

**ВЛИЯНИЕ ОБЛУЧЕНИЯ γ -КВАНТАМИ НА ТЕМПЕРАТУРНЫЙ
КОЭФФИЦИЕНТ ЛИНЕЙНОГО РАСШИРЕНИЯ ТВЕРДЫХ
РАСТВОРОВ СИСТЕМЫ KCl — KBr**

М. С. ИВАНКИНА, И. В. ЯНЦЕН

(Представлена научным семинаром НИИЯФЭА)

Облучение кристаллов приводит к появлению в них большого числа нарушений в их структуре. Облучение тяжелыми частицами высоких энергий вызывает смещение ионов из узлов кристаллической решетки в результате упругих столкновений последних с ускоренными частицами, а также в результате эффектов ионизации. Каков механизм смещений ионов при облучении щелочногалоидных кристаллов рентгеновскими лучами и γ -квантами — не установлено. Возможны объяснения этого механизма, предложенные Зейтцем [1], Варли [2], и др. [3, 4, 5].

Под действием радиоактивных излучений изменяется плотность кристаллов [6, 7, 8], параметр кристаллической решетки [9], объем [10, 11, 12] и другие свойства [13—16].

Изменение физических свойств щелочногалоидных кристаллов под действием излучений обусловлено нарушением их структуры, что сопровождается ослаблением связи между частицами кристалла и увеличением свободной энергии системы — F [17, 18] на величину $\Delta F = n\omega - T \Delta S_{\text{конф}} - T \Delta S_{\text{кол}}$, где

n — число введенных нарушений типа дефектов Шоттки или Френкеля,

ω — свободная энергия образования дефекта,

$\Delta S_{\text{конф}}$ и $\Delta S_{\text{кол}}$ — изменение конфигурационной и колебательной энтропии соответственно,

T — температура. Так как величина температурного коэффициента линейного расширения определяется термодинамическим соотношением

$$\alpha = -\frac{1}{k} \frac{\partial^2 F}{\partial V \cdot \partial T},$$

(k — коэффициент сжимаемости, V — объем), то изменение свободной энергии кристалла должно сказаться на величине температурного коэффициента линейного расширения — α . Экспериментально было установлено изменение α для кристаллов NaCl, KCl, KBr и KI при воздействии на них облучения нейтронами [13], протонами [14], и для кристаллов NaCl при рентгеновском облучении [19]. Однако исследований, посвященных измерению температурного коэффициента линейного расширения облученных кристаллов твердых растворов щелочногалоидных солей, проведено к настоящему времени очень немного [20].

В данной работе рассматривается влияние изодозного облучения γ -квантами на температурный коэффициент линейного расширения твердых растворов системы КСI—КВг в зависимости от их состава, а также исследовано влияние дозы облучения на α твердых растворов разного состава.

Измерения выполнены на емкостном dilatометре методом биений [21] с точностью до $\pm 10^{-7}$ /град. Облучение производилось на источнике γ -квантов — Co^{60} с интенсивностью излучения 450 рентген/сек.

Результаты эксперимента показали (рис. 1), что температурный коэффициент линейного расширения, измеренный при температуре 100°C , у кристаллов твердых растворов, облученных γ -квантами дозой $4 \cdot 10^8$ рентген, больше, чем у необлученных. Наименьшее увеличение температурного коэффициента линейного расширения у облученных кристаллов твердых растворов состава 75 мол.% КСI + 25 мол.% КВг, 50 мол.% КСI + 50 мол.% КВг.

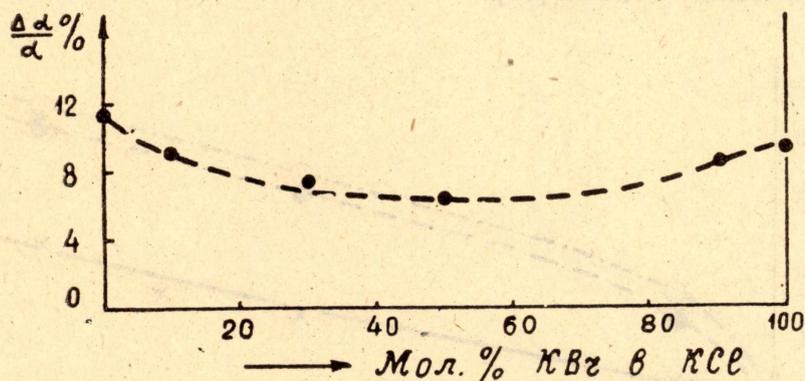


Рис. 1. Зависимость относительного изменения температурного коэффициента линейного расширения — $\frac{\Delta\alpha}{\alpha}$ от состава твердых растворов системы КСI—КВг, облученных γ -квантами Co^{60} дозой $4 \cdot 10^8$ рентген

Известно, что в твердых растворах щелочногалоидных солей силы связи между ионами решетки меньше, чем в кристаллах исходных компонентов [21, 22, 23]. В связи с этим относительный прирост наведенных радиацией дефектов в твердых растворах должен быть меньшим, чем в чистых щелочногалоидных кристаллах, а следовательно, и меньшим изменение их свойств после облучения [18].

Наши данные (рис. 1) подтверждают это положение. Более дефектные кристаллы, с пониженными силами связи между частицами, являются наиболее радиационно устойчивыми, их относительное изменение α , вызванное облучением, оказалось наименьшим.

На рис. 2 представлены кривые изменения относительного температурного коэффициента линейного расширения у чистых кристаллов и их твердых растворов разного состава в зависимости от дозы облучения (от $3 \cdot 10^6$ до $4 \cdot 10^8$ рентген). Из рис. 2 видно, что при сравнительно малых дозах облучения ($3 \cdot 10^6$ рентген) $\frac{\Delta\alpha}{\alpha}$ у эквимольных твердых

растворов близко к нулю, т. е. температурный коэффициент линейного расширения у более дефектных кристаллов эквимольного состава почти не изменяется. Это дает основание предположить, что радиационный отжиг имеющихся в кристалле нарушений структуры кристаллической

решетки сравним с эффектом наведения дефектов облучением, поэтому сохраняется некоторое равновесное дефектное состояние и α не изменяется. Возможно, даже уменьшение α при еще меньших дозах облучения γ — квантами [20]. При больших же дозах облучения ($8 \cdot 10^7$ — $4 \cdot 10^8$ рентген) $\frac{\Delta\alpha}{\alpha} = \frac{\alpha_{\text{обл}} - \alpha_{\text{необл}}}{\alpha}$ растет и тем сильнее, чем менее дефек-

тен кристалл. Наибольшее изменение $\frac{\Delta\alpha}{\alpha}$ у чистых кристаллов КВг,

причем изменение $\frac{\Delta\alpha}{\alpha}$ возрастает с ростом дозы облучения. Следовательно,

на основании проведенного нами эксперимента по изучению влияния γ -излучения на температурный коэффициент линейного расширения твердых растворов, можно сказать, что действительно наиболее радиационно устойчивыми кристаллами являются кристаллы с пониженной силой связи между ионами [18].

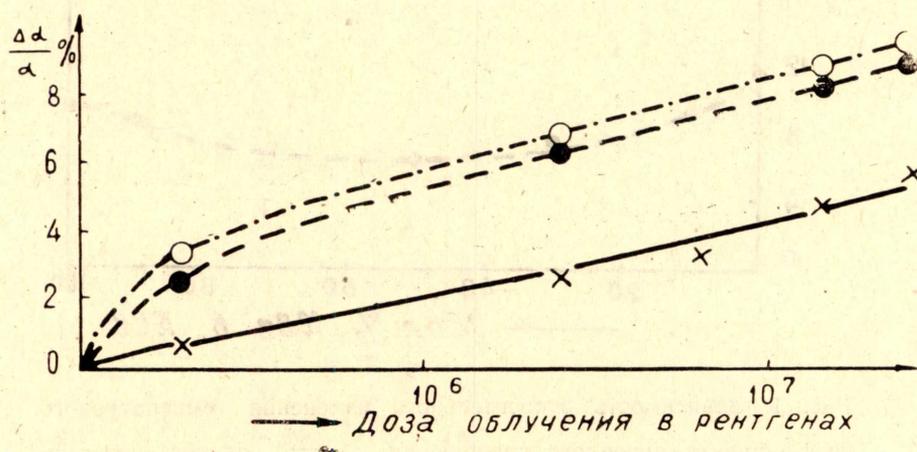


Рис. 2. Зависимость относительного изменения температурного коэффициента линейного расширения — $\frac{\Delta\alpha}{\alpha}$ твердых растворов системы КСl—КВг различных составов от дозы облучения γ -квантами Co^{60} .
 X — 5 мол% КСl + 50 мол% КВг, ● — 10 мол% КСl + 90 мол% КВг, ○ — КВг.

Таким образом, на основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

1. Скорость процесса отжига дефектов, наведенных облучением, определяется силами связи ионов в кристаллической решетке. Результирующая концентрация дефектов после облучения меньше в твердых растворах щелочногалогенидных солей, имеющих до облучения большую дефектность структуры по сравнению с чистыми компонентами. В результате температурный коэффициент линейного расширения твердых растворов увеличивается в меньшей степени, чем у чистых кристаллов.

2. С увеличением дозы облучения концентрация наведенных облучением дефектов растет быстрее у менее дефектных чистых кристаллов по сравнению с изодозно облученными твердыми растворами.

В связи с этим наблюдается более быстрый относительный рост температурного коэффициента линейного расширения у чистых компонентов по сравнению с ростом $\frac{\Delta\alpha}{\alpha}$ для кристаллов твердых растворов.

Авторы считают приятным долгом поблагодарить проф. Е. К. Завадовскую за обсуждение результатов и постоянный интерес к работе, а аспиранта Н. М. Тимошенко за облучение кристаллов на источнике Co^{60} .

ЛИТЕРАТУРА

1. F. Seitz, Rev. Modern. Phys. 23, 328, 1952.
2. J. H. O. Varley, Nature. 174, 886, 1954.
3. C. Klick. The Phys. Rev. vol. 120, № 3, 760, 1960.
4. W. Konzig and T. O. Woodruf. J. Phys. Chem. Solids, 9, 70, 1958.
5. F. E. Pretzel and R. L. Petty. The Phys. Rev. vol. 123, № 2, 1961.
6. F. Seitz. Rev. Modern Phys. 18, 384, 1946.
7. Esterman и др. Phys. Res. 75, 627, 1949.
8. F. A. Levy. Supplemento Nuovo Cimento, 12, 3, 123, 1959.
9. D. Binder, W. I. Sturm. Phys. Rev. 96, 1519, 1954.
10. D. R. Frankl. Phys. Rev. 11, 92, 573, 1953.
11. D. R. Frankl and T. A. Read. Phys. Rev. 11, 101, 977, 1956.
12. D. A. Wiegand, R. Smoluchowski. Phys. Rev. 116, 5, 1069, 1959.
13. И. Н. Анохина, И. Г. Берзина, П. А. Савинцев. Кристаллография, 7, вып. 5, 1962.
14. И. Н. Анохина, И. Г. Берзина, И. Б. Берман и Л. С. Соколов. Кристаллография, 7, вып. 3, 1962.
15. M. F. Merriam, D. A. Wiegand, R. Smoluchowski. Phys. Rev. 125, № 1, 52, 1962.
16. И. Н. Анохина. Действие излучения на свойства материалов. (Труды конференции), 96, Новосибирск, 1963.
17. А. А. Воробьев. Труды II совещания по физике щелочногалоидных кристаллов. Стр. 21, г. Рига, 1961.
18. А. А. Воробьев. Действие излучений на свойства материалов. 5, Новосибирск, 1963.
19. M. F. Merriam, D. A. Wiegand, R. Smoluchowski. Phys. Rev. 484, 121, 1961.
20. И. Н. Анохина, М. С. Иванкина, П. А. Савинцев. Известия вузов. Физика, 1, 47, 1965.
21. М. С. Иванкина. Диссертация. 1959 г., г. Томск.
22. П. А. Савинцев, А. А. Ботаки. Известия вузов. Физика, 1, 68, 1960.
23. А. А. Воробьев, Е. К. Завадовская, М. С. Иванкина, П. А. Савинцев. Известия вузов, МВО, Физика, 6, 162, 1959.