

антропогенное влияние рекреационной деятельности и естественные комплексы территорий и объектов ПЗФ.

Ключевые слова: рекреация, ландшафты, нормативная нагрузка, естественно-заповедный фонд, емкость автостоянок.

Shlapak A.V. Criteria of the Recreational Loading on the Landscape Complexes of the Naturally-Protected Territories at the Managed Visit

The indicators of the recreational load value are researched. They are supposed to allow making a conclusion about recreational use of some particular territories and will represent one of main factors for the implementation of functional zoning, the determination of volumes of recreational amenities and some other events, and also will give an opportunity to limit more clearly the protection of the recreational areas, plan and measure arranging culture events, the promotion of environmental knowledge and service for holiday-makers. The special importance of recreational development elements and arrangement of territories, which gives a possibility to minimize the anthropogenic influence of recreational activities and natural systems of territories and objects of the NRF, is justified for practical use.

Key words: recreation, landscape, regulatory burden, the natural-reserve fund, the capacity of parking lots.

3. ТЕХНОЛОГІЯ ТА УСТАТКУВАННЯ ЛІСОВИРОБНИЧОГО КОМПЛЕКСУ

УДК 535.343.2

Проф. З.П. Чорній, д-р фіз.-мат. наук;

проф. В.І. Вайданич, канд. фіз.-мат. наук; ст. викл. І.Б. Пірко, канд. фіз.-мат.

наук; асист. М.В. Дячук; доц. В.М. Салапак, канд. фіз.-мат. наук;

доц. М.С. Кобриневич, канд. фіз.-мат. наук – НЛТУ України, м. Львів

АКТИВАТОРНА РАДІОЛЮМІНЕСЦЕНЦІЯ У КРИСТАЛАХ ВаСl₂-Рв В ІНТЕРВАЛІ ТЕМПЕРАТУР 145-300 К

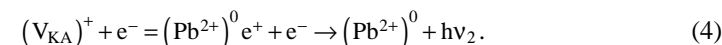
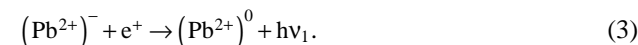
У моделі лінійного кристала досліджено механізм радіоломнісценції кристалів ВаСl₂-Рв в інтервалі температур 145-300 К. Розраховано ймовірність випромінювальної та теплової релаксації електрон-діркової пари у ґратці кристала та їх залежність від концентрації активатора та температури опромінення кристала. Показано, що спектр радіоломнісценції кристалів ВаСl₂-Рв²⁺ складається з двох смуг з максимумами при λ=550 нм та λ=320 нм. Розраховано енергетичний вихід радіоломнісценції у смугах 550 і 320 нм, а також залежність енергетичного виходу від вмісту домішок у кристалах.

Ключові слова: кристали, радіація, люмінесценція.

Вступ. Відомо [1,2], що іони свинцю входять у ґратку кристала у вигляді Рв²⁺-іонів заміщення і є ефективними центрами захоплення створених іонізуючою радіацією вільних носіїв заряду. Створені іонізуючою радіацією зонні електрони локалізуються безпосередньо на (Рв²⁺)⁰-іонах з утворенням (Рв⁺)⁻-центрів забарвлення, а дірки локалізуються в околі іонів свинцю з утворенням (V_{КА})⁺-центрів забарвлення:



Паралельно з реакціями (1) і (2), які описують механізм радіаційного утворення активаторних центрів забарвлення, відбуваються альтернативні реакції, які обумовлюють їх знебарвлення:



Знебарвлення має рекомбінаційний характер і обумовлює виникнення двох смуг люмінесценції: $hv_1=2,25$ еВ (рівняння 3) та $hv_2=3,88$ еВ (рівняння 4).

Мета цієї роботи – у моделі іонного ланцюга розрахувати енергетичний вихід активаторної радіоломнісценції для кристалів ВаСl₂-Рв в інтервалі температур 145-300 К.

Результати досліджень. При опроміненні кристалів ВаСl₂-Рв рентгєнівськими променями спостерігається дві смуги люмінесценції: $hv_1=2,25$ еВ та

$h\nu_2=3,88$ eV [1,2]. Вклад кожної із смуг у сумарний вихід рентгенолюмінесценції залежить від температури кристала. Температурні зміни в спектрі рентгенолюмінесценції обумовлені і пов'язані з термічною стабільністю центрів забарвлення: V_K , V_{KA} та (Pb^+) -центрів. Згідно з роботою [1], термодисоціація V_K і V_{KA} -центрів відбувається за температур 145 K та 180 K відповідно, а (Pb^+) -центрів – за $T \approx 230$ K. Виходячи із цих даних, логічно розбити температурну шкалу на чотири діапазони, кожний з яких має свою специфіку:

- $T > 230$ K;
- $180 \text{ K} < T < 230$ K;
- $145 \text{ K} < T < 180$ K;
- $T < 145$ K.

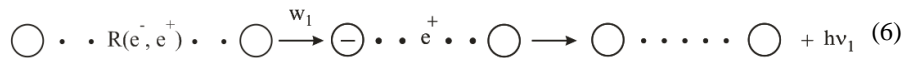
Предметом цих досліджень є перші три діапазони, четвертий діапазон ($T < 145$ K) буде предметом наступних робіт.

1. Радіаційні процеси у кристалах $BaCl_2-Pb$ за $T > 230$ K. За температури $T > 230$ K стабільні центри забарвлення у кристалах не утворюються, тому реакції (3) і (4) не відбуваються. За цих умов релаксація іонізуючої радіації (релаксація електронно-діркових пар) протікає безвипромінювально – енергія радіації перетворюється в теплову енергію:



де: \bigcirc – $(Pb^{2+})^0$ -іон, який замінив Ba^{2+} -іон у гратці кристала і має нульовий електричний заряд відносно гратки кристала; $\cdot \cdot \cdot \cdot \cdot$ – крапками позначені іони основи кристала; $R(e^-, e^+)$ – створена іонізуючою радіацією в гратці основи кристала електронно-діркова пара (e^-, e^+); Q – теплота, що виділяється у гратці кристала при безвипромінювальній рекомбінації електронно-діркової пари (e^-, e^+).

2. Радіаційні процеси в інтервалі температур $180 \text{ K} < T < 230$ K. При опроміненні кристалів $BaCl_2-Pb$ іонізуючою радіацією у гратці кристала утворюються стабільні електронні центри забарвлення ($(Pb^+)^-$ -іони) за відсутності стабільних діркових центрів забарвлення. Наявність у гратці кристала стабільних електронних центрів забарвлення обумовлює появу додаткового до рівняння (5) каналу релаксації електронних збуджень – виникнення випромінювальної рекомбінації:



де: \ominus – $(Pb^+)^-$ -іон у катіонному вузлі кристалічної гратки; w_1 – ймовірність захоплення електрона Pb^{2+} -іоном, а отже ймовірності радіаційного розпаду електронно-діркової пари з утворенням кванта світла: $h\nu_1=2,25$ eV ($\lambda \approx 550$ nm).

У табл. 1 наведено значення величин ймовірності випромінювальної w_1 та безвипромінювальної w_2 релаксації електронно-діркової пари в кристалах $BaCl_2-Pb$ та їх залежність від концентрації активатора, а також енергетичний вихід радіолюмінесценції η . Розрахунки проведені в лінійній моделі іонного кристала. Енергетичний вихід радіолюмінесценції визначено за формулою

$$\eta = w_1 \frac{E}{1,5 \cdot E_g} \quad (7)$$

де: η – енергетичний вихід радіолюмінесценції; w_1 – ймовірність випромінювальної релаксації (e^-, e^+)-пари; $E=h\nu_1$ – енергія кванта світла; E_g – ширина забороненої зони кристала.

Табл. 1. Радіаційні параметри кристалів $BaCl_2-Pb$

C	l	w ₁	w ₂	η, %
0,2000	8 a	0,3810	0,6190	9,5
0,0578	12 a	0,2797	0,7203	7,0
0,0244	16 a	0,2196	0,7804	5,5
0,0125	20 a	0,1604	0,8396	4,0
0,0070	24 a	0,1530	0,8470	3,8

де: w_1 і w_2 – ймовірність радіаційного та теплового розпаду (e^-, e^+)-пари в кристалі; η – енергетичний вихід активаторної радіолюмінесценції; C – концен-трація активатора; l – середня відстань між Pb^{2+} -іонами; a – відстань між Ba^{2+} -іонами в гратці кристала.

Як видно з табл. 1 $w_2 > w_1$, тобто основний канал релаксації (e^-, e^+)-пар – це нагрів кристала (рівняння 5). При цьому співвідношення w_2/w_1 зростає, відповідно енергетичний вихід радіолюмінесценції η зі зменшенням вмісту активатора спадає.

На рис. 1 зображено залежність енергетичного виходу активаторної радіолюмінесценції η від концентрації активатора: із збільшенням домішки в кристалі енергетичний вихід радіолюмінесценції зростає. Однак це зростання не є лінійним, як це прийнято вважати в літературі, а має явну тенденцію до насичення.

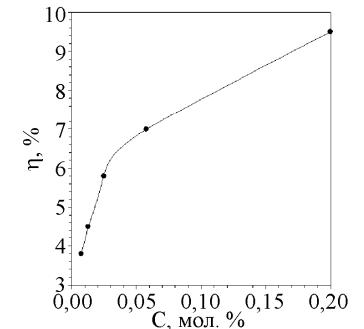
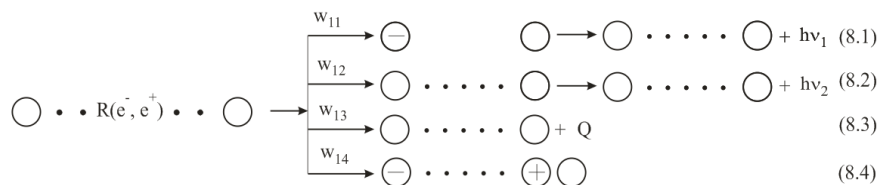


Рис. 1. Енергетичний вихід радіолюмінесценції у смугі 550 nm ($T > 180$ K)

3. Радіолюмінесценція у температурному діапазоні $145 \text{ K} < T < 180$ K

3.1. Радіаційні процеси в іонних ланцюгах, що містять домішкові іони свинцю. За температури $T < 180$ K створені радіацією мобільні дірки локалізуються на активаторі – відбувається утворення V_{KA} -центрів забарвлення (за відсутності автолокалізації дірок, яка має місце за $T < 145$ K). За наявності в гратці кристала V_{KA} -центрів вступає в дію новий канал випромінювальної релаксації (e^-, e^+)-пар (рівняння 4), що зумовлює виникнення смуги люмінесценції в області 320 nm, та додатковий канал, що обумовлює виникнення у кристалі $(Pb^{2+})^0 e^+ - (Pb^+)^-$ -комплементарних пар центрів забарвлення.

Таким чином, у цьому інтервалі температур релаксацію (e^-, e^+)-пар у гратці кристалу $BaCl_2-Pb$ можна описати такими реакціями:



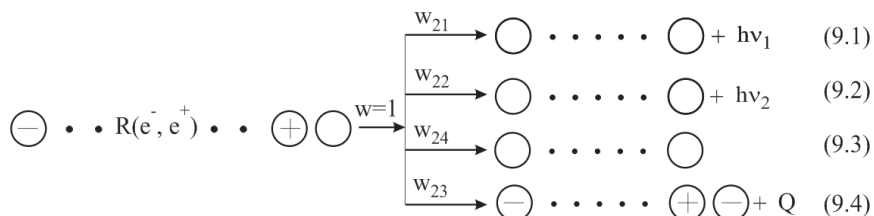
де: $\oplus \ominus$ – дірка, локалізована в околі \ominus – $(Pb^{2+})^0$ -іона (V_{KA})-центр. Оскільки процеси, що описуються рівнянням (8), взаємно конкурують між собою, то $w_{11}+w_{12}+w_{13}+w_{14}=1$. У табл. 2 наведено значення перерахованих величин (w_{11} , w_{12} , w_{13} , w_{14} , η_1 , η_2), розраховані в лінійній моделі іонного кристала.

Табл. 2. Радіаційні параметри кристалів $BaCl_2-Pb$ ($140 K < T < 180 K$)

C, мол. %	l	w ₁₁	w ₁₂	w ₁₃	w ₁₄	η_1 , %	η_2 , %
0,20	8 a	0,2540	0,3810	0,2380	0,1217	6,4	9,5
0,025	16 a	0,1882	0,2196	0,5608	0,0314	4,7	5,5

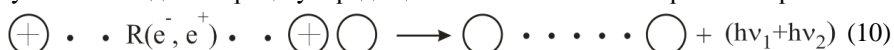
w_{11} і w_{12} – ймовірність радіаційного ($\lambda_1=550$ нм та $\lambda_2=320$ нм) та w_{13} – теплового розпаду (e^-, e^+)-пар у ґратці кристала; w_{14} – ймовірність утворення $(V_{KA})^+ - (Pb^+)^-$ -пари центрів забарвлення; η_1 та η_2 – величина енергетичного виходу радіюлюмінесценції у смугах 550 нм та 320 нм відповідно.

3.2. Розпад (e^-, e^+)-пар в іонному ланцюгу, що містить центри забарвлення. Із збільшенням дози опромінення зростає у кристалі концентрація центрів забарвлення, вступає в дію альтернативний до рівняння (8) спосіб релаксації (e^-, e^+)-пар, який обумовлює радіаційне висвітлення центрів забарвлення:



де: w_{21} і w_{22} – ймовірності випромінювальної ($\lambda=550$ нм та $\lambda=320$ нм відповідно) та w_{23} – безвипромінювальної релаксації (e^-, e^+)-пари, w_{24} – ймовірність висвітлення комплементарної пари центрів забарвлення.

Специфіка протікання рівнянь (9.1-9.2 і 9.4) полягає в тому, що вони описують не взаємоконкурентні процеси, що має місце під час перебігу реакції (8), а є співучасником одного процесу – радіаційного висвітлення забарвлення кристала.



Із рівняння (10) випливає, що центри забарвлення зникають попарно (комплементарно) – висвітлення кожної комплементарної пари супроводжується виникненням як кванта світла $h\nu_1$, так і $h\nu_2$ одночасно, тому $w_{21} = w_{24} \approx w_{22}$. Результати розрахунків показують, що свічення в області 320 нм (крім реакції 10) виникає при релаксації (e^-, e^+)-пари в околі V_{KA} -центра:



Таким чином, $w_{22} = w_{21} + w_{22}(h\nu_2)$ і відповідно $w_{22} + w_{23} = 1$. Значення w , η_1 , η_2 , розраховані в моделі лінійного кристала, наведено в табл. 3.

Табл. 3. Радіаційні параметри (рівняння 9) кристалів $BaCl_2-Pb^{2+}$ ($145 K < T < 180 K$).

Позначення C, l, w_{21} , w_{22} , w_{23} , η_1 , η_2 такі самі, що й в табл. 2. w_{24} – ймовірність висвітлення комплементарної пари центрів забарвлення.

C, мол. %	l	w ₂₁	w ₂₂	w ₂₃	w ₂₄	η_1 , %	η_2 , %
0,20	8 a	0,2738	0,2976	0,7024	0,2738	6,8	7,5
0,025	16 a	0,2190	0,2238	0,7762	0,2190	5,5	5,6

4. Зміна радіаційних параметрів кристалів $BaCl_2-Pb$ в процесі їх опромінення. На початковій стадії опромінення кристалів $BaCl_2-Pb$ (за відсутності в кристалі центрів забарвлення) релаксація (e^-, e^+)-пар відбувається згідно з рівнянням (8). Із збільшенням часу (дозы) опромінення концентрація центрів забарвлення у ґратці кристала зростає і вступають в дію процеси, що описуються рівнянням (9), що відповідно зменшує вклад реакції (8) у радіоліз кристала.

У лінійній моделі іонного кристала методом послідовних наближень [3-5] розраховано зміну величини радіаційних параметрів (рівняння (8) і (9)) у процесі радіаційного опромінення кристалів. Результати розрахунків наведено в табл. 4-9 і наочно зображено на рис. 2-7.

Табл. 4. Параметри радіаційних процесів (рівняння 8) у кристалах $BaCl_2-0,2$ мол. % $PbCl_2$. Частка енергії електронних збуджень E_0 , яка витрачається на збудження свічення в області 550 нм (E_{11}/E_0) – рівняння 8.1, в області 320 нм (E_{12}/E_0) – рівняння 8.2 та на теплові втрати (E_{13}/E_0) – рівняння 8.3.

n	E_{11}/E_0	E_{12}/E_0	E_{13}/E_0
1	0,2540	0,3810	0,2380
2	0,2231	0,3346	0,2090
3	0,2044	0,3066	0,1915
4	0,1920	0,2880	0,1799
5	0,1861	0,2792	0,1744
6	0,1821	0,2731	0,1706
7	0,1796	0,2694	0,1683
8	0,1781	0,2694	0,1683

Табл. 5. Радіаційні процеси (рівняння 9.1-9.3) у кристалах $BaCl_2-0,2$ мол. % $PbCl_2$. Позначення такі самі, як в табл. 4.

n	E_{21}/E_0	E_{22}/E_0	E_{23}/E_0
1	-	-	-
2	0,0333	0,0362	0,0855
3	0,0535	0,0581	0,1372
4	0,0668	0,0726	0,1774
5	0,0732	0,0795	0,1877
6	0,0775	0,0843	0,1989
7	0,0802	0,0870	0,2057
8	0,0818	0,0889	0,2099
9	0,0828	0,0900	0,2123

Табл. 6. Радіаційні процеси у кристалах $BaCl_2-0,2$ мол. % $PbCl_2$ (результат сумарних реакцій 8.1-8.3 та 9.1-9.3)

n	$(E_{11}+E_{21})/E_0$	$(E_{12}+E_{22})/E_0$	$(E_{13}+E_{23})/E_0$
1	0,2540	0,3810	0,2380
2	0,2564	0,3708	0,2945
3	0,2579	0,3647	0,3287
4	0,2588	0,3606	0,3513
5	0,2592	0,3587	0,3621
6	0,2596	0,3576	0,3695
7	0,2598	0,3554	0,3740
8	0,2599	0,3573	0,3780

Табл. 7. Радіаційні процеси (рівняння 8.1-8.3) у кристалах $BaCl_2-0,025$ мол. % $PbCl_2$

n	E_{11}/E_0	E_{12}/E_0	E_{13}/E_0
1	0,1882	0,2196	0,5608
2	0,1822	0,2127	0,5432
3	0,1779	0,2075	0,5300
5	0,1721	0,2008	0,5127
7	0,1688	0,1970	0,5030
9	0,1670	0,1948	0,4975
11	0,1659	0,1936	0,4944
13	0,1653	0,1932	0,4927
15	0,1650	0,1925	0,4917
17	0,1648	0,1923	0,4912

Табл. 8. Радіаційні параметри (рівняння 9.1-9.3) кристалів $BaCl_2-0,025$ мол. % $PbCl_2$

n	E_{21}/E_0	E_{22}/E_0	E_{23}/E_0
2	0,0086	0,0093	0,0220
3	0,0015	0,0163	0,0386
4	0,0235	0,0255	0,0603
7	0,0290	0,0306	0,0723
9	0,0309	0,0336	0,0792
11	0,0324	0,0352	0,0832
13	0,0333	0,0362	0,0853
15	0,0337	0,0367	0,0865
17	0,0340	0,0369	0,0872

Табл. 9. Параметри радіаційних процесів у кристалах $BaCl_2-0,025$ мол. % $PbCl_2$ (сумарний результат реакцій 8.1-8.3 та 9.1-9.3)

n	$(E_{11}+E_{21}) E_0$	$(E_{12}+E_{22}) E_0$	$(E_{13}+E_{23}) E_0$
1	0,1882	0,2220	0,5652
2	0,1908	0,2238	0,5686
4	0,1929	0,2263	0,5730
6	0,1956	0,2276	0,5753
8	0,1978	0,2284	0,5767
10	0,1979	0,2288	0,5776
12	0,1983	0,2294	0,5780
14	0,1986	0,2294	0,5784
16	0,1987	0,2294	0,5784

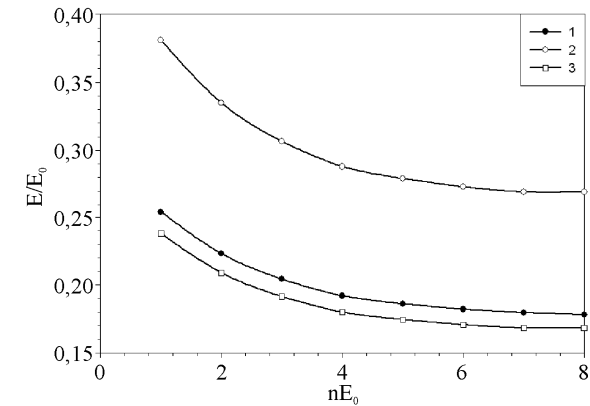


Рис. 2. Залежність ефективності реалізації реакцій 8.1-8.3 (енергетичних втрат E_{11} , E_{12} , E_{13}) від дози опромінення nE_0 ($n=1, 2, 3, \dots$, $E_0=1,5E_g$, де E_g – ширина забороненої зони). Кристал $BaCl_2-0,2$ мол. % $PbCl_2$.

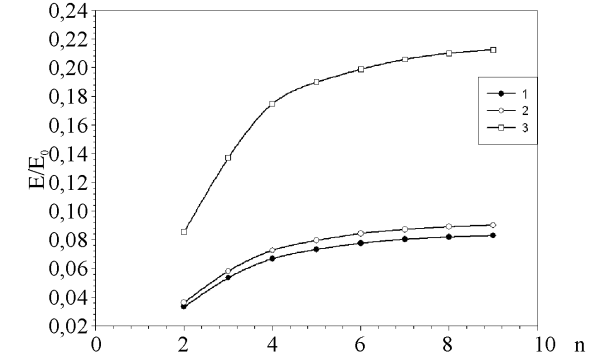


Рис. 3. Кристал $BaCl_2-0,2$ мол. % $PbCl_2$. Позначення ті самі, що на рис. 2, тільки для реакцій 9.

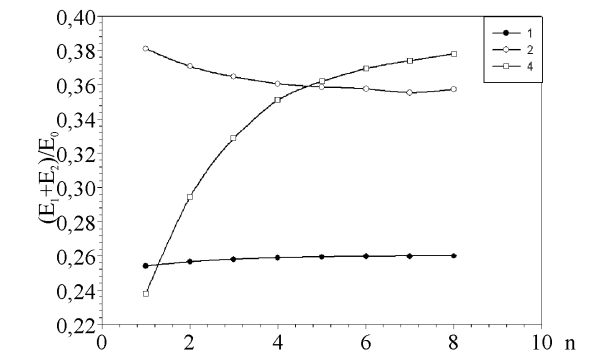


Рис. 4. Кристал $BaCl_2-0,2$ мол. % $PbCl_2$. Сумарний вклад реакцій 8.1-8.3 та 9.1-9.3 у радіоліз кристала. Крива 1 – $(E_{11}+E_{21})/E_0$; крива 2 – $(E_{12}+E_{22})/E_0$; крива 3 – $(E_{13}+E_{23})/E_0$.

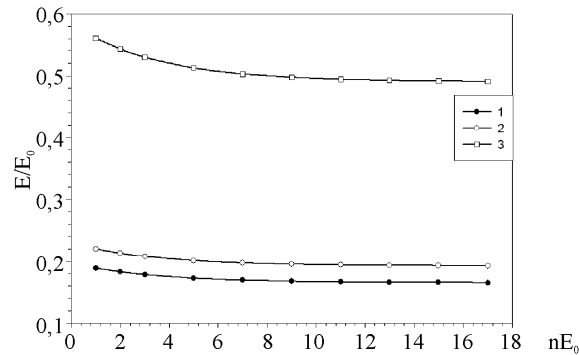


Рис. 5. Залежність ефективності реалізації реакцій 8.1-8.3 (енергетичних втрат E_{11} , E_{12} , E_{13}) від дози опромінення nE_0 ($n=1, 2, 3, \dots$, $E_0=1,5E_g$ де E_g – ширина забороненої зони). Кристал $BaCl_2-0,025$ мол. % $PbCl_2$.

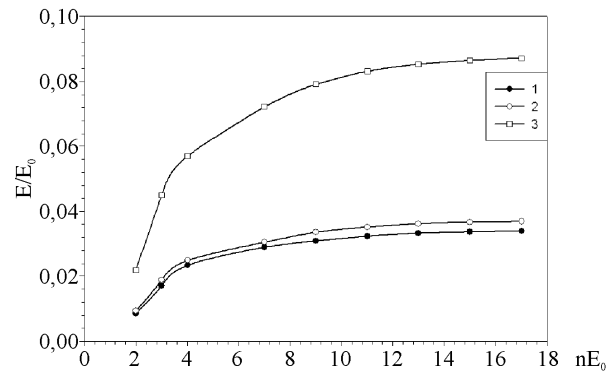


Рис. 6. Залежність ефективності реалізації реакцій 9.1-9.3 (енергетичних втрат E_{11} , E_{12} , E_{13}) від дози опромінення nE_0 ($n=1, 2, 3, \dots$, $E_0=1,5E_g$ де E_g – ширина забороненої зони). Кристал $BaCl_2-0,025$ мол. % $PbCl_2$.

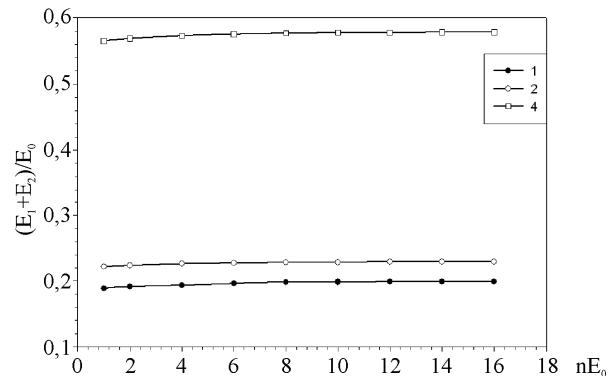


Рис. 7. Кристал $BaCl_2-0,025$ мол. % $PbCl_2$. Сумарний вклад реакцій 8.1-8.3 та 9.1-9.3 у радіоліз кристала. Крива 1 – $(E_{11}+E_{21})/E_0$; крива 2 – $(E_{12}+E_{22})/E_0$; крива 3 – $(E_{13}+E_{23})/E_0$.

Висновки:

1. Результати розрахунків (табл. 1-9) засвідчили, що виникнення активаторної люмінесценції обумовлене утворенням у кристалі активаторних центрів забарвлення, які є центрами випромінювальної радіації.
2. У кристалах $BaCl_2-Pb$ Pb^{2+} -іони локалізують (захоплюють) як електрони, так і мобільні дірки (рівняння 1 і 2). Характерною особливістю кристалів $BaCl_2-Pb$ є та обставина, що електронні центри забарвлення мають вищу термічну стабільність порівняно з дірковими центрами (230 К і 180 К відповідно).
3. Ця обставина обумовлює специфіку температурної залежності спектрального складу радіолюмінесценції. В області кімнатної температури радіолюмінесценція кристалів $BaCl_2-Pb^{2+}$ відсутня. При $180 K < T < 230 K$ спектр складається з однієї смуги люмінесценції з максимумом в області 550 нм (рівняння 3), енергетичний вихід якої зростає із збільшенням концентрації активатора (табл. 1, рис. 1) і сягає значення $\eta \approx 10\%$. В області температур $145 K < T < 180 K$ додатково виникає смуга радіолюмінесценції в області 320 нм (рівняння 4), при цьому енергетичний вихід радіолюмінесценції зростає в два рази (табл. 2 і 3).
4. Виникнення радіолюмінесценції в кристалах $BaCl_2$ є наслідком суперпозиції процесів, які описуються рівняннями (8) і (9). У процесі опромінення вклад реакцій (8) у радіоліз кристала зменшується (табл. 4 і 7, рис. 2 і 5), а реакцій (9) – зростає (табл. 5 і 8, рис. 3 і 6). При цьому сумарний вихід в обох смугах свічення залишається практично незмінним (табл. 6 і 9, рис. 4 і 7).
5. Температурна залежність спектрального складу радіолюмінесценції кристалів $BaCl_2-Pb$, розрахована теоретично в цій роботі, задовільно корелює з експериментом.

Література

1. Чорний З.П. Виникнення радіолюмінесценції в кристалах $BaCl_2$ / З.П. Чорний, Х.К. Максимович, В.І. Вайданич // Вісник Львівського університету. – Сер.: Фізична. – Львів : Вид-во Львів. ун-ту ім. Івана Франка. – 1978. – Вип. 13. – С. 45-51.
2. Вайданич В.І. Характерна особливість кристалів $BaCl_2-Pb$ / В.І. Вайданич, Х.К. Максимович, З.П. Чорний // Вісник Львівського університету. – Сер.: Фізична. – Львів : Вид-во Львів. ун-ту ім. Івана Франка. – 1971. – Вип. 6/14. – С. 20-26.
3. Chorny Z.P. Crystals $SrCl_2-K$ radiation sensitivity / Z.P. Chorny, I.B. Pirko, V.M. Salapak // Functional materials. – 2011. – Vol. 18, № 2. – Рр. 206-210.
4. Чорний З.П. F_2 -центри в кристалах флюоритів, легованих лужними металами / З.П. Чорний, І.Б. Пірко, В.М. Салапак, М.Р. Панасюк // Журнал фізичних досліджень. – 2012. – Т. 16, № 1. – С. 1602-1-1602-8.
5. Чорний З.П. Центри забарвлення в кристалах CaF_2-Na і CaF_2-Li . І. Результати експериментальних досліджень / З.П. Чорний, І.Б. Пірко, В.М. Салапак, М.В. Дячук // Фізика і хімія твердого тіла. – 2012. – Т. 13, № 4. – С. 879-882.

Чорний З.П., Вайданич В.І., Пірко І.Б., Дячук Н.В., Салапак В.М., Кобриневич М.С. Активаторная радиолюминесценция в кристаллах $BaCl_2-Pb$ в интервале температур 145-300 К

В моделі лінійного кристала досліджено механізм радіолюмінесценції кристалів $BaCl_2-Pb$ в інтервалі температур 145-300 К. Рассчитаны вероятность излучаемой и тепловой релаксации электрон-дырочной пары в решетке кристалла и их зависимость от концентрации активатора и температуры облучения кристалла. Показано, что спектр радиолюминесценции кристаллов $BaCl_2-Pb_2$ состоит из двух полос с максимумами при $\lambda=550$ нм и $\lambda=320$ нм. Рассчитан энергетический выход радиолюминесценции в полосах 550 и 320 нм, а также зависимость энергетического выхода от содержания примесей в кристалле.

Ключевые слова: кристаллы, радиация, центры окраски.

Chornij Z.P., Vajdanitch V.I., Pirko I.B., Djachuk N.V., Salapak V.M, Kobrunovitch M.S. Activator Radio Luminescence in BaCl₂-Pb Crystal in the Temperature Interval 145-300 K

The mechanism of radio luminescence of BaCl₂-Pb crystals in the temperature range 145-300 K is studied in the linear model of the crystal. The probability of radioactive and thermal relaxation of electron-hole pairs in the crystal lattice and their dependence on the activator concentration and temperature exposure of the crystal are calculated. The spectrum of radio luminescence of BaCl₂-Pb₂ crystal is shown to consist of two bands with maxima at λ=550 nm and 320 nm. The energy output of radio luminescence in bands of 550 and 320 nm, and the dependence of the energy output on the content of impurities in the crystal are calculated.

Key words: crystals, radiation, radio luminescence, band, colour centers.

УДК 662.61:621

Проф. Н.М. Фиалко¹, д-р техн. наук;

вед. науч. сотр. Ю.В. Шеренковский¹, канд. техн. наук;

мл. науч. сотр. Н.В. Майсон¹; вед. науч. сотр. Н.О. Меранова¹, канд. техн. наук;

доц. Л.С. Бутковский², канд. техн. наук; доц. М.З. Абдулин², канд. техн. наук; мл.

науч. сотр. Н.П. Положенко¹; аспирант А.В. Клиш¹;

мл. науч. сотр. С.Н. Стрижеус¹; мл. науч. сотр. А.Б. Тимощенко¹

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕНОСА В ГОРЕЛОЧНОМ УСТРОЙСТВЕ С ЦИЛИНДРИЧЕСКИМ СТАБИЛИЗАТОРОМ ПЛАМЕНИ

Представлены результаты исследования закономерностей процессов переноса в горелочном устройстве с цилиндрическим стабилизатором пламени при использовании различных способов интенсификации этих процессов. Проанализирована ситуация, отвечающая применению прямоугольной кольцевой ниши на боковой поверхности стабилизатора. Приведены данные исследования, касающиеся возможности интенсификации смесеобразования топлива и окислителя путем варьирования расположения газоподводящих отверстий относительно срывной кромки стабилизатора.

Ключевые слова: интенсификация процессов переноса, математическое моделирование, кольцевая ниша, цилиндрический стабилизатор пламени.

Введение. Одним из актуальных направлений развития огнетехнического оборудования является повышение эффективности сжигания топлива в соответствующих горелочных устройствах. В последний период широко распространение в энергетической практике находят горелки стабилизаторного типа с внедрением топлива в сносящий поток окислителя с боковых поверхностей стабилизаторов пламени. Различные аспекты рабочих процессов в указанных горелочных устройствах исследованы во многих работах (например [1-3]). Однако, главным образом, рассмотрению подлежали ситуации, отвечающие применению плоских стабилизаторов пламени.

В настоящей работе проведено исследование закономерностей процессов переноса в горелочном устройстве с цилиндрическим стабилизатором пламени при использовании различных способов интенсификации этих процессов. Проанализирована ситуация, отвечающая применению прямоугольной кольцевой ниши на боковой поверхности стабилизатора, а также обсуждены результаты ис-

следования, касающиеся возможности интенсификации смесеобразования топлива и окислителя путем варьирования расположения газоподводящих отверстий относительно срывной кромки стабилизатора.

Основные результаты исследования. Схема, продольный разрез и основные геометрические характеристики рассматриваемого горелочного устройства с цилиндрическим стабилизатором пламени приведены на рис. 1.

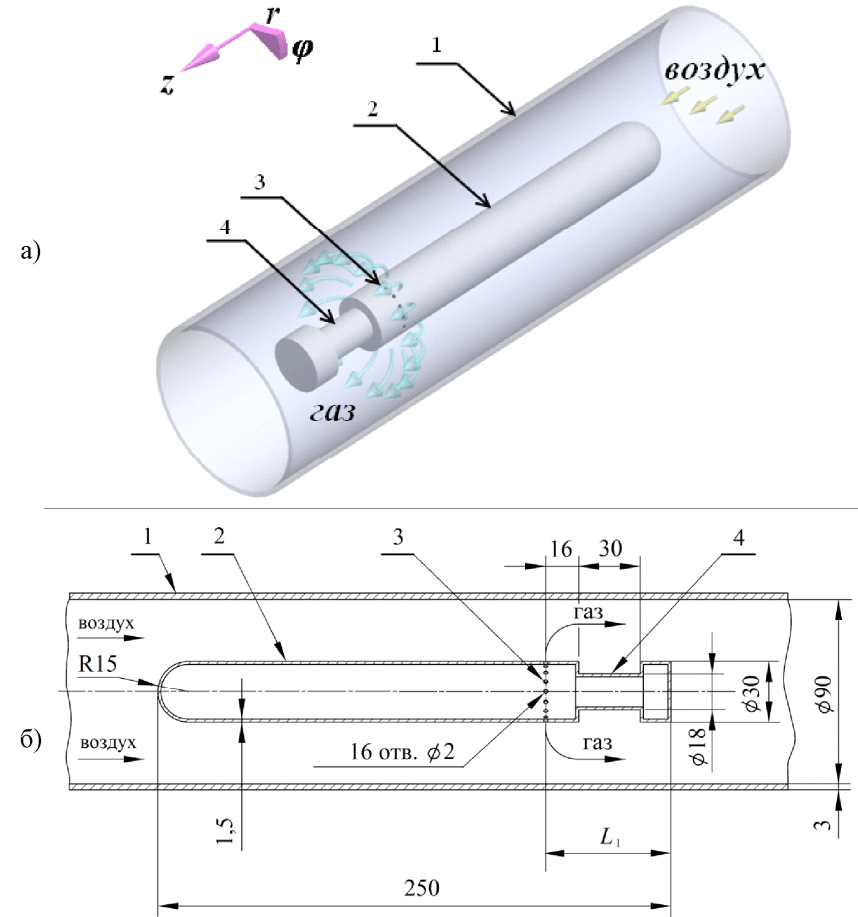


Рис. 1. Схема (а) и продольный разрез (б) горелочного устройства с цилиндрическим стабилизатором пламени при наличии кольцевой ниши: 1) цилиндрический канал; 2) цилиндрический стабилизатор пламени; 3) газоподводящие отверстия; 4) кольцевая ниша

Условия проведения исследования отвечали следующим исходным данным: средняя скорость воздуха во входном сечении горелки $U_0^a = 10$ м/с; средняя скорость природного газа на выходе из газоподводящих отверстий $U_0^g = 55,3$ м/с; интенсивность турбулентности на входе в горелочное устройство $I_0 = 3\%$; абсо-

1 Институт технической теплофизики НАН Украины, г. Киев;
2 Национальный технический университет Украины "КПИ", г. Киев