. Статтю присвячено вивченню спектрально-люмінесцентних і генераційних характеристик випромінювання твердотільних активних середовищ на основі поліуретану, активованого бінарною сумішшю барвників. Метою цих досліджень є демонстрація можливості розширення спектрального діапазону випромінювання твердотільних лазерів на барвниках з поліуретановими активними елементами.

Методи і методологія роботи. Для вирішення поставленої задачі були виготовлені зразки поліуретанових активних середовищ з однаковою концентрацією донора (Родаміну 6G) і різними концентраціями акцептора (Сульфородаміну 101), експериментально вивчені їх спектрально-люмінесцентні та генераційні характеристики.

Результати роботи. Виміряно основні спектроскопічні характеристики Родаміну 6G і Сульфородаміну 101 в поліуретані, оцінено параметри безвипромінювального перенесення енергії в цій молекулярній парі. Продемонстровано, що шляхом добору відносної концентрації барвників у суміші можна цілеспрямовано трансформувати спектр генерації матриць. У широкопasmовому резонаторі, залежно від концентрації акцептора, спостерігалася однопasmова або двопasmова генерація з різним положенням і різною інтенсивністю спектральних смуг. За тих же умов діапазон перестроювання спектра генерації в дисперсійному резонаторі розширювався і зміщувався в бік довгих хвиль.

Висновок. Підтверджено перспективність використання донорно-акцепторних сумішей барвників для вдосконалення спектральних характеристик лазерних активних елементів на основі поліуретану. Показано, що визначальним чинником у формуванні характеристик випромінювання цих середовищ є ефект перенесення енергії збудження між молекулами барвників. Отримано лазерну генерацію на поліуретанових матрицях з перестроюваним за довжиною хвилі випромінюванням від зеленої до червоної області спектра. Іл. 5. Табл. 1. Бібліогр.: 14 назв.

Ключові слова: твердотільний лазер на барвниках, поліуретанове активне середовище, суміш барвників, перенесення енергії.

Для багатьох практичних застосувань, таких, наприклад, як лазерна спектроскопія, біомедичні технології, лазерне зондування і дистанційний контроль різних середовищ, потрібні компактні та безпечні джерела перестроюваного за довжиною хвилі лазерного випромінювання. У найближчій перспективі такими джерелами мають стати твердотільні лазери на барвниках (ТЛБ). Попри те, що останніми роками досягнуті значні успіхи в галузі розробки ТЛБ, дослідження в цьому напрямі залишаються актуальними. Головна увага в цих дослідженнях зосереджена на створенні нових і вдосконаленні існуючих твердотільних активних

середовищ (АС), оскільки саме властивості активного середовища значною мірою визначають характеристики ТЛБ.

Одним з можливих способів поліпшення генераційних характеристик ТЛБ є використання для створення твердотільних АС сумішей барвників, між молекулами яких можливе перенесення енергії збудження по донорно-акцепторному механізму. Підтвердженням тому можуть служити результати робіт [1–11], де повідомлялося про синтез та дослідження твердотільних АС, активованих бінарними сумішами барвників, які дозволили розширити спектральний діапазон випромінювання і під-

вищити ефективність лазерної генерації ТЛБ. В якості твердої основи АС в цих роботах були використані склоподібні середовища різного складу, синтезовані за золь-гель технологією, а також прозорі органічні полімери: полівініловий спирт і поліметилметакрилат.

У цій роботі досліджено можливість створення поліуретанових АС, активованих донорно-акцепторною сумішшю барвників. Для створення твердої основи використовувалася промисловий поліуретановий компаунд *Crystal Clear 204 (Smooth-On, США)*, а в якості компонентів суміші були обрані барвники Родамін 6G (Р6G) і Сульфородамін 101 (Ср101). Кожен з цих барвників окремо вже успішно застосовувався для активації поліуретанових АС [12].

1. Методика досліджень. З метою вирішення поставленої задачі були експериментально вивчені спектрально-люмінесцентні та генераційні характеристики поліуретанових АС, активованих донорно-акцепторною сумішшю барвників. Особливу увагу приділено дослідженню впливу на ці характеристики концентрації акцептора.

Для проведення експериментів були виготовлені два набори поліуретанових матриць. До наборів входило по вісім матриць на основі зразків АС з різною концентрацією компонентів донорно-акцепторної суміші барвників. Матриці в одному з наборів являли собою плоско-паралельні прямокутні пластинки завтовшки ~ 1 мм і призначалися для спектрально-люмінесцентних вимірювань. Цей набір був доповнений матрицею з незабарвленого поліуретану, відносно якої реєструвалися спектри поглинання. До другого набору входили циліндричні матриці завдовжки 12 мм і діаметром 20 мм, що використовувалися в якості лазерних активних елементів. В обох наборах матриці № 1 містили тільки 0,2 мМ Р6G. Матриці №№ 2...7 активувалися сумішшю барвників. У них концентрація Р6G була однаковою і рівною 0,2 мМ, а концентрація Ср101 відповідно складала 0,003 мМ, 0,006 мМ, 0,0125 мМ, 0,025 мМ, 0,05 мМ і 0,1 мМ. Матриці № 8 містили тільки 0,1 мМ Ср101.

Вимірювання спектрів поглинання і люмінесценції проводилися на спектрометричному комплексі КСВУ-23. Збудження люмінесценції здійснювалося через передню грань плаского

зразка випромінюванням твердотілого лазера з довжиною хвилі 532 нм. Отримані дані використовувалися для визначення основних спектроскопічних характеристик Ср101 і Р6G в поліуретані *Crystal Clear 204*, а також для оцінки параметрів, що характеризують ефективність перенесення енергії в середовищах на сумішах цих барвників.

Дослідження спектральних та енергетичних характеристик лазерного випромінювання матриць проводилися як в широкосмуговому, так і в дисперсійному резонаторах.

Широкосмуговий резонатор ТЛБ завдовжки 40 мм був утворений дзеркалами з коефіцієнтами відбивання 0,98 і 0,65. Дослідження передбачали вимірювання загальної енергії генерації АС, енергії генерації в смузі випромінювання кожного барвника і реєстрацію спектрів лазерного випромінювання. Для вимірювань енергії довгохвильової компоненти випромінювання застосовувався світлофільтр КС-10.

У ТЛБ з дисперсійним резонатором для звуження і перестроювання спектра генерації замість «глухого» дзеркала використовувалися дифракційна решітка з 1 200 штр./мм, встановлена в автоколімаційному режимі.

Збудження лазерної генерації здійснювалося за поперечною схемою випромінюванням рідинного лазера на барвнику із спектральним максимумом на довжині хвилі 520 нм. Енергія імпульсу накачування дорівнювала 180 мДж, а тривалість складала ~ 2 мкс за половиною інтенсивності. Енергії накачування і генерації поліуретанових матриць вимірювалися калориметричними вимірювачами ИМО-2Н. Спектри генерації спостерігалися з використанням спектрографа на базі камери УФ-90 з дифракційною решіткою 1 200 штр./мм і реєструвалися за допомогою цифрової фотокамери.

2. Спектрально-люмінесцентні характеристики АС. Виміряні спектри поглинання та люмінесценції Ср101 і Р6G в поліуретані *Crystal Clear 204* показані на рис. 1, а в таблиці наведені основні спектроскопічні характеристики цих середовищ: λ_{ab} і λ_{em} — довжини хвиль максимумів смуг поглинання і люмінесценції, відповідно; ϵ_{max} — величина максимуму молярного коефіцієнта екстинкції; q — квантовий вихід люмінесценції; τ — тривалість збудженого стану.

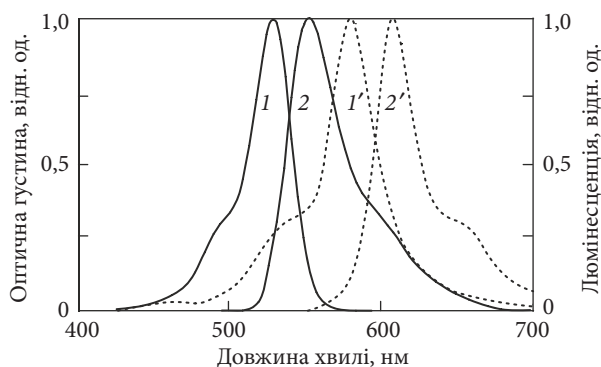


Рис. 1. Нормовані спектри поглинання (криві 1, 1') і люмінесценції (криві 2, 2') барвників Р6G (криві 1, 2) і Cr101 (криві 1', 2') в поліуретані *Crystal Clear 204*

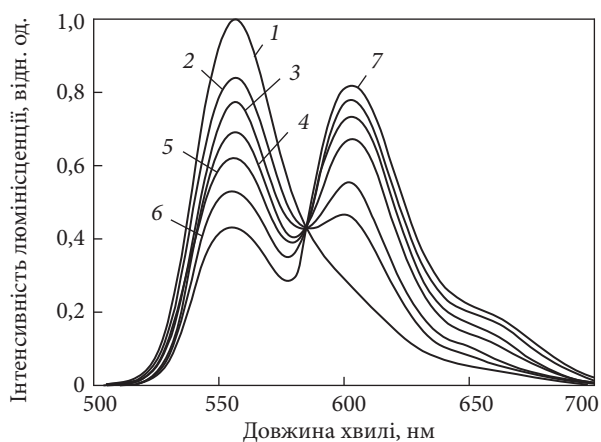


Рис. 2. Спектри люмінесценції зразків АС з різною концентрацією Cr101 (криві 1—7 відповідають зразкам 1—7)

Спектральні параметри Р6G і Cr101 в поліуретані

Параметр	Барвник	
	Р6G	Cr 101
λ_{ab} , нм	536	579
λ_{em} , нм	554	588
ϵ_{max} , $M^{-1} \cdot l \cdot cm^{-1}$	$7,4 \cdot 10^4$	$7,98 \cdot 10^4$
q	0,96	0,98
τ , нс	4,48	5,4

Квантові виходи люмінесценції барвників у поліуретані вимірювалися відносним методом з використанням в якості референтного зразка етанольного розчину Родаміну 6G [13], а для оцінки тривалості збудженого стану застосовувалася формула Стріклера—Берга [14].

Наведені на рис. 1 спектри демонструють наявність перекриття спектра поглинання Cr101 із спектром люмінесценції Р6G, що є обов'язковою умовою для реалізації перенесення

енергії збудження в донорно-акцепторній парі молекул. Це стосується як нерадіаційного (індуктивно-резонансного), так і радіаційного перенесення, які, в загальному випадку, відбуваються одночасно. Оцінкою міри перекриття спектрів є інтеграл перекриття:

$$J = \int_0^{\infty} f(\lambda)\epsilon(\lambda)\lambda^4 d\lambda,$$

де $f(\lambda)$ — функція, що представляє спектр люмінесценції молекул барвника, нормована так, що $\int_0^{\infty} f(\lambda)d\lambda = 1$. Разом з інтегралом перекриття, важливою характеристикою, від якої залежить швидкість індуктивно-резонансного перенесення енергії в донорно-акцепторній парі молекул, є критичний радіус перенесення R_0 (радіус Ферстера):

$$R_0 = 9,79 \cdot 10^3 (\kappa^2 n^{-4} q_d J)^{1/6} (\text{Å}).$$

Тут орієнтаційний чинник $\kappa^2 = 2/3$, n — показник заломлення середовища, q_d — квантовий вихід люмінесценції донора. Для досліджуваних середовищ отримані такі величини параметрів перенесення: $J = 3,8 \cdot 10^{-13} M^{-1} \cdot cm^{-3}$ $R_0 = 59,05 \text{ Å}$. Значна величина R_0 зумовлює можливість нерадіаційного перенесення енергії збудження, обумовленого диполь-дипольною взаємодією між молекулами донора та акцептора.

Вплив нерадіаційного перенесення енергії на спектри люмінесценції АС з різними концентраціями акцептора ілюструє рис. 2. Про перенесення енергії свідчить гасіння люмінесценції донора зі збільшенням концентрації акцептора.

Кількісною характеристикою цього процесу є ефективність перенесення енергії збудження $E = 1 - I_{DA}/I_D$, де I_{DA} і I_D є інтенсивності люмінесценції донора за наявності та у відсутності акцептора, відповідно. Вимірювання показали, що зі збільшенням концентрації Cr101 в АС значення ефективності перенесення зростає від 0,1 у зразку № 2 до 0,37 у зразку № 7.

3. Характеристики лазерного випромінювання АС. Еволюцію спектра генерації ТЛБ з ширококутовим резонатором при зміні концентрації акцептора в поліуретановій АС показано на рис. 3. Видно, що генерація в смузі Cr101 виникала вже при найменшій його концентрації в суміші. Доки концентрація Cr101

не перевищувала 0,025 мМ, у спектрі випромінювання спостерігалися дві смуги.

Короткохвильова смуга обумовлена випромінюванням донора, а довгохвильова — випромінюванням акцептора. Зі збільшенням концентрації Ср101 спектр його генерації розширювався і зміщувався в бік довгих хвиль, а спектр випромінювання Р6G звужувався і зсувався у бік коротких хвиль. При цьому енергія генерації в довгохвильовій смузі зростала, а в короткохвильовій — знижувалася, аж до повного зникнення. Відповідні залежності енергії генерації в кожній із смуг, а також загальної енергії генерації АС від концентрації Ср101 наведені на рис. 4.

Принципово важливо, що генерація в спектральній смузі Ср101 виникала тільки в АС з сумішами барвників, а в матриці № 8, що містить «чистий» Ср101 з максимальною концентрацією, поріг генерації не досягався. Це вказує на визначальну роль ефекту перенесення енергії. При цьому в АС з малою концентрацією Ср101 переважає радіаційне перенесення енергії, а в зразках з великою концентрацією акцептора домінуючим стає нерадіаційне перенесення.

Наведені результати наочно демонструють, що шляхом добору відносної концентрації барвників у суміші можна трансформувати спектр випромінювання середовища. Це, у свою чергу, дозволяє міняти діапазон перестроювання довжини хвилі випромінювання ТЛБ. Ця можливість була реалізована при використанні дисперсійного резонатора з дифракційною решіткою. Характер зміни діапазону перестроювання спектра генерації активних елементів з різним вмістом Ср101 у суміші (зразки № 2, № 3 і № 7) порівняно з діапазоном перестроювання середовища на «чистому» Родаміні 6G (зразок № 1) демонструє рис. 5. Видно, що при додаванні найменшої кількості Ср101 (матриця № 2) діапазон перестроювання помітно розширювався у бік довгих хвиль, залишаючись практично безперервним від зеленої до червоної ділянок спектра.

При подвоєнні концентрації Ср101 (матриця № 3) довгохвильова межа діапазону перестроювання ще більше зміщувалася в червону область, але при цьому сам діапазон поділявся на дві смуги — зелену та оранжево-червону. Подальше збільшення концентрації Ср101 при-

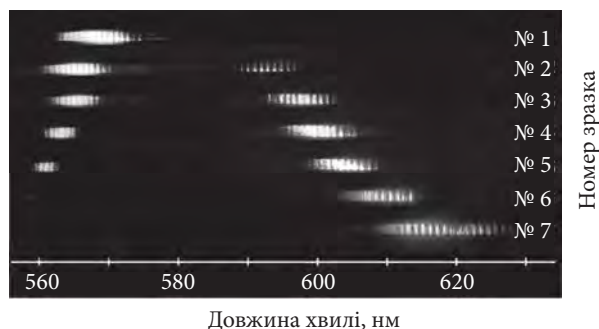


Рис. 3. Спектри генерації матриць з різними концентраціями Сульфородаміну 101

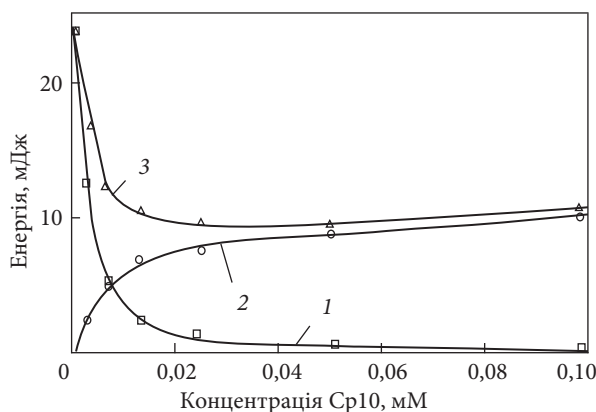


Рис. 4. Графіки залежності енергії генерації окремих компонентів суміші та загальної енергії генерації АС від концентрації Сульфородаміну 101: крива 1 — Р6G, крива 2 — Ср101, крива 3 — загальна енергія генерації

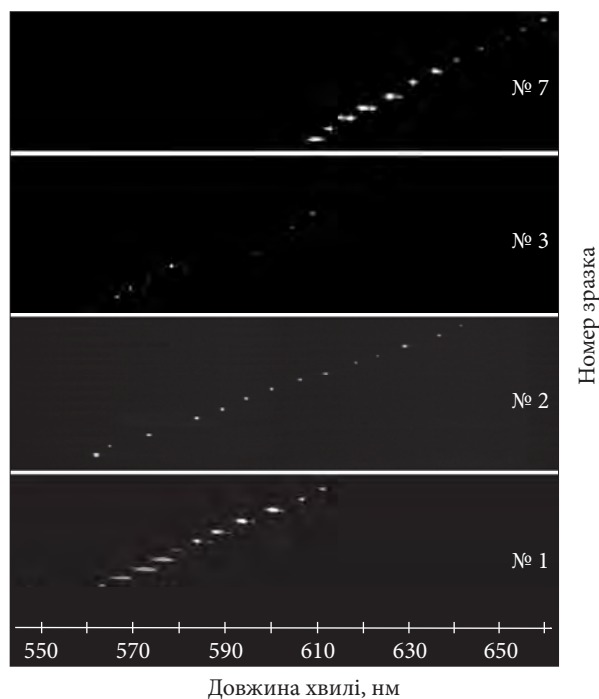


Рис. 5. Перестроювання спектрів генерації лазерних матриць з різним вмістом Сульфородаміну 101

зводило до подальшого довгохвильового змищення діапазону перестроювання спектра випромінювання. За максимальної концентрації Ср101 (матриця № 7) весь діапазон перестроювання спектра генерації опинився в спектральній смузі випромінювання акцептора.

Висновки. У роботі досліджено спектрально-люмінесцентні та генераційні характеристики поліуретанових активних середовищ на суміші барвників Родамін 6G і Сульфородамін 101, між молекулами яких можливе донорно-акцепторне перенесення енергії збудження. Дослідження щодо впливу на ці характеристики концентрації акцептора проводилися на зразках поліуретанових активних середовищ з однаковим вмістом донора (Р6G) і різними концентраціями акцептора (Ср101).

Виміряно основні спектроскопічні характеристики кожного з барвників у поліуретані, оцінено параметри безвипромінювального перенесення енергії в цій молекулярній парі. Показано, що саме ефект нерадіаційного перенесення енергії є визначальним чинником у формуванні спектрів люмінесценції середовищ на сумішах барвників.

Вивчено спектральні та енергетичні характеристики лазерного випромінювання поліуретанових матриць у широкосмуговому і дисперсійному резонаторах. У широкосмуговому резонаторі, внаслідок ефекту перенесення енергії, спостерігалася двосмугова або односмугова генерація з різним положенням і різною інтенсивністю спектральних смуг. Зроблено висновок, що в АС з малою концентрацією Ср101 переважає радіаційне перенесення енергії, а при збільшенні концентрації акцептора зростає роль нерадіаційного перенесення. За таких самих умов діапазон перестроювання спектра генерації в дисперсійному резонаторі розширювався і зміщувався в бік довгих хвиль. Цим продемонстровано, що шляхом добору відносної концентрації барвників у суміші можна забезпечити перестроювання спектра лазерного випромінювання поліуретанових матриць від зеленої до червоної області. Таким чином, результати роботи підтвердили перспективність використання донорно-акцепторних сумішей барвників для вдосконалення спектральних характеристик поліуретанових активних елементів для твердотільних лазерів на барвниках.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Alvarez M., Amat-Guerri F., Costela A., Garcia-Moreno I., Liras M., Sastre R. Laser emission from mixtures of dipyrromethene dyes in liquid solution and in solid polymeric matrices. *Opt. Commun.* 2006. Vol. 267, Iss. 2. P. 469–479. DOI: 10.1016/j.optcom.2006.06.059.
2. Yang Y., Lin G., Juan Z., Wang Zh., Wang M., Qian G. Enhanced laser performances based on energy transfer in multi-dyes co-doped solid media. *Opt. Commun.* 2007. Vol. 277, Iss. 1. P. 138–142. DOI: 10.1016/j.optcom.2007.04.055.
3. Sessa Bamini N., Ramalingam A., Gowri V.S., Rekha R.K. Spectral and laser studies on energy transfer binary dye-doped polymer laser rods. *J. Mod. Opt.* 2008. Vol. 55, Iss. 18. P. 2911–2928. DOI: <https://doi.org/10.1080/09500340802267175>.
4. Khader M.A. Lasing characteristics of Rhodamine B and Rhodamine 6G as a sensitizer in sol-gel silica. *Opt. Laser Technol.* 2008. Vol. 40, Iss. 3. P. 445–452. DOI: 10.1016/j.optlastec.2007.07.008.
5. Wang G.M., Zhang Z.H. Solid-state dye lasers based on PMMA co-doped with PM597 and PM650. *Laser Phys.* 2011. Vol. 21, Iss. 6. P. 981–984. DOI: 10.1134/S1054660X11110302.
6. Yang Y., Lin G., Xu H., Cui Y., Wang Zh., Qian. G. Energy transfer mechanisms among various laser dyes co-doped into gel glasses. *Dyes Pigm.* 2013. Vol. 96, Iss. 1. P. 242–248. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dyepig.2012.08.013>.
7. Chiad B.T., Kadhim F.J., Sadik Z.S., Mahdy D.K., Hameed M.A., Abdullah E.A. Energy Transfer of Rhodamine110-Oxazine1 Mixtures Encapsulated in Glass Like Silica Xerogel Matrices. *J. Mater. Sci. Eng. A.* 2013. Vol. 3, Iss. 4. P. 249–255.
8. Li Xiaohui, Fan Rongwei, Yu Xin, Chen Deying. Investigation of energy transfer between PM567:Rh610 dye mixture in modified poly (methyl methacrylate). *J. Lumin.* 2014. Vol. 145. P. 202–207. DOI: 10.1016/j.jlumin.2013.07.039.
9. Alkallas F.H., Al-Rebdi T.A., Masilamani V. Photophysics of Energy Transfer Between Rh 6G and Oxz 9 Dyes in New Solid Matrices. *Sens. Transducers.* 2018. Vol. 226, Iss. 10. P. 62–70.
10. Geethu Mani R.G., Basheer Ahamed M. Energy transfer studies for the liquid and solid state materials of Rhodamine B and Styryl 7 Dye. *Optik.* 2018. Vol. 154. P. 566–575. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijleo.2017.10.078>.
11. Al-Shamiri H.A.S., Khedr M.A., Sabry M.M. Energy transfer and photostability of Rh-6G and Rh-B doped in polyacrylamide polymer. *Optik.* 2019. Vol. 182. P. 716–726. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijleo.2019.01.082>.
12. Nikolaiev S.V., Pozhar V.V., Dzyubenko M.I., Nikolaiev K.S. Solid active media for tunable lasers based on dye-doped polyurethanes. *Telecommunications and Radio Engineering.* 2019. Vol. 78, Iss. 8. P. 725–741. DOI: 10.1615/TelecomRadEng.v78.i8.80.
13. Brouwer A.M. Standards for photoluminescence quantum yield measurements in solution. *Pure Appl. Chem.* 2011. Vol. 83, Iss. 12. P. 2213–2228. DOI: 10.1351/PAC-REP-10-09-31.

14. Strickler S.J., Berg R.A. Relationship between Absorption Intensity and Fluorescence Lifetime of molecules. *J. Chem. Phys.* 1962. Vol. 37, Iss. 4. P. 814–822. DOI: 10.1063/1.1733166.

Стаття надійшла 19.05.2021

REFERENCES

- Alvarez, M., Amat-Guerri, F., Costela, A., Garcia-Moreno, I., Liras, M., Sastre, R., 2006. Laser emission from mixtures of dipyrromethene dyes in liquid solution and in solid polymeric matrices. *Opt. Commun.*, **267**(2), pp. 469–479. DOI: 10.1016/j.optcom.2006.06.059.
- Yang, Y., Lin, G., Juan, Z., Wang, Zh., Wang, M., Qian, G., 2007. Enhanced laser performances based on energy transfer in multi-dyes co-doped solid media. *Opt. Commun.*, **277**(1), pp. 138–142. DOI: 10.1016/j.optcom.2007.04.055.
- Sesha Bimini, N., Ramalingam, A., Gowri, V.S., Rekha, R.K., 2008. Spectral and laser studies on energy transfer binary dye-doped polymer laser rods. *J. Mod. Opt.*, **55**(18), pp. 2911–2928. DOI: <https://doi.org/10.1080/09500340802267175>.
- Khader, M.A., 2008. Lasing characteristics of Rhodamine B and Rhodamine 6G as a sensitizer in sol-gel silica. *Opt. Laser Technol.*, **40**(3), pp. 445–452. DOI: 10.1016/j.optlastec.2007.07.008.
- Wang, G.M., Zhang, Z.H., 2011. Solid-state dye lasers based on PMMA co-doped with PM597 and PM650. *Laser Phys.*, **21**(6), pp. 981–984. DOI: 10.1134/S10546660X11110302.
- Yang, Y., Lin, G., Xu, H., Cui, Y., Wang, Zh., Qian, G., 2013. Energy transfer mechanisms among various laser dyes co-doped into gel glasses. *Dyes Pigm.*, **96**(1), pp. 242–248. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dyepig.2012.08.013>.
- Chiad, B.T., Kadhim, F.J., Sadik, Z.S., Mahdy, D.K., Hameed, M.A., Abdullah, E.A., 2013. Energy Transfer of Rhodamine110-Oxazine1 Mixtures Encapsulated in Glass Like Silica Xerogel Matrices. *J. Mater. Sci. Eng. A.*, **3**(4), pp. 249–255.
- Li, Xiaohui, Fan, Rongwei, Yu, Xin, Chen, Deying, 2014. Investigation of energy transfer between PM567:Rh610 dye mixture in modified poly (methyl methacrylate). *J. Lumin.*, **145**, pp. 202–207. DOI: 10.1016/j.jlumin.2013.07.039.
- Alkallas, F.H., Al-Rebdi, T.A., Masilamani, V., 2018. Photophysics of Energy Transfer Between Rh 6G and Oxz 9 Dyes in New Solid Matrices. *Sens. Transducers*, **226**(10), pp. 62–70.
- Geethu Mani, R.G., Basheer Ahamed, M., 2018. Energy transfer studies for the liquid and solid state materials of Rhodamine B and Styryl 7 Dye. *Optik*, **154**, pp. 566–575. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijleo.2017.10.078>.
- Al-Shamiri, H.A.S., Khedr, M.A., Sabry M.M., 2019. Energy transfer and photostability of Rh-6G and Rh-B doped in polyacrylamide polymer. *Optik*, **182**, pp. 716–726. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijleo.2019.01.082>.
- Nikolaiev, S.V., Pozhar, V.V., Dzyubenko, M.I., Nikolaiev, K.S., 2019. Solid active media for tunable lasers based on dye-doped polyurethanes. *Telecommunications and Radio Engineering*, **78**(8), pp. 725–741. DOI: 10.1615/TelecomRadEng.v78.i8.80.
- Brouwer, A.M., 2011. Standards for photoluminescence quantum yield measurements in solution. *Pure Appl. Chem.*, **83**(12), pp. 2213–2228. DOI: 10.1351/PAC-REP-10-09-31.
- Strickler, S.J., Berg, R.A., 1962. Relationship between Absorption Intensity and Fluorescence Lifetime of molecules. *J. Chem. Phys.*, **37**(4), pp. 814–822. DOI: 10.1063/1.1733166.

Received 19.05.2021

S.V. Nikolaiev, V.V. Pozhar, M.I. Dzyubenko, K.S. Nikolaiev

O.Ya. Usikov Institute for Radiophysics and Electronics of NASU
12, Acad. Proskury St., Kharkiv, 61085, Ukraine

ACTIVE MEDIA BASED ON POLYURETHANE DOPED WITH A BINARY DYE MIXTURE

Subject and Purpose. The article is concerned with the spectral-luminescent and lasing characteristics of the radiation from solid-state active media based on polyurethane activated by a binary mixture of dyes. The purpose of these studies is to demonstrate a possibility of the spectral range expansion of the emission from solid-state dye lasers with polyurethane active elements.

Methods and Methodology. Specially prepared samples of polyurethane active media having the same donor (Rhodamine 6G) concentration but various acceptor (Sulforhodamine 101) concentrations are experimentally studied for their spectral-luminescent and lasing characteristics.

Results. The main spectroscopic characteristics of Rhodamine 6G and Sulforhodamine 101 in polyurethane have been measured, the nonradiative energy transfer parameters in this molecular pair estimated. It has been demonstrated that the matrix emission spectrum can be purposefully transformed by selection of relative concentrations of dyes in the mixture. In a broadband resonator, either a single- or two-band emission with different positions and various intensities of spectral bands is observed depending on the acceptor concentration. In a dispersive resonator under the same conditions, the tuning range of the lasing spectrum expands and extends to the longer wavelengths.

Conclusion. The prospects of using donor-acceptor dye mixtures for improving spectral characteristics of polyurethane active elements in solid-state dye lasers have been confirmed. It has been shown that signatures of the emission characteristics of these media are governed by the mechanism of the excitation energy transfer between dye molecules. Lasing has been obtained on polyurethane matrices with the emission wavelength tuning throughout the “green-red” region of the spectrum.

Key words: solid-state dye laser, polyurethane active medium, dye mixture, energy transfer.