вые соотношения геометрических размеров транспортных систем и проведено сравнение их с циклоном-прототипом.

Ключевые слова: циклон, транспортная система, эффективность очистки.

Lyutyi Ye.M., Dorundyak L.M. Some New Approaches to Modelling Air Cleaning Processes at Woodworking Enterprises

Well-known achievements in aspiration and air cleaning are analysed. The new mathematical modelling of air movement in the cyclone, based on the Navier-Stokes equations, equations of indissoluble, equations of heat and balance conditions, is described. The influence of separate elements of construction on exploitative characteristics of cyclone is proved. New correlations of geometrical sizes of cyclone's split construction of the transport system are proposed. These correlations are compared to the cyclone-prototype as well.

Keywords: cyclone, transport system, efficiency, cleaning.

УДК 535.343.2

II. ТЕРМОАКТИВАЦІЙНІ ПРОЦЕСИ В РАДІАЦІЙНО ЗАБАРВЛЕНИХ КРИСТАЛАХ $\text{CaF}_2\text{-Na}^+$

**З.П. Чорний¹, І.Б. Пірко², В.М. Салапак³,
М.В. Дячук⁴, А.Д. Кульчицький⁵, О.Р. Онуфрієв⁶**

У моделі лінійного іонного кристала досліджено термоіндуковані процеси в радіаційно забарвлених кристалах $\text{CaF}_2\text{-Na}^+$, опромінених за 80 К іонізуючою радіацією. В інтервалі температур 80-300 К досліджено криві спаду концентрації V_K , $V_{KA(1)}$, F_A , $F_{A(1)}$ -центрів та наростання V_{KA} та M_A^+ -центрів. Показано, що у кристалах $\text{CaF}_2\text{-Na}$ з дефектами дипольного типу релаксація забарвленого кристала відбувається за рахунок рекомбінаційних процесів. У кристалах з термічно нерівноважними точковими дефектами рекомбінаційні процеси відсутні і сумарна концентрація центрів забарвлення під час нагрівання кристала від 80 К до 300 К залишається сталою.

Ключові слова: кристали, радіація, центри забарвлення.

Вступ. У попередніх роботах [1-3] у моделі лінійного кристала розраховано граничні значення концентрації центрів забарвлення у кристалах $\text{CaF}_2\text{-Na}$, опромінених Х-променями за $T=80$ К. Розрахунки проводили окремо для трьох типів кристалів:

- для кристалів, що містять термічно рівноважні дефекти дипольного типу $[(\text{Me}^+)(\text{V}_a)^+ - (\text{Me}^+)(\text{V}_a)^+]$ -пари дефектів;
- для кристалів з термічно нерівноважними точковими дефектами: $[(\text{Me}^+)(\text{V}_a)^+(\text{Me}^+)(\text{V}_a)^+]$ -пари;
- для кристалів із змішаним типом дефектів, де Me^+ – іон лужного металу ($\text{Me}^+=\text{Li}^+, \text{Na}^+, \text{K}^+$).

(Me^+) – знак " – " означає, що Me^+ -іон має негативний відносно кристалічної ґратки електричний заряд; $(\text{V}_a)^+$ – вакансія фтору (аніонна вакансія), яка відносно кристалічної ґратки позитивно заряджена.

¹ проф. З.П. Чорний¹, д-р фіз.-мат. наук – НЛТУ України, м. Львів;

² доц. І.Б. Пірко, канд. фіз.-мат. наук – НЛТУ України, м. Львів;

³ доц. В.М. Салапак, канд. фіз.-мат. наук – НЛТУ України, м. Львів;

⁴ ст. викл. М.В. Дячук – НЛТУ України, м. Львів;

⁵ доц. А.Д. Кульчицький, канд. фіз.-мат. наук – НА друкарства;

⁶ доц. О.Р. Онуфрієв, канд. фіз.-мат. наук – НЛТУ України, м. Львів

У цій роботі досліджено криві спаду концентрації центрів забарвлення, які генерує радіація у ґратці кристала за температури 80 К, і криві наростання нових центрів забарвлення, які виникають у кристалі під час його нагрівання.

1. Методика досліджень. Розрахунок кривих термічного знебарвлення виконано за формулою Мотта

$$n(T) = \frac{n_0}{1 + \omega \cdot \exp(-\varepsilon / kT)}, \quad (1)$$

де: n_0 – концентрація центрів забарвлення за низьких температур, за яких вони термічно стабільні; $n(T)$ – концентрація центрів забарвлення за температури T , до якої нагріли забарвлений кристал; ε – енергія активації; ω – частотний фактор. Досліджено криві знебарвлення V_K , $F_{A(1)}$, $V_{KA(1)}$ -центрів.

Для визначення кривої термічного знебарвлення V_K -центрів використано: $T_1=120$ К, $\varepsilon_1=0,25$ eВ, $n_{01}=0,6n_0$, $T_2=150$ К, $\varepsilon_2=0,29$ eВ, $n_{02}=0,4n_0$.

При знебарвленні $F_{A(1)}$ -центрів: $T_3=168$ К, $\varepsilon_3=0,51$ eВ.

При знебарвленні $V_{KA(1)}$ -центрів: $T_4=200$ К, $\varepsilon_4=0,65$ eВ.

Значення температур T_1 , T_2 , T_3 та T_4 та енергій активації ε_1 , ε_2 , ε_3 , ε_4 запозичено з роботи [4].

2. Результати досліджень. Результати розрахунків ілюструють рис. 1-12.

Рис. 1. Термоіндуковані перетворення діркових центрів забарвлення у кристалах $\text{CaF}_2\text{-0,2}$ мол. % NaF : 1, 2 – криві термічного знебарвлення V_K і $V_{KA(1)}$ -центрів відповідно; 3) крива термічного наростання концентрації V_{KA} -центрів.

C – концентрація комплементарних пар центрів забарвлення, C_0 – концентрація доорадіаційних пар дефектів

Рис. 2. Термічне знебарвлення та термоіндуковані перетворення електронних центрів забарвлення у кристалах $\text{CaF}_2\text{-0,2}$ мол. % NaF , опромінених за $T=80$ К: 1) крива термічного знебарвлення F_A -центрів; 2) крива наростання M_A^+ -центрів

Рис. 3. Термоіндуковані перетворення діркових центрів забарвлення у кристалах $\text{CaF}_2\text{-}0,025$ мол. % NaF: 1, 2 – криві термічного знебарвлення V_K і $V_{KA(l)}$ -центрів відповідно; 3) крива термічного наростання концентрації V_{KA} -центрів

Рис. 4. Термічне знебарвлення та термоіндуковані перетворення електронних центрів забарвлення у кристалах $\text{CaF}_2\text{-}0,025$ мол. % NaF, опромінених за $T=80$ K: 1) крива термічного знебарвлення F_A -центрів, 2) крива наростання M_A^+ -центрів

Рис. 5. Криві термоіндукованих перетворень комплементарних пар центрів забарвлення у кристалах $\text{CaF}_2\text{-}0,2$ мол. % NaF із $[(Na^+) - (V_O)^+(Na^+)(V_O)^+]$ -дорадіаційними дефектами: C – концентрація комплементарних пар центрів забарвлення; C_0 – концентрація дорадіаційних пар дефектів; 1, 2, 3 – криві термічного спаду (наростання) $(V_K - F_A(l))$, $(V_{KA} - F_A(l))$ та $(V_{KA} - M_A^+)$ -пар центрів забарвлення, відповідно

Рис. 6. Криві термічного знебарвлення $F_{A(l)}$ -центрів (крива 1) і наростання M_A^+ -центрів (крива 2) у кристалах $\text{CaF}_2\text{-}0,2$ мол. % NaF із $[(Na^+) - (V_O)^+(Na^+)(V_O)^+]$ -дорадіаційними дефектами

Рис. 7. Криві термоіндукованих перетворень комплементарних пар центрів забарвлення у кристалах $\text{CaF}_2\text{-}0,025$ мол. % NaF із $[(Na^+) - (V_O)^+(Na^+)(V_O)^+]$ -дорадіаційними дефектами: 1, 2, 3 – криві термічного спаду (наростання) $(V_K - F_A(l))$, $(V_{KA} - F_A(l))$ та $(V_{KA} - M_A^+)$ -пар центрів забарвлення, відповідно

Рис. 8. Криві термічного знебарвлення $F_{A(l)}$ -центрів (крива 1) і наростання M_A^+ -центрів (крива 2) у кристалах $\text{CaF}_2\text{-}0,025$ мол. % NaF із $[(Na^+) - (V_O)^+(Na^+)(V_O)^+]$ -дорадіаційними дефектами

Рис. 9. Криві термічного знебарвлення комплементарних пар центрів забарвлення у повторно опромінених кристалах $\text{CaF}_2\text{-}0,2$ мол. % NaF: 1) $F_A - V_K$; 2) $F_{A(l)} - V_K$; 3) $F_{A(l)} - V_{KA}$; 4) $F_A - V_{KA(l)}$

Рис. 10. Криві термічного відпаду F_A -центрів (крива 1), $F_{A(l)}$ -центрів (крива 2) та наростання M_A^+ -центрів (крива 3) у повторно опромінених кристалах $\text{CaF}_2\text{-}0,2$ мол. % NaF

Рис. 11. Криві термічного знебарвлення комплементарних пар центрів забарвлення у повторно опромінених кристалах CaF_2 -0,025 мол. % NaF: 1) $F_A - V_K$; 2) $F_{A(1)} - V_K$; 3) $F_{A(1)} - V_{KA}$; 4) $F_A - V_{KA(1)}$

Рис. 12. Криві термічного відпаду F_A -центрів (крива 1), $F_{A(1)}$ -центрів (крива 2) та наростання M_A^{+} -центрів (крива 3) у повторно опромінених кристалах CaF_2 -0,025 мол. % NaF

Висновки:

1. Вперше у літературі теоретично розраховано криві термічного знебарвлення та наростання центрів забарвлення у кристалах CaF_2 -Na, які загалом узгоджуються з експериментальними даними [4-7].
2. Доцільно розширити теоретичні дослідження на весь клас кристалів флюоритів (кристали $\text{CaF}_2\text{-Me}^+$, $\text{SrF}_2\text{-Me}^+$, $\text{SrCl}_2\text{-Me}^+$, де $\text{Me}^+ = \text{Li}^+, \text{Na}^+, \text{K}^+, \text{Rb}^+, \text{Cs}^+, \text{CaF}_2\text{-O}^{2-}, \text{SrF}_2\text{-O}^{2-}, \text{SrCl}_2\text{-Ti}^+$), що дасть змогу визначити границі застосування моделі лінійного кристала.

Література

1. Чорний З.П. Автолокалізація дірок в кристалах $\text{CaF}_2\text{-Me}^+$ ($\text{Me}^+ = \text{Li}^+, \text{Na}^+, \text{K}^+$). Розрахунок кінетики генерації / З.П. Чорний, І.Б. Пірко, В.М. Салапак, М.В. Дячук, О.Р. Онуфрив // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2015. – Вип. 25.4. – С. 293-298.
2. Чорний З.П. Генерація центрів забарвлення в кристалах флюоритів з термічно нерівноважними структурними дефектами / З.П. Чорний, І.Б. Пірко, В.М. Салапак, М.В. Дячук, О.Р. Онуфрив // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2015. – Вип. 25. 6. – С. 351-358.
3. Чорний З.П. Термоактиваційні процеси в радіаційно забарвлених кристалах $\text{CaF}_2\text{-Me}^+$ / З.П. Чорний, І.Б. Пірко, В.М. Салапак, М.В. Дячук, О.Р. Онуфрив, А.Д. Кульчицький // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2015. – Вип. 25.8. – С. 260-268.
4. Чорний З.П. Іонні процеси в радіаційно забарвлених кристалах галогенідів двовалентних металів : дис. ... д-ра фіз.-мат. наук: спец. / З.П. Чорний. – Л., 2000. – 275 с.
5. Hayes W. Crystals with fluorite structure / W. Hayes, A.M. Stoneham. – Oxford, 1974. – 448 p.
6. Архангельская В.А. Люминесценция, термо- и фотохимия возмущенных центров окраски в кристаллах типа флюорита со щелочными примесями / В.А. Архангельская // Известия АН СССР. – Сер.: Физическая. – 1982. – Т. 46, № 2. – С. 295-299.

7. Hamidia A. Measurement of oscillator strengths of " F_2A " centres in MeF_2 : A^+ ($\text{Me} = \text{Sn}, \text{Sr}; A^+ = \text{Li}^+, \text{Na}^+, \text{K}^+$) / A. Hamidia, J. Margerie // Phys. Stat. Sol. – 1987. – Vol. 141, № 2. – Pp. 391-398.

Надіслано до редакції 21.02.2016 р.

Чорний З.П., Пірко І.Б., Салапак В.М., Дячук М.В., Кульчицький А.Д., Онуфрив О.Р. II. Термоактивационные процессы в радиационно окрашенных кристаллах $\text{CaF}_2\text{-Me}^+$

В модели линейного ионного кристалла исследованы термоиндуцированные процессы в радиационно окрашенных кристаллах $\text{CaF}_2\text{-Na}$, облученных при 80 К ионизирующей радиацией. В интервале температур 80-300 К исследованы кривые спада концентрации V_K , $V_{KA(1)}$, F_A , $F_{A(1)}$ -центров и нарастание V_{KA} и M_A^{+} -центров. Показано, что в кристаллах $\text{CaF}_2\text{-Na}$ с дефектами дипольного типа релаксация окрашенного кристалла происходит за счет рекомбинационных процессов. В кристаллах с термически неравновесными точечными дефектами рекомбинационные процессы отсутствуют и суммарная концентрация центров окраски при нагревании кристалла от 80 К до 300 К остается постоянной.

Ключевые слова: кристаллы, радиация, центры окраски.

Chornyi Z.P., Pirko I.B., Salapak V.M., Dyachuk M.V., Kulchitskiy A.D., Onufriy O.R. II. Thermally Activated Processes in Radiation Coloured Crystals of $\text{CaF}_2\text{-Me}^+$

In the model of line-ionic crystal thermal radiation induced processes in coloured crystals of $\text{CaF}_2\text{-Na}$, irradiated at 80 K ionizing radiation are investigated. In the temperature range 80-300 K concentrations decline curves are studied V_K , $V_{KA(1)}$, F_A , $F_{A(1)}$ – growth centers and V_{KA} and M_A^{+} -centres. It is shown that in crystals $\text{CaF}_2\text{-Na}$ defects dipole relaxation of coloured crystal type is due to recombination processes. In crystals with thermally nonequilibrium point defects recombination processes are absent and the total concentration of colour centers in the crystal is heated from 80 K to 300 K remains constant.

Keywords: crystals, radiation, colour canterers, growth canterers.

УДК 614.841

ВОГНЕЗАХИСНІ РЕЧОВИНИ НА ОСНОВІ НАПОВНЕНИХ СИЛІЦІЙЕЛЕМЕНТООРГАНІЧНИХ ЗВ'ЯЗОК ДЛЯ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ

М.М. Гивлюд¹, В.В. Артеменко², Р.С. Яковчук³, Р.Б. Веселівський⁴

Вивчено вплив будови зв'язки і наповнювача на вогнестійкість високотемпературних захисних покривів для металевих конструкційних матеріалів. Значну частину комплексу цінних захисних властивостей покривам надає карборансилоксанова зв'язка внаслідок фазових і структурних змін під час нагрівання. Вивчено зміну фазового складу і структури покриття у процесі нагрівання і виявлено його вогнезахисні властивості. Отримані результати підтверджують можливість використання наповнених алюмінієм оксидом карборансилоксанових сполук як високотемпературних теплоізоляційних і вогнезахисних покривів металевих конструкційних матеріалів під час нагрівання до 1200 °С та збільшення довговічності захищених матеріалів, які працюють за нагрівання понад 600 °С.

¹ проф. М.М. Гивлюд, д-р техн. наук – НУ "Львівська політехніка";

² доц. В.В. Артеменко, канд. техн. наук – Львівський національний аграрний університет;

³ доц. Р.С. Яковчук, канд. техн. наук – Львівський ДУ безпеки життєдіяльності;

⁴ доц. Р.Б. Веселівський, канд. техн. наук – Львівський ДУ безпеки життєдіяльності