

І.О. Казарова

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, Україна

## МЕТОДИКА РОЗШИРЕННЯ СПЕКТРІВ ПОГЛИНАННЯ СОНЯЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ШЛЯХОМ НАНЕСЕННЯ ШАРУ ПІРАЗОЛІНОВОГО ЛЮМІНОФОРУ

Проведено огляд галузей, для яких широке впровадження засобів сонячної енергетики вважається найбільш актуальним. Визначено фактори зменшення коефіцієнту корисної дії фотоелектричних перетворювачів на основі полікристалічного кремнію. У рамках концепції розширення спектрів поглинання сонячних елементів шляхом нанесення фотолюмінесцентного шару запропоновано методику синтезу класу наноструктурованих піразолінових фотолюмінесцентних бар'єрних.

**Ключові слова:** сонячні елементи, спектр поглинання, спектр фотолюмінесценції, піразоліновий люмінофор, процедура наноструктурування, лазерний відпал, цільові функції.

### Вступ

На сьогоднішній день сонячні елементи ефективно використовуються у галузях де стандартні методики організації енергоживлення неможливі або характеризуються надмірним кошторисом — як то космічні апарати [1-3], арктичні та антарктичні станції [4], військові бази, що знаходяться на великій відстані від населених пунктів [5, 6], тощо. Тим не менш, застосування сонячних панелей у рамках концепції «Зеленої енергетики» для побутових потреб [7] у якості заміни стандартних електростанцій, що базуються на невідновлювальних ресурсах або є шкідливими для екологічного стану довкілля, не є розповсюдженим. Основним фактором, що лежить у основі зазначеної тенденції є невідповідність спектру сонячного випромінювання та спектрів поглинання матеріалу фотоелектричного перетворювача, що застосовуються у сонячних панелях цивільного використання [8, 9]. На рис. 1-а проведено співвіднесення спектру сонячного випромінювання у нижньому шарі тропосфери зі спектром поглинання типового фотоелектричного перетворювача на основі підкладки полікристалічного кремнію. Основна частина інтенсивності сонячного випромінювання лежить у області  $\Delta I_{Sol} = 400-930$  нм сонячного спектру, у той час як поглинання кремнієвого сонячного елемента  $\Delta I_{Si}$  лежить у довгохвильовій частині видимого діапазону та ближній частині інфрачервоного діапазону. Це призводить до втрати більшої частини енергії сонячного випромінювання у процесі фотоелектричного перетворення та, відповідно, зменшення ефективності сонячного елемента до рівня 21,2-27,6%.

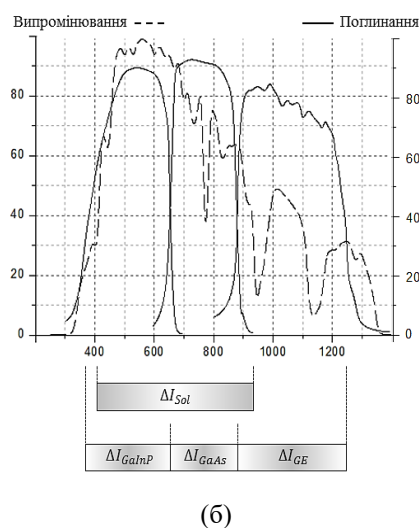
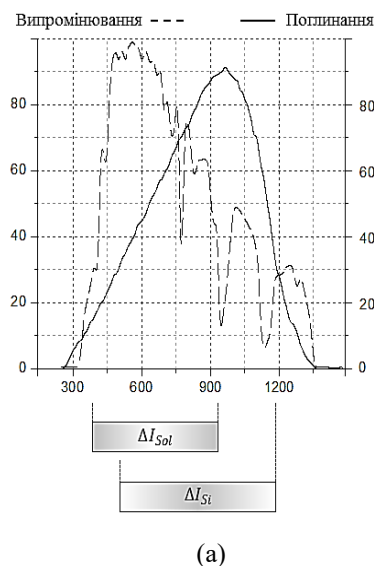


Рис. 1. Співвіднесення спектру сонячного випромінювання зі спектром поглинання кремнієвого (а) та каскадного (б) сонячного елемента

При цьому у галузях, де стандартне енергоживлення важко або неможливо організувати застосовуються каскадні фотоелементи, що складаються з кількох шарів, кожен з яких характеризується власним спектром поглинання. Об'єднання спектрів поглинання зазначених шарів має відповідати спектру сонячного випромінювання, як це показано на рис. 1-б для каскадного елемента, що складається з шарів GaInP, GaAs і Ge [10, 11], для кожного з яких визначається оптимальне значення товщини. Це надає можливість збільшити ККД до 30,8-47,1% завдяки частковій компенсації розбіжності у спектрах сонячного випромінювання та поглинання загальної структури підкладки фотоелектричного перетворювача [10-13].

Тим не менш, важливим недоліком каскадних сонячних елементів є наявність токсичних елементів, що унеможливує безпечність їх виготовлення та утилізації, а отже не відповідає концепції «Зеленої енергетики». Крім того, кошторис виготовлення даного класу фотоелектричних перетворювачів значно вищий за полікристалічні та монокристалічні аналоги, як на рівні базових сполук, так і на рівні технологій побудови, особливо у випадку організації структури на основі 4-6 шарів [12, 13].

**Аналіз наукових публікацій та результатів експериментальних робіт**, який було проведено у рамках даного дослідження, показав, що альтернативою застосуванню каскадних сонячних елементів з багатшаровою структурою [10-13] є покриття стандартного сонячного елемента з розбіжністю спектрів сонячного випромінювання та поглинання фотоелектричного перетворювача шаром люмінофору з достатньо великим значенням стоксового зсуву, що надає можливість компенсувати зазначену розбіжність [8, 9, 14]. При цьому для застосування з зазначеною метою була показана ефективність матеріалів покриття на основі класу піразолінових барвників, що використовуються при побудові багатшарових оптичних носіїв [15-17]. Зазначений клас органічних барвників характеризується високими показниками квантового виходу фотолюмінесценції  $I_{qr}$ , стоксового зсуву та стабільності оптичних характеристик протягом десятків років за умов опромінення прямим сонячним випромінюванням. Важливою перевагою піразолінових барвників є можливість корегування оптичних характеристик (спектри поглинання, спектри фотолюмінесценції) через застосування домішок полімерів і лаків, а також наноструктурування люмінофору через введення його у субмікронні пори білого цеоліту [16, 17]. Великий об'єм статистичних даних результатів експериментальних робіт надає можливість сформуванню методологічну базу синтезу люмінофорів покриття відповідно до типу підкладки

фотоелектричних перетворювачів та їх подальшого застосування з метою збільшення ККД сонячних елементів, що розглядається як *невирішена частина загального дослідження*.

Таким чином, *метою даного дослідження* є побудова методики синтезу наноструктурованих піразолінових барвників, що можуть бути використані у якості матеріалу покриття сонячних елементів на основі монокристалічного, полікристалічного та аморфного кремнію, а також розробка системи оцінки ефективності та оптимізації даної методики відповідно цільових показників, що обчислюються на кількісному рівні.

## Виклад основного матеріалу

### 1. Математичне моделювання впровадження методу розширення спектру поглинання фотоелектричного перетворювача

Для побудови цілісної методології синтезу люмінофору покриття фотоелектричного перетворювача необхідно визначити функції та аргументи, на основі яких надалі розраховуються цільові показники ефективності компенсації розбіжності у спектрах сонячного випромінювання та поглинання підкладки сонячного елемента. Це стосується спектру сонячного випромінювання, спектру поглинання фотоелектричного перетворювача, а також спектрів поглинання і фотолюмінесценції покриття на основі люмінофору (рис. 2).

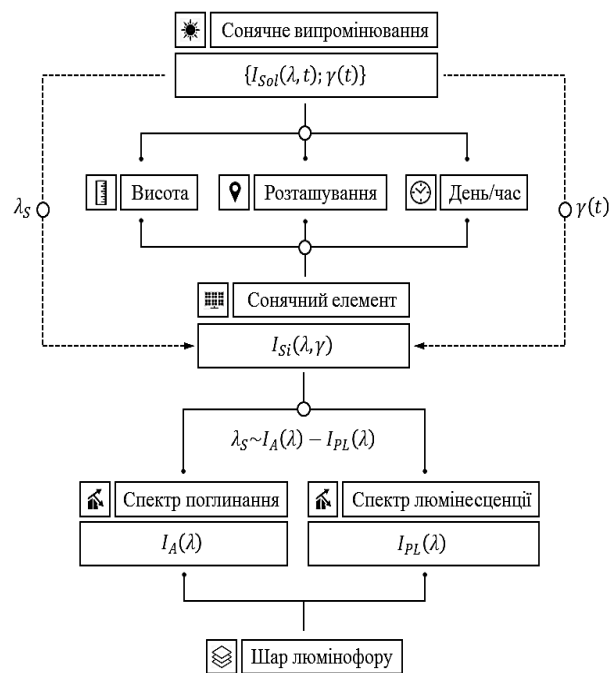


Рис. 2. Базова схема оцінки вимог до люмінофору шару покриття фотоелектричного перетворювача

Відповідно до конкретної задачі у рамках дослідження мають бути визначені наступні дискретні функції та набори показників, що їх характеризують:

1. Дискретна функція спектру сонячного випромінювання  $I_{Sol}(\lambda, t)$ , що визначається відповідно до висоти розташування сонячного елемента відповідно поглинання атмосферного шару, а також часу  $t$  і географічного положення сонячного елемента, що також дозволяє визначити кут падіння сонячних променів  $\gamma(t)$  на поверхню сонячного елемента.

2. Дискретна функція спектру поглинання кремнієвого сонячного елемента  $I_{Si}(\lambda, \gamma)$ , що залежить як від типу підкладки (монокристалічна, полікристалічна або аморфна), так і від кута падіння сонячного випромінювання.

3. Дискретна функція спектру поглинання шару люмінофору  $I_A(\lambda)$ . У зв'язку з особливостями поглинання піразоліновими люмінофорами залежністю даної функції від кута падіння сонячного випромінювання пропонується знехтувати як малозначущим для спрощення математичного апарату.

4. Дискретна функція спектру фотолюмінесценції шару люмінофору  $I_{PL}(\lambda)$ . Через співвіднесення спектрів  $I_A(\lambda)$  і  $I_{PL}(\lambda)$  визначається значення стоксового зсуву  $\lambda_s$ , що дозволяє оцінити ефективність застосування відповідного фотолюмінесцентного покриття.

5. Крок  $\Delta\lambda$  з яким визначається кожна з вище означених функцій. Величина  $\Delta\lambda$  визначається відповідно до максимальної допустимої різниці  $\Delta I_{max}$  між значеннями сусідніх  $\lambda_n$  і  $\lambda_{n+1}$  (де  $\lambda_{n+1} = \lambda_n + \Delta\lambda$ ) для функцій  $I_{Sol}(\lambda, t)$ ,  $I_{Si}(\lambda, \gamma)$ ,  $I_{PL}(\lambda)$  і  $I_A(\lambda)$ .

Слід зауважити, що значення  $\Delta I_{max}$  також відповідає мінімальному значенню для кожної з показників у рамках якого визначаються функції:  $I_{Sol}(\lambda, t) \in [I_{Sol}^-, I_{Sol}^+]$ ,  $I_{Si}(\lambda, \gamma) \in [I_{Si}^-, I_{Si}^+]$ ,  $I_{PL}(\lambda) \in [I_{PL}^-, I_{PL}^+]$  і  $I_A(\lambda) \in [I_A^-, I_A^+]$ , де кількість значень розраховується як  $(I_{Sol}^- - I_{Sol}^+)/\lambda$ ,  $(I_{Si}^- - I_{Si}^+)/\lambda$ ,  $(I_{PL}^- - I_{PL}^+)/\lambda$  і  $(I_A^- - I_A^+)/\lambda$ , що дозволяє оцінити навантаження на обчислювальний ресурс та об'єм експериментальної роботи в залежності від точності аналізу.

## 2. Методика синтезу люмінофору покриття фотоелектричного перетворювача

Зважаючи на те, що визначення функцій  $I_{Sol}(\lambda, t)$  і  $I_{Si}(\lambda, \gamma)$  для конкретних умов розташування сонячного елемента та складу його підкладки є тривіальною задачею, визначеною для

більшості актуальних на сьогоднішній день задач, завдання, що вирішується у рамках даного дослідження обмежується визначенням залежностей для функцій  $I_{PL}(\lambda) \in [I_{PL}^-, I_{PL}^+]$  і  $I_A(\lambda) \in [I_A^-, I_A^+]$ .

Розглянемо процедуру синтезу наноструктурованого піразолінового барвника та типові параметри проведення процедури [8, 9, 14-17], що впливають на характеристики зазначеного класу люмінофорів, а також відповідні позначення:

1. Вибір основи для піразолінового барвника. У рамках даного дослідження розглядаються два типи барвників на базі піразолінів іонної групи  $+NCH_3$  — базовий піразоліновий барвник «Basic Pyrazoline», а також модифікований піразоліновий барвник «Orange-Red», що формується заміною на стадії конденсації ацетилафталевої кислоти о-фенілендіаміну на анілін як 4-[1,5-дифеніл-2-піразолініл-3]-N-фенілфталімід, і позначається як «BP» і «OR», відповідно.

2. Вибір полімеру основи синтезованого люмінофору та визначення оптимального процентного складу для нього. У рамках даного дослідження розглядаються такі полімери як поліметилметакрилат та полістирол, що позначаються через «PM» і «PS», відповідно, а також через двозначне число, що вказує процент полімеру. Вибір полімеру надає можливість внести зміни у спектр фотолюмінесценції, але при цьому мінімально впливає на спектр поглинання люмінофору.

3. Додавання лаку, який дозволяє додатково вплинути на спектр фотолюмінесценції синтезованого люмінофору. У рамках даного дослідження були використані захисні ультрафіолетові лаки серії «Rengolux» і «Rengolux Pro», що позначаються як «RX» і «RP», відповідно, з додаванням двозначного числа, що вказує процент лаку у синтезованому матеріалі покриття фотоелектричного перетворювача. Слід зазначити, що додавання лаку в деяких випадках може призвести до появи додаткових локальних максимумів спектру фотолюмінесценції, що змушує зменшити крок  $\Delta\lambda$  відповідної дискретної функції та ускладнює проведення експериментального дослідження через неможливість адекватно апроксимувати статистичні результати для мінімальної вибірки результатів спектрографічного аналізу.

4. Вибір режиму наноструктурування синтезованого люмінофору через його введення у субмікронні пори цеоліту. У даному дослідженні використовується білий цеоліт (позначення «WZ»), а також додається двозначне число, що вказує процент цеоліту у складі люмінофору. Процедура наноструктурування завжди призводить до появи додаткових локальних максимумів спектру

фотолюмінесценції а також до росту основного максимуму, що пов'язано з появою нових дозволених переходів фотолюмінесценції, що є типовим для нанорозмірних частинок фотолюмінесцентного барвника. Також у зв'язку з додаванням цеоліту розширюється полоса поглинання люмінофору, що може вплинути на збільшення ефективності роботи фотоелектричного перетворювача через компенсацію розбіжності спектрів.

5. Проведення процедури термічного відпалу (лазерного відпалу у інфрачервоному діапазоні), що позначається як «IR» і характеризується часом обробки у секундах (тризначне число), потужність лазера у сотнях мВт (двозначне число) і довжиною хвилі (тризначне число). Процедура термічного відпалу сприяє проникненню барвника у субмікронні пори білого цеоліту з поліпшенням відповідних оптичних характеристик, але при виборі неналежних параметрів проведення процедури може призвести до часткового знебарвлення люмінофору на рівні зменшення квантового виходу фотолюмінесценції.

Визначення загальної процедури синтезу і контролю характеристик матеріалу фотолюмінесцентного покриття фотоелектричного перетворювача, а також проведення серії експериментальних досліджень надали можливість виділити наступні піразолінові люмінофори які придатні у якості матеріалу покриття фотоелектричного перетворювача:

- OR-PM20-RP10-WZ15-IR-020-06-980, збільшення ККД на 1,29% згідно математичного моделювання;

- OR-PM20-RP10-WZ15-IR-020-1=06-980, збільшення ККД на 1,25% згідно математичного моделювання;

- OR-PS25-RP10-WZ35-IR-040-08-780, збільшення ККД на 1,22% згідно математичного моделювання;

- BP-PS25-RP10-WZ15-IR-030-08-780, збільшення ККД на 1,01% згідно математичного моделювання;

- BP-PM20-RX10-WZ10-IR-020-08-780, збільшення ККД на 0,98% згідно математичного моделювання.

У рамках даної моделі при проведенні належної кількості експериментальних досліджень можна суттєво розширити базу для синтезу люмінофорів покриття фотоелектричного перетворювача, що призведе до подальшого збільшення показника ККД сонячного елемента.

## Висновки

У результаті проведеної роботи з метою побудови методики синтезу люмінофору покриття

фотоелектричного перетворювача було проведено формалізацію функцій та аргументів цільових показники ефективності компенсації розбіжності у спектрах сонячного випромінювання та поглинання підкладки сонячного елемента

При цьому у рамках даного дослідження було:

- побудовано комплексну схему оцінки вимог до люмінофору шару покриття фотоелектричного перетворювача;

- проведено співвіднесення спектру сонячного випромінювання, зі спектром поглинання кремнієвого сонячного елемента відповідно до спектрів поглинання та фотолюмінесценції наноструктурованого піразолінового люмінофору;

- синтезовано наноструктуровані піразолінові люмінофори як придатні у якості матеріалу покриття фотоелектричного перетворювача.

Показано, що представлена математична модель надає можливість проводити пошук оптимальної структури організації фотоелектричного перетворювача з фотолюмінесцентним покриттям відповідно до цільових показників визначених на кількісному рівні.

## Література

1. Jha A.R. *Solar Cell and array designs best suited for space applications // Solar Cell Technology and Applications.* – 2009. – С. 197–234. <https://doi.org/10.1201/9781420081787-9>.
2. Freeh J. *Analysis of stationary, photovoltaic-based surface power system designs at the Lunar South Pole. AIAA SPACE 2008 Conference & Exposition.* <https://doi.org/10.2514/6.2008-7810>.
3. Varadi P.F. *Space solar cell conversion efficiency of light to electricity // Sun Above the Horizon.* 2014. – С. 505–507. <https://doi.org/10.1201/b17086-54>.
4. Neff W., Cox C., Shupe M. (2022). *A bipolar perspective of the boundary layer and associated synoptic influences at South Pole Station, Antarctica and summit station, Greenland.* <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu22-6354>.
5. Wang X., He L., Ju C. *Application of photovoltaic power generation system in military systems. Proceedings of the 2015 6th International Conference on Manufacturing Science and Engineering.* <https://doi.org/10.2991/icmse-15.2015.19>.
6. Odosiy L. I. *Creating a new generation solar cells based on tio2 and their use in military activities / Odosiy L. I., Korolko S. V., Kozlinskiy M. P. // Military Technical Collection.* – 2016. – (14). – С. 36–40. <https://doi.org/10.33577/2312-4458.14.2016.36-40>.
7. *Концепція зеленого енергетичного переходу України до 2050 року.* (n.d.). URL: <https://mepr.gov.ua/files/images/Концепція%20зеленого%20енергетичного%20переходу.pdf>.
8. Kryuchyn A. A., Beliak I. V. *Development of nanostructured luminophor coating for broadening of solar cell absorption spectrum. Next Generation Technologies for Solar Energy Conversion V.* – 2014. doi:10.1117/12.2060832.

9. Beliak Ie.V. Development of a nanostructured phosphor coating for multi-junction solar cells / Beliak Ie.V., Manko D.Yu., Kryuchyn A.A.// *Registration, Data Storage and Processing*. – 2013. – 15(3). <https://doi.org/10.35681/1560-9189.2013.15.3.103426>.
10. Skender A., Belkaid M. S. Studies and simulation of solar cells with triple-junction concentration based on III-v Semiconductors (GaInP/GaAs/Ge). *Light, Energy and the Environment*. – 2017. <https://doi.org/10.1364/pv.2017.jw4c.2>
11. Xu W. The model of performance change of GaInP/GaAs/Ge Triple-junction solar cells in Pico-satellite/ Xu W., Cheng Z., Xu X.// *Solar Energy*. – 2018. – 169. – C. 105–110. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2018.02.043>.
12. Geisz J. F. Six-Junction III–V solar cells with 47.1% conversion efficiency under 143 suns concentration/ Geisz J. F., France R. M., Schulte K. L., Steiner M. A., Norman A. G., Guthrey H. L., Young M. R., Song T., Moriarty T.// *Nature Energy*. – 2020. – 5 (4). – C. 326–335. <https://doi.org/10.1038/s41560-020-0598-5>.
13. Zhang C. High-efficiency III-V single-junction and multi-junction solar cells/ Zhang C., Zhang J., Ma X., Feng Q. // *Semiconductor Photovoltaic Cells*. – 2021. – C. 127–175. [https://doi.org/10.1007/978-981-15-9480-9\\_4](https://doi.org/10.1007/978-981-15-9480-9_4).
14. Petrov V., Kryuchyn A., Beliak I., Lapchuk A. Multi-Photon microscopy and Optical Recording. – 2016. doi:10.15407/akademperiodyka.311.156.
15. Petrov V., Beliak I., Kryuchyn A., Shikhovets A. Analysis of methods for creating media for long-term data storage. 2020 IEEE 2nd International Conference on Advanced Trends in Information Theory (ATIT). – 2020. <https://doi.org/10.1109/atit50783.2020.9349267>
16. Anikin P. Development of Multispectral Recording Media for Multilayer Photoluminescent Information recording/ Anikin P., Beliak I.// *Electronics and Information Technologies*. – 2019. – 12. <https://doi.org/10.30970/eli.12.11>.
17. Petrov V.V., Zichun L., Kryuchyn A.A., Shanoylo S.M., Mingle F., Beliak I.V., Manko D.Y., Lapchuk A.S., Morozov E.M. (2018). Long-term storage of digital information. – 2018. <https://doi.org/10.15407/akademperiodyka.360.148>.
1. Jha, A.R. (2009). Solar Cell and array designs best suited for space applications. *Solar Cell Technology and Applications*, 197–234. <https://doi.org/10.1201/9781420081787-9>.
2. Freeh, J. (2008). Analysis of stationary, photovoltaic-based surface power system designs at the Lunar South Pole. *AIAA SPACE 2008 Conference & Exposition*. <https://doi.org/10.2514/6.2008-7810>.
3. Varadi, P.F. (2014). Space solar cell conversion efficiency of light to electricity. *Sun Above the Horizon*, 505–507. <https://doi.org/10.1201/b17086-54>.
4. Neff, W., Cox, C., & Shupe, M. (2022). A bipolar perspective of the boundary layer and associated synoptic influences at South Pole Station, Antarctica and summit station, Greenland. <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu22-6354>.
5. Wang, X., He, L., & Ju, C. (2015). Application of photovoltaic power generation system in military systems. *Proceedings of the 2015 6th International Conference on Manufacturing Science and Engineering*. <https://doi.org/10.2991/icmse-15.2015.19>.
6. Odosiy, L. I., Korolko, S. V., & Kozlinskiy, M. P. (2016). Creating a new generation solar cells based on tio2 and their use in military activities. *Military Technical Collection*, (14), 36–40. <https://doi.org/10.33577/2312-4458.14.2016.36-40>.
7. Concept of green energy transition of Ukraine by 2050. (n.d.). Retrieved March 16, 2021, from <https://mepr.gov.ua/files/images/Концепція%20зеленого%20енергетичного%20переходу.pdf>.
8. Kryuchyn, A. A., & Beliak, I. V. (2014). Development of nanostructured luminophor coating for broadening of solar cell absorption spectrum. *Next Generation Technologies for Solar Energy Conversion V*. doi:10.1117/12.2060832.
9. Ie.V. Beliak, D.Yu. Manko, & A.A. Kryuchyn. (2013). Development of a nanostructured phosphor coating for multi-junction solar cells. *Registration, Data Storage and Processing*, 15(3). <https://doi.org/10.35681/1560-9189.2013.15.3.103426>.
10. Skender, A., & Belkaid, M. S. (2017). Studies and simulation of solar cells with triple-junction concentration based on III-v Semiconductors (GaInP/GaAs/Ge). *Light, Energy and the Environment*. <https://doi.org/10.1364/pv.2017.jw4c.2>
11. Xu, W., Cheng, Z., & Xu, X. (2018). The model of performance change of GaInP/GaAs/Ge Triple-junction solar cells in Pico-satellite. *Solar Energy*, 169, 105–110. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2018.02.043>.
12. Geisz, J. F., France, R. M., Schulte, K. L., Steiner, M. A., Norman, A. G., Guthrey, H. L., Young, M. R., Song, T., & Moriarty, T. (2020). Six-Junction III–V solar cells with 47.1% conversion efficiency under 143 suns concentration. *Nature Energy*, 5 (4), 326–335. <https://doi.org/10.1038/s41560-020-0598-5>.
13. Zhang, C., Zhang, J., Ma, X., & Feng, Q. (2021). High-efficiency III-V single-junction and multi-junction solar cells. *Semiconductor Photovoltaic Cells*, 127–175. [https://doi.org/10.1007/978-981-15-9480-9\\_4](https://doi.org/10.1007/978-981-15-9480-9_4).
14. Petrov, V., Kryuchyn, A., Beliak, I., & Lapchuk, A. (2016). *Multi-Photon microscopy and Optical Recording*. doi:10.15407/akademperiodyka.311.156.
15. Petrov, V., Beliak, I., Kryuchyn, A., & Shikhovets, A. (2020). Analysis of methods for creating media for long-term data storage. 2020 IEEE 2nd International Conference on Advanced Trends in Information Theory (ATIT). <https://doi.org/10.1109/atit50783.2020.9349267>
16. Anikin, P., & Beliak, I. (2019). Development of Multispectral Recording Media for Multilayer Photoluminescent Information recording. *Electronics and Information Technologies*, 12. <https://doi.org/10.30970/eli.12.11>.
17. Petrov, V.V., Zichun, L., Kryuchyn, A.A., Shanoylo, S.M., Mingle, F., Beliak, I.V., Manko, D.Y., Lapchuk, A.S., & Morozov, E.M. (2018). Long-term storage of digital information. <https://doi.org/10.15407/akademperiodyka.360.148>.

## References

**Рецензент:** д.т.н., проф., завідуючий кафедрою автомобільного транспорту С. Криштопа, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Україна.

**Автор:** КАЗАРОВА Інна Олександрівна  
к.т.н., доцент  
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна  
E-mail – [kaiosasv@gmail.com](mailto:kaiosasv@gmail.com)

---

**METHOD OF EXPANDING THE SOLAR CELLS ABSORPTION SPECTRA BY APPLYING  
PYRAZOLINE LUMINOPHOR LAYER**

I. Kazarova

Kharkiv National University named after V.N. Karazin, Ukraine

*An analysis of the industries for which the wide implementation of solar energy is currently considered relevant has been carried out. The aim of the study is to build a methodology for the synthesis of nanostructured pyrazoline dyes that can be used as a coating material for solar cells based on monocrystalline, polycrystalline and amorphous silicon, as well as the development of a system for evaluating the effectiveness and optimization of this methodology according to the target indicators calculated at the quantitative level. In order to build a holistic methodology for the synthesis of photovoltaic coating phosphor, the functions and arguments are defined in the article, on the basis of which the target performance indicators for compensating for the difference in the spectra of solar radiation and absorption of the solar cell substrate are further calculated. Factors for reducing the efficiency of photoelectric converters based on polycrystalline silicon have been determined. As part of the concept of broadening the solar cells absorption spectra by applying the luminophor layer, a method for the synthesis of the nanostructured pyrazoline photoluminescent dyes class is proposed. An experimental study was conducted based on the correlation of the solar radiation spectrum, the absorption spectrum of polycrystalline silicon, as well as the absorption and photoluminescence spectra of synthesized luminophores. A complex mathematical model has been developed for evaluating the effectiveness of the presented technique for expanding the absorption spectra of solar cells and optimizing the specified approach in accordance with the target indicators. The author has considered the procedure of synthesis of nanostructured pyrazoline dye and typical parameters of the procedure that affect the characteristics of this class of phosphors, as well as the corresponding designations. Determination of the general procedure for the synthesis and control of the characteristics of the photoluminescent coating material of the photovoltaic converter, as well as a series of experimental studies allowed the author to identify pyrazoline phosphors that are suitable as a coating material for a photovoltaic converter.*

**Keywords:** solar cells, absorption spectrum, photoluminescence spectrum, pyrazoline luminophor, nanostructuring procedure, laser annealing, target functions.