

УДК 534.2:539

КОЭФФИЦИЕНТЫ ПУАССОНА ЩЕЛОЧНО-ГАЛОИДНЫХ КРИСТАЛЛОВ. Ч. III. ГАЛОГЕНИДЫ КАЛИЯ

Беломестных Владимир Николаевич,

д-р физ.-мат. наук, профессор кафедры естественнонаучного образования
Юргинского технологического института (филиала) ТПУ, Россия, 652050,
г. Юрга, ул. Ленинградская, 26. E-mail: bvnilat@yandex.ru

Соболева Эльвира Гомеровна,

канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры естественнонаучного образования
Юргинского технологического института (филиала) ТПУ, Россия, 652050,
г. Юрга, ул. Ленинградская, 26. E-mail: sobolevaeno@mail.ru

Актуальность работы обусловлена необходимостью изучения особенностей температурного поведения коэффициентов Пуассона $\nu_{\langle hkl \rangle}$ в галогенидах калия KX ($X=F, Cl, Br, I$). Детальное исследование позволит восполнить пробел в изучении данных объектов.

Цель работы: получение коэффициентов Пуассона моно- и поликристаллов KCl , KBr , KI в температурной области их существования и KF при $T \leq 300$ K; выявление закономерностей между анизотропными коэффициентами поперечной деформации $\nu_{\langle hkl \rangle}$, модулями сдвига $G_{\langle hkl \rangle}$ и модулями Юнга $E_{\langle hkl \rangle}$ для галогенидов калия KX ($X=F, Cl, Br, I$).

Методы исследования. На основе известных экспериментальных значений постоянных жесткости c_{ij} определены анизотропные и изотропные для поликристаллов коэффициенты Пуассона галогенидов калия KF , KCl , KBr , KI .

Результаты. Определены коэффициенты Пуассона моно- и поликристаллов KCl , KBr , KI в температурной области их существования и KF при $T \leq 300$ K. На примере галогенидов калия подтверждены ранее установленные в галогенидах лития и натрия (до температурных точек упругой изотропии) виды неравенств между анизотропными коэффициентами Пуассона $\nu_{\langle 110, \bar{1}\bar{1}0 \rangle} > \nu_{\langle 111 \rangle} > \nu_{\langle 100 \rangle} > \nu_{\langle 110, 001 \rangle}$, модулями сдвига $G_{\langle 100 \rangle} < G_{\langle 110 \rangle} < G_{\langle 111 \rangle}$ и модулями Юнга $E_{\langle 100 \rangle} > E_{\langle 110 \rangle} > E_{\langle 111 \rangle}$. Выявлено, что с повышением температуры два анизотропных коэффициента Пуассона ($\nu_{\langle 110, \bar{1}\bar{1}0 \rangle}$, $\nu_{\langle 111 \rangle}$) в галогенидах калия уменьшаются, два других ($\nu_{\langle 100 \rangle}$, $\nu_{\langle 110, 001 \rangle}$) увеличиваются, средний (ν) демонстрирует слабую температурную зависимость (незначительный рост). Установлено, что все анизотропные модули сдвига $G_{\langle hkl \rangle}$ и Юнга $E_{\langle hkl \rangle}$ в кристаллах KX с повышением их температуры уменьшаются.

Ключевые слова:

Коэффициент Пуассона, кристалл, упругие свойства, анизотропия, галогениды калия.

Кристаллы галогенидов калия (KF , KCl , KBr , KI) как объекты исследования являются логическим продолжением опубликованных результатов [1, 2] по коэффициентам Пуассона кристаллов галогенидов лития и натрия. В указанных работах кроме некоторых общих закономерностей для анизотропных коэффициентов Пуассона $\nu_{\langle hkl \rangle}$, собственных обеим группам кристаллов, были обнаружены отдельные интересные особенности. Например, в кристалле LiF при определенных условиях $\nu_{\langle hkl \rangle}$ принимают отрицательные значения (признак ауксетичности [3–7]), а в кристаллах NaX ($X=F, Cl, Br, I$) при изменении температуры происходит смена видов неравенств между $\nu_{\langle hkl \rangle}$ в соответствующих точках их упругой изотропии. Необходимость исследования температурного поведения коэффициентов Пуассона $\nu_{\langle hkl \rangle}$ в галогенидах калия KX ($X=F, Cl, Br, I$) обусловлена восполнением пробела в изучении данных объектов.

В табл. 1 приведены некоторые физические свойства кристаллов галогенидов калия при стандартных условиях. Значения упругих параметров таблицы показывают, что все кристаллы KX существенно анизотропны (фактор упругой анизотропии A значительно меньше единицы), из чего можно ожидать относительно высокой разницы между численными значениями $\nu_{\langle hkl \rangle}$ в каждом кристалле. Из четырех кристаллов доля центрального взаимодействия между ионами выше в KCl и KBr (соотно-

Таблица 1. Некоторые физические свойства галогенидов калия (300 K) [8–13]

Table 1. Several physical features of potassium halogenides (300 K) [8–13]

Свойство/Feature	KF	KCl	KBr	KI
Плотность, 10^3 , кг/м ³ Density, 10^3 , kg/m ³	2,53	1,98	2,75	3,13
Компоненты тензора упругой жесткости c_{ij} , ГПа Elastic stiffness tensor components c_{ij} , GPa				
c_{11}	65,80	39,80	34,50	27,55
c_{12}	14,90	6,20	5,40	4,70
c_{44}	12,80	6,25	5,08	3,80
Температура плавления, K Melting temperature, K	1130	1049	1003	959
Температура Дебая, K Debye temperature, K	313	222	165	120
Соотношение Коши $\Delta = c_{12}/c_{44}$ Cauchy relation $\Delta = c_{12}/c_{44}$	1,16	0,99	1,06	1,24
Фактор упругой анизотропии $A = 2c_{44}/(c_{11} - c_{12})$ Elastic anisotropy factor	0,50	0,37	0,35	0,33

шение Коши Δ наиболее близко к единице). Следует также учесть, что в зависимости от отдельных свойств кристаллов в их ряду $KF \rightarrow KCl \rightarrow KBr \rightarrow KI$ заметно отклонение для кристалла KCl (понижен-

ное значение плотности, постоянная жесткости c_{12} меньше постоянной жесткости c_{44} , тогда как в KF, KBr и KI явно совсем наоборот, $c_{12} > c_{44}$.

В работе использовались справочные сведения по упругим постоянным монокристаллов галогенидов калия [11, 12]. При этом диагональные компоненты матрицы постоянных жесткости c_{11} и c_{44} в современных условиях измеряются с высокой точностью (относительная погрешность десятки доли процента). Недиагональная компонента c_{12} не измеряется непосредственно ни одним из известных методов, а ее значение является малой величиной, определяемой разностью больших величин [10]. Погрешность c_{12} составляет проценты и даже десятки процентов. В связи с этим представленные в табл. 2 значения коэффициентов Пуассона как результат комбинаций постоянных жесткости c_{11} , c_{12} и c_{44} следует считать выполненными с погрешностью не хуже $\pm 10\%$.

Для исследуемой группы кристаллов табл. 2 демонстрирует анизотропные $\nu_{\langle hkl \rangle}$, средние ν , усредненные $\bar{\nu}$ коэффициенты Пуассона и параметр Грюнайзена γ (мера ангармонизма межатомных колебаний в решетке и нелинейности сил межатомного взаимодействия) при комнатной температуре. Расчетные соотношения для указанных величин были опубликованы нами ранее [1]. Из приведенных в табл. 2 данных следует, что действительно между коэффициентами Пуассона в основных кристаллографических направлениях кубической решетки каждого галоидного кристалла калия наблюдается существенная анизотропия, например, в KI отношение $\nu_{\langle 110,110 \rangle} / \nu_{\langle 110,001 \rangle}$ достигает 8,9. В кристаллах KCl, KBr и KI анизотропные коэффициенты Пуассона $\nu_{\langle 110,110 \rangle}$ превышают предельное значение среднего коэффициента Пуассона $\nu=0,5$ для изотропных твердых тел. При продольно-поперечных деформациях кристаллов KX в направлениях $\langle 100,001 \rangle$ коэффициенты Пуассона минимальны, но положительны (продольное удлинение образца сопровождается обычным сужением в поперечном направлении). В кристаллах KX неравенство между анизотропными коэффициентами Пуассона имеет следующий вид: $\nu_{\langle 110,110 \rangle} > \nu_{\langle 111 \rangle} > \nu_{\langle 100 \rangle} > \nu_{\langle 110,001 \rangle}$ (следствие того, что фактор упругой анизотропии для них $A < 1$, табл. 1). Коэффициенты Пуассона поликристаллов KX (ν и $\bar{\nu}$) близки к типичным значениям этого коэффициента $\bar{\nu} \approx 0,3$ для изотропных твердых тел.

Таблица 2. Коэффициенты Пуассона и параметр Грюнайзена кристаллов галогенидов калия (300 K)

Table 2. Poisson ratios and Gruneisen parameter for the crystals of potassium halogenides (300 K)

Кристалл Crystal	$\nu_{\langle 100 \rangle}$	$\nu_{\langle 110,001 \rangle}$	$\nu_{\langle 110,110 \rangle}$	$\nu_{\langle 111 \rangle}$	ν	$\bar{\nu}$	γ
KF	0,185	0,116	0,486	0,323	0,275	0,277	1,626
KCl	0,135	0,069	0,558	0,340	0,273	0,275	1,615
KBr	0,135	0,066	0,580	0,349	0,280	0,282	1,654
KI	0,146	0,068	0,603	0,360	0,292	0,294	1,724

Параметры Грюнайзена исследуемых кристаллов по своим величинам не выделяют галогениды калия среди других твердых тел. Минимальное значение γ для KCl в группе кристаллов KX свидетельствует о некоторой относительно лучшей гармонизации взаимодействия ионов калия и хлора в решетке по сравнению с остальными парами партнеров по взаимодействию.

Температурные изменения коэффициентов Пуассона кристаллов галогенидов калия приведены на рисунке, *a* (KF), *b* (KCl), *в* (KBr), *г* (KI). В двух исследуемых кристаллах, KCl и KBr, с увеличением температуры наблюдаются одинаковые по виду зависимости для всех коэффициентов Пуассона как и соответствующие изменения от температуры коэффициентов Пуассона ранее изученных кристаллов галогенидов лития [1] и натрия [2]. Два анизотропных коэффициента Пуассона ($\nu_{\langle 110,110 \rangle}$, $\nu_{\langle 111 \rangle}$) при этом монотонно уменьшаются, два других ($\nu_{\langle 110,001 \rangle}$, $\nu_{\langle 100 \rangle}$) возрастают, вследствие чего средний (ν) слабо зависит от температуры (медленный рост) на всей температурной шкале существования кристаллов хлорида и бромиды калия.

Для монокристалла KF экспериментальные значения постоянных жесткости c_{ij} известны только в ограниченном диапазоне температур ($T \leq 300$ K) [10, 14]. Поэтому на рисунке, *a* коэффициенты Пуассона фторида калия ограничены низкотемпературной областью, из вида которых можно все же судить об их обычном температурном поведении.

Частичные отклонения от обычного вида температурных изменений коэффициентов Пуассона можно наблюдать лишь в случае кристалла KI (рисунков, *г*) на кривых $\nu_{\langle 100 \rangle}(T)$ и $\nu(T)$ при $T > 300$ K. Физическую причину смены характера продольно-поперечного деформирования вдоль граней куба монокристалла KI ($\nu_{\langle 100 \rangle}$) в области комнатных температур и выше по сравнению с другими галогенидами щелочных металлов назвать трудно. Возможно, дело в неточности получения экспериментальных данных по c_{ij} монокристалла KI в высокотемпературной области (заметим, сведений по c_{ij} для KI удивительно мало). Что касается уменьшения изотропного коэффициента Пуассона ν в KI при нагревании после комнатных температур, то здесь, понятно, превалирует суммарно аналогичные вклады от трех $\nu_{\langle 110,110 \rangle}$, $\nu_{\langle 111 \rangle}$, $\nu_{\langle 100 \rangle}$ против одного медленно возрастающего $\nu_{\langle 110,001 \rangle}$.

Помимо результатов по анизотропии коэффициентов Пуассона $\nu_{\langle hkl \rangle}$ и по их температурным изменениям в группе кристаллов KX интерес представляют сведения о модулях сдвига $G_{\langle hkl \rangle}$ и модулях Юнга $E_{\langle hkl \rangle}$ в трех основных кристаллографических направлениях $\langle 100 \rangle$, $\langle 110 \rangle$, $\langle 111 \rangle$ в соответствующих температурных интервалах. Полученные нами данные такого содержания представлены в табл. 3–6. При этом были использованы экспериментальные значения постоянных податливости s_{ij} исследуемых кристаллов из [14–18] (расчетные формулы приведены в [2, 19, 20]). Из приведенных в таблицах величин $G_{\langle hkl \rangle}(T)$ и

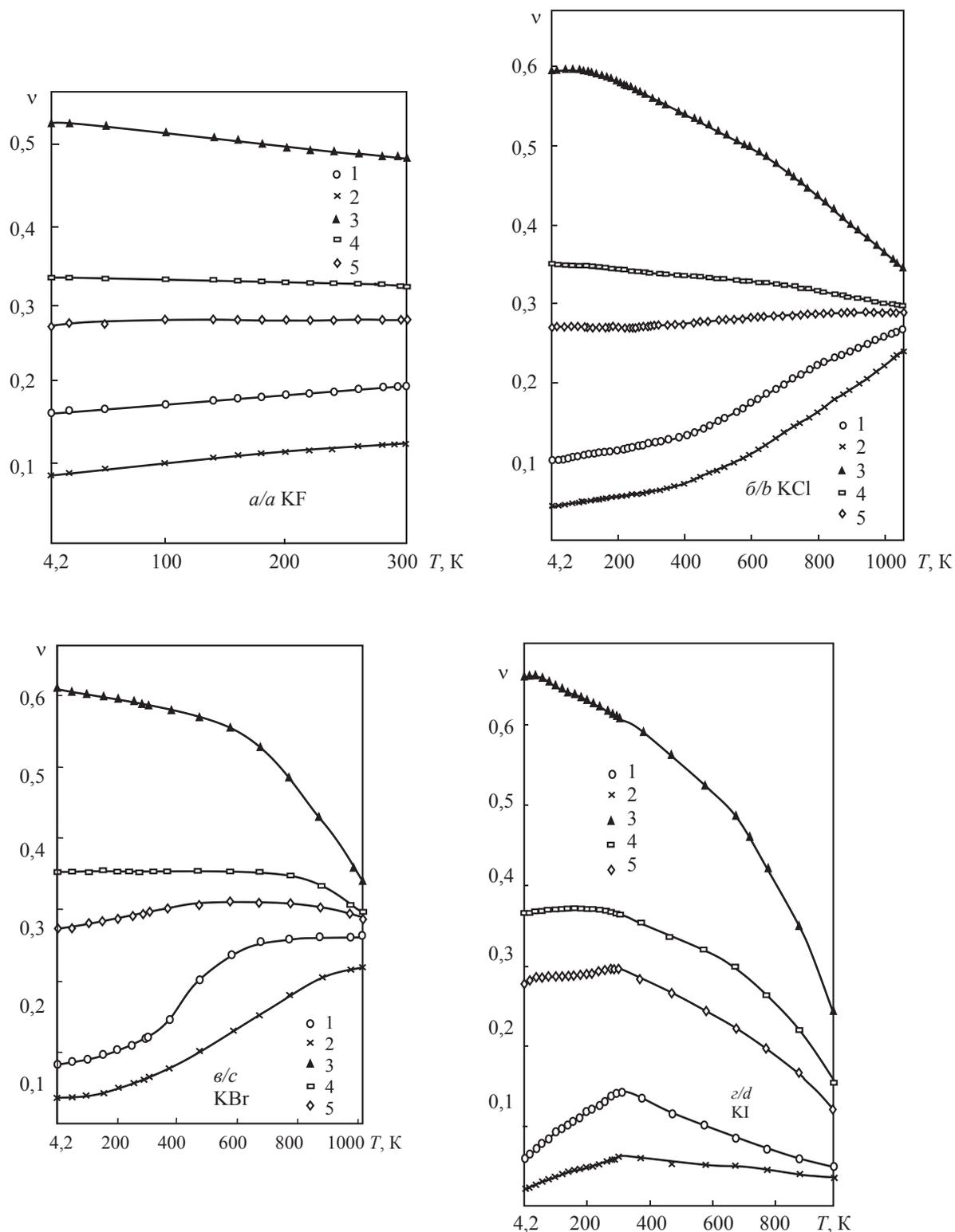


Рисунок. Температурные изменения коэффициентов Пуассона кристаллов КХ: 1) $\nu_{\langle 100 \rangle}$; 2) $\nu_{\langle 110,001 \rangle}$; 3) $\nu_{\langle 110,110 \rangle}$; 4) $\nu_{\langle 111 \rangle}$; 5) ν (поликристалл). а) KF; б) KCl; в) KBr; г) KI

Figure. Temperature change of Poisson coefficients of KX crystals 1) $\nu_{\langle 100 \rangle}$; 2) $\nu_{\langle 110,001 \rangle}$; 3) $\nu_{\langle 110,110 \rangle}$; 4) $\nu_{\langle 111 \rangle}$; 5) ν (polycrystalline). а) KF; б) KCl; в) KBr; г) KI

$E_{<hk>}(T)$ однозначно следует: 1) между анизотропными модулями упругости кристаллов КХ выполняются неравенства вида $G_{<100>} < G_{<110>} < G_{<111>}$ для модулей сдвига и $E_{<100>} < E_{<110>} < E_{<111>}$ для модулей Юнга; 2) с повышением температуры кристаллов все 6 их модулей упругости монотонно уменьшаются. Аналогичные закономерности наблюдались нами ранее в кристаллах галогенидов натрия [2].

Таблица 3. Анизотропные упругие модули кристалла KF

Table 3. Anisotropic elastic modulus of KF crystal

T	G<100>	G<110>	G<111>	E<100>	E<110>	E<111>
K	ГПа/hPa					
4,2	13,36	18,69	21,56	71,63	40,59	35,46
100	12,89	17,77	20,34	67,29	39,18	34,39
200	12,73	17,18	19,45	62,74	38,29	33,88
300	12,80	17,05	19,17	60,50	38,07	33,87

Таблица 4. Анизотропные упругие модули кристалла KCl

Table 4. Anisotropic elastic modulus of KCl crystal

T	G<100>	G<110>	G<111>	E<100>	E<110>	E<111>
K	ГПа/hPa					
4,2	6,63	10,10	12,30	47,24	21,17	17,88
100	6,55	9,91	12,00	45,19	20,82	17,65
200	6,48	9,64	11,50	42,30	20,43	17,42
300	6,25	9,11	10,70	38,12	19,47	16,74
400	6,13	8,80	10,30	35,34	18,86	16,32
500	5,97	8,33	9,59	31,90	18,16	15,86
600	5,80	7,84	8,89	28,55	17,40	15,40
700	5,64	7,32	8,12	25,06	16,61	14,93
800	5,47	6,77	7,36	21,76	15,73	14,40
900	5,30	6,24	6,62	18,83	14,87	13,89
1000	5,12	5,72	5,95	16,29	13,97	13,33
1049	5,06	5,30	5,38	13,67	12,89	12,65

Выводы

1. Определены коэффициенты Пуассона моно- и поликристаллов KCl, KBr, KI в температурной области их существования и KF при $T \leq 300$ К.
2. На примере галогенидов калия подтверждены ранее установленные в галогенидах лития [1] и натрия [2] (до температурных точек упругой изотропии) виды неравенств между анизотропными коэффициентами Пуассона $\nu_{<110,110>} > \nu_{<111>} > \nu_{<100>} > \nu_{<110,001>}$, модулями сдвига $G_{<100>} < G_{<110>} < G_{<111>}$ и модулями Юнга $E_{<100>} < E_{<110>} > E_{<111>}$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беломестных В.Н., Соболева Э.Г. Коэффициенты Пуассона щелочно-галоидных кристаллов. Ч. I. Галогениды лития // Известия Томского политехнического университета. – 2012. – Т. 320. – № 2. – С. 137–139.
2. Беломестных В.Н., Соболева Э.Г. Коэффициенты Пуассона щелочно-галоидных кристаллов. Ч. II. Галогениды натрия // Известия Томского политехнического университета. – 2013. – Т. 323. – № 2. – С. 140–142.
3. Negative Poisson's ratio as a common feature of cubic metals / R.H. Baughman, J.M. Shacklette, A.A. Zakhidov, S. Staf-

Таблица 5. Анизотропные упругие модули кристалла KBr

Table 5. Anisotropic elastic modulus of KBr crystal

T	G<100>	G<110>	G<111>	E<100>	E<110>	E<111>
K	ГПа/hPa					
4,2	5,38	8,34	10,20	40,82	17,40	14,60
100	5,20	8,07	9,88	39,28	16,77	14,07
200	5,18	7,84	9,47	36,13	16,54	14,00
300	5,08	7,53	8,97	33,04	16,05	13,70
400	4,95	7,10	8,30	29,03	15,38	13,30
500	4,82	6,70	7,70	26,67	15,01	13,10
600	4,65	6,24	7,04	23,53	14,31	12,66
700	4,55	5,91	6,56	21,05	13,73	12,29
800	4,39	5,43	5,88	17,86	12,87	11,76
900	4,24	4,98	5,28	15,15	11,98	11,19
1003	4,10	4,45	4,58	12,30	10,99	10,61

Таблица 6. Анизотропные упругие модули кристалла KI

Table 6. Anisotropic elastic modulus of KI crystal

T	G<100>	G<110>	G<111>	E<100>	E<110>	E<111>
K	ГПа/hPa					
4,2	3,68	5,97	7,53	33,53	12,20	10,07
100	3,69	5,87	7,31	31,32	12,16	10,09
200	3,68	5,72	7,02	28,69	12,00	10,05
300	3,80	5,70	6,84	26,18	12,18	10,33
400	3,66	5,48	6,56	24,39	11,59	9,87
500	3,54	5,23	6,22	22,22	11,03	9,45
600	3,44	4,96	5,80	19,42	10,43	9,02
700	3,36	4,68	5,38	16,67	9,81	8,62
800	3,17	4,30	4,88	14,29	8,98	8,00
900	3,13	4,00	4,41	11,76	8,34	7,59
959	24,39	9,98	7,01	3,04	4,75	3,83

3. С повышением температуры два анизотропных коэффициента Пуассона ($\nu_{<110,110>}, \nu_{<111>}$) в галогенидах калия уменьшаются, два других ($\nu_{<100>}, \nu_{<110,001>}$) увеличиваются, средний (ν) демонстрирует слабую температурную зависимость (незначительный рост). Исключение составляет ход кривых $\nu_{<100>}(T)$ и $\nu(T)$ в KI при температурах выше комнатных (наблюдается спад). Причина такого поведения непонятна.
4. Все анизотропные модули сдвига $G_{<hk>}$ и Юнга $E_{<hk>}$ в кристаллах КХ с повышением их температуры уменьшаются.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 13-08-98014 p_сибирь_a на проведение фундаментальных научных исследований.

- strom // Nature. – 1998. – V. 392. – № 6674. – P. 362–365.
4. Lakes R.S. Foam structures with a negative Poisson's ratio // Science. – 1987. – V. 235. – № 4792. – P. 1038–1040.
5. Материалы с отрицательным коэффициентом Пуассона. (Обзор) / Д.А. Конек, К.В. Войцеховски, Ю.М. Плещачевский, С.В. Шилько // Механика композитных материалов и конструкций. – 2004. – Т. 10. – № 1. – С. 35–69.
6. Беломестных В.Н., Соболева Э.Г. Особенности поведения коэффициентов Пуассона ауксетичных материалов // Вестник Бурятского государственного университета. – 2013. – № 3. – С. 79–87.

7. Гольдштейн Р.В., Городцов В.А., Лисовенко Д.С. Ауксетическая механика кристаллических материалов // Изв. РАН. МТТ. – 2010. – № 4. – С. 43–62.
8. Воробьев А.А. Механические и тепловые свойства щелочно-галогидных монокристаллов. – М.: Высшая школа, 1968. – 272 с.
9. Кучин В.А., Ульянов В.Л. Упругие и неупругие свойства кристаллов. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 136 с.
10. Упругие и акустические свойства ионных, керамических диэлектриков и высокотемпературных сверхпроводников / В.Н. Беломестных, Ю.П. Похолоков, В.Л. Ульянов, О.Л. Хасанов. – Томск: СТУ, 2001. – 226 с.
11. Свойства неорганических соединений. Справочник / Ефимов А.И. и др. – Л.: Химия, 1983. – 392 с.
12. Рабинович В.А., Хавин З.Я. Краткий химический справочник. – Л.: Химия, 1977. – 376 с.
13. Беломестных В.Н., Теслева Е.П. Ангармонические эффекты в твердых телах (акустические аспекты). – Томск: Изд-во ТПУ, 2009. – 151 с.
14. Францевич И.Н., Воронов Ф.Ф., Бакута С.А. Упругие постоянные и модули упругости металлов и неметаллов. Справочник. – Киев: Наукова думка, 1982. – 286 с.
15. Физическая акустика/ Т. 3. Динамика решетки / под ред. У. Мэзона. – М.: Мир, 1968. – 391 с.
16. Simmons G., Wang K. Single Crystal Elastic Constants and Calculated Aggregate Properties: handbook. – Cambridge MA, MIT, 1971. – 370 p.
17. Никаноров С.П., Кардашев Б.К. Упругость и дислокационная неупругость кристаллов. – М.: Наука. 1985. – 250 с.
18. Лейбфрид Г., Людвиг В. Теория ангармонических эффектов в кристаллах / пер. с англ. под ред. В.Л. Бонч-Бруевича. – М.: Изд-во иностранной литературы, 1963. – 280 с.
19. Асадов Ю.Г., Насиров В.И. Исследование кинетики полиморфного $\alpha \leftrightarrow \beta$ превращения в монокристаллическом нитрате калия // Кристаллография. – 1972. – Т. 17. – № 5. – С. 991–994.
20. Беломестных В.Н., Соболева Э.Г. Акустические, упругие и неупругие свойства кристаллов галогенатов натрия. – Томск: Изд-во ТПУ, 2009. – 276 с.

Поступила 31.05.2014 г.

UDC 534.2:539

POISSON RATIOS OF ALKALI-HALOID CRYSTALS. P. III. POTASSIUM HALOGENIDE

Vladimir N. Belomestnykh,

Dr. Sc., Yurga Institute of Technology, TPU affiliate,
26, Leningradskaya street, Yurga, 652050, Russia. E-mail: bvnilat@yandex.ru

Elvira G. Soboleva,

Cand. Sc., Yurga Institute of Technology, TPU affiliate,
26, Leningradskaya street, Yurga, 652050, Russia. E-mail: sobolevaeno@mail.ru

Relevance of the work is determined by the necessity of studying the thermal behavior of Poisson ratios $\nu_{\langle hkl \rangle}$ in potassium halogenides KX (X=F, Cl, Br, I). The detailed research will allow filling the void in the scientific knowledge concerning the given objects.

The aim of the research is to obtain the Poisson ratios of KCl, KBr, KI mono- and polycrystals for temperature region of their existence and those of KF under $T \leq 300$ K; to identify the regularities between anisotropic Poisson ratios $\nu_{\langle hkl \rangle}$, shear moduli $G_{\langle hkl \rangle}$ and Young moduli $E_{\langle hkl \rangle}$ for potassium halogenides KX (X=F, Cl, Br, I).

Methods of research. Based on the known experimental values of stiffness constants c_j the authors have determined the anisotropic and isotropic (for polycrystals) Poisson ratios of potassium halogenides KF, KCl, KBr, KI.

Results. The Poisson ratios for mono- and polycrystals of KCl, KBr, KI were found for temperature region of their existence and for KF under $T \leq 300$ K. On the example of potassium halogenides the authors proved the inequations between the anisotropic Poisson ratios $\nu_{\langle 110, \bar{1}\bar{1}0 \rangle} > \nu_{\langle 111 \rangle} > \nu_{\langle 100 \rangle} > \nu_{\langle 110, 001 \rangle}$, shear moduli $G_{\langle 100 \rangle} < G_{\langle 110 \rangle} < G_{\langle 111 \rangle}$ and Young moduli $E_{\langle 100 \rangle} > E_{\langle 110 \rangle} > E_{\langle 111 \rangle}$ previously stated for lithium and sodium halogenides (up to the temperature points of elastic isotropy). It was established that with the temperature growth two anisotropic Poisson ratios ($\nu_{\langle 110, \bar{1}\bar{1}0 \rangle}$, $\nu_{\langle 111 \rangle}$) in potassium halogenides decrease, two other ($\nu_{\langle 100 \rangle}$, $\nu_{\langle 110, 001 \rangle}$) increase, the average one (ν) demonstrates weak temperature dependence (insignificant growth). It was established that all anisotropic shear $G_{\langle hkl \rangle}$ and Young $E_{\langle hkl \rangle}$ moduli in KX crystals decrease as crystal temperature growth.

Key words:

Poisson's ratio, crystal, elastic properties, anisotropy, potassium halides.

The research was financially supported by RFBR grant no. 13-08-98014 p_сибирь_a for fundamental scientific research.

REFERENCES

1. Belomestnykh V.N., Soboleva E.G. Koeffitsienty Puassona shchelochno-galoidnykh kristallov. Ch. I. Galogenidy litiya [Poisson's ratio of alkali-halide crystals. P. I. Lithium halide]. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University*, 2011, vol. 320, no. 2, pp. 137–139.
2. Belomestnykh V.N., Soboleva E.G. Koeffitsienty Puassona shchelochno-galoidnykh kristallov. Ch. II. Galogenidy natriya [Poisson's ratio of alkali-halide crystals. P. II. Chlorides of sodium]. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University*, 2013, vol. 323, no. 2, pp. 140–142.
3. Baughman R.H., Shacklette J.M., Zakhidov A.A., Stafstrom S. Negative Poisson's ratio as a common feature of cubic metals. *Nature*, 1998, vol. 392, no. 6674, pp. 362–365.
4. Lakes R.S. Foam structures with a negative Poisson's ratio. *Science*, 1987, vol. 235, no. 4792, pp. 1038–1040.
5. Konek D.A., Voytsekhovskiy K.V., Pleskachevskiy Yu.M., Shilko S.V. Materialy s otritsatelnyim koeffitsientom Puassona. (Obzor) [Materials with negative Poisson's ratio. (Review)]. *Composite Mechanics and design*, 2004, vol. 10, no. 1, pp. 35–69.
6. Belomestnykh V.N., Soboleva E.G. Osobennosti povedeniya koeffitsientov Puassona auksetichnykh materialov [Features of behavior Poisson's ratio of auxetic]. *Vestnik Buryatskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2013, no. 3, pp. 79–87.
7. Goldshteyn R.V., Gorodtsov V.A., Lisovenko D.S. Aukseticheskaya mekhanika kristallicheskiykh materialov [Auxetics mechanics of crystalline materials]. *Mechanics of Solids*, 2010, no. 4, pp. 43–62.
8. Vorobev A.A. *Mekhanicheskie i teplovye svoystva shchelochno-galoidnykh monokristallov* [Mechanical and thermal properties of alkali-halide crystals]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1968. 272 p.
9. Kuchin V.A., Ulyanov V.L. *Uprugie i neuprugie svoystva kristallov* [Elastic and inelastic properties of crystals]. Moscow, Energoatomizdat Publ., 1986. 136 p.
10. Belomestnykh V.N., Pokholkov Yu.P., Ulyanov V.L., Khasanov O.L. *Uprugie i akusticheskie svoystva ionnykh, keramicheskikh dielektrikov i vysokotemperaturnykh sverkhprovodnikov* [Elastic and acoustic properties of ionic ceramic insulators and high-temperature superconductors]. Tomsk, STT Publ., 2001. 226 p.
11. Efimov A.I. *Svoystva neorganicheskikh soedineniy* [Properties of inorganic compounds]. Leningrad, Khimiya Publ., 1983. 392 p.
12. Rabinovich V.A., Khavin Z.Ya. *Kratkiy khimicheskii spravochnik* [Brief chemical Handbook]. Leningrad, Khimiya Publ., 1977. 376 p.
13. Belomestnykh V.N., Tesleva E.P. *Angarmonicheskie efekty v tverdykh telakh (akusticheskie aspekty)* [Anharmonic effects in solids (acoustic aspects)]. Tomsk, TPU Publ. house, 2009. 151 p.
14. Frantsevich I.N., Voronov F.F., Bakuta S.A. *Uprugie postoyanny i moduli uprugosti metallov i nemetallov* [Elastic constants and modulus of elasticity of metals and non-metals]. Kiev, Naukova Dumka Publ., 1982. 286 p.
15. *Fizicheskaya akustika* [Physical acoustics]. Dinamika reshetki [Vol. 3. Lattice dynamics]. Ed. by U. Mezon. Moscow, Mir Publ., 1968. 391 p.
16. Simmons G., Wang K. *Single Crystal Elastic Constants and Calculated Aggregate Properties: handbook*. Cambridge MA, MIT, 1971. 370 p.
17. Nikanorov S.P., Kardashev B.K. *Uprugost i dislokatsionnaya neuprugost kristallov* [Elasticity and dislocation inelasticity of crystals]. Moscow, Nauka Publ., 1985. 250 p.
18. Leybfrid G., Lyudvig V. *Teoriya angarmonicheskikh effektov v kristallakh* [The theory of inharmonic effects in crystals]. Transl. from English. Ed. by V.L. Bonch-Bruевич. Moscow, Foreign literature Press, 1963. 280 p.
19. Asadov Yu.G., Nasirov V.I. Issledovanie kinetiki polimorfnoego $\alpha \leftrightarrow \beta$ prevrashcheniya v monokristalicheskom nitrata natriya [Investigation of kinetics of polymorphic $\alpha \leftrightarrow \beta$ transformation in monocrystalline of potassium nitrate]. *Crystallography Reports*, 1972, vol. 17, no. 5, pp. 991–994.
20. Belomestnykh V.N., Soboleva E.G. *Akusticheskie, uprugie i neuprugie svoystva kristallov galogenatov natriya* [Acoustic, elastic and inelastic properties of crystals of sodium halogenate]. Tomsk, TPU Publ. house, 2009. 276 p.

Received: 31 May 2014.