

## ЗАПАСЕННАЯ ЭНЕРГИЯ В КРИСТАЛЛАХ $\text{CaF}_2$ ПРИ ОБЛУЧЕНИИ ИХ РЕНТГЕНОВСКИМИ И ГАММА-ЛУЧАМИ

Е. К. ЗАВАДОВСКАЯ, Н. М. ТИМОШЕНКО

Изучение взаимодействия излучения с веществом является одной из важнейших проблем в физике твердого тела. Под действием излучения все материалы изменяют свои свойства. Радиационная устойчивость может быть оценена по наступившему при этом изменению какого-либо одного свойства материала, однако такая характеристика может быть зачастую недостаточной. Как известно, часть энергии излучения, взаимодействующего с твердым телом, расходуется на образование дефектов; некоторое количество дефектов сохраняется после прекращения облучения, поэтому облученный материал обладает дополнительной свободной энергией, которую принято называть запасенной.

Поскольку на образование любого дефекта затрачивается энергия, запасенная энергия определяет собой суммарные нарушения, возникшие в твердом теле под действием излучения. Поэтому можно полагать, что исследование запасенной энергии позволит наиболее полно судить о радиационной устойчивости материала.

В ряде работ [1, 2, 3] показано, что радиационная устойчивость обусловлена энергией связи ионов в кристаллической решетке. Авторы предполагают, что в кристалле с большой энергией решетки процесс образования дефектов при облучении затруднен; с другой стороны, дефекты, наведенные в процессе облучения, будут более устойчивы и вероятность их распада будет меньше, чем в кристаллах с меньшей энергией решетки.

Можно предположить, что в кристаллах с большей энергией решетки сохраняется после облучения больше дефектов; следовательно, и величина запасенной энергии будет больше, чем в кристаллах со слабой связью ионов в решетке. Эти предположения были подтверждены в работах Е. К. Завадовской и А. В. Кузьминой [4].

Нами измерена запасенная энергия после взаимодействия рентгеновского и гамма-излучения, в кристаллах фтористого кальция, отличающихся от щелочно-галоидных кристаллов структурой и большей энергией решетки.

Исследования проводились на кристаллах, выращенных в Томском политехническом институте по методу Стокбаргера [5] в графитовом тигле. Кристаллы облучались при комнатной температуре рентгеновскими лучами на установке РУП-200 интегральной падающей дозой  $3,6 \cdot 10^6$  рад, поглощенная доза определялась расчетом [6] и составляла  $6,6 \cdot 10^6$  рад. Облучение гамма-лучами проводилось на источнике кобальт-60 интегральной дозой  $5 \cdot 10^8$  рад, поглощенная доза соответственной  $4,3 \cdot 10^8$  рад. Запасенная энергия измерялась методом дифференциально-термического анализа в высокотемпературном вакуумном калориметре.

Как видно из рис. 1, в спектрах выделения запасенной энергии в кристаллах  $\text{CaF}_2$  как при рентгеновском, так и при гамма-излучении имеется три пика с максимумами при температурах  $135^\circ\text{C}$ ,  $220^\circ\text{C}$ ,  $360^\circ\text{C}$ . В спектре выделения запасенной энергии в кристаллах  $\text{CaF}_2$ , облученных рентгеновскими лучами, интенсивные пики наблюдаются при сравнительно низких температурах ( $135^\circ\text{C}$  и  $220^\circ\text{C}$ ); в случае же гамма-излучения интенсивный пик наблюдается при температуре  $360^\circ\text{C}$ . Выделение запасенной энергии в кристаллах  $\text{CaF}_2$ , облученных рентгеновскими лучами, прекращается при нагревании до  $400^\circ\text{C}$ , в то время как в кристаллах, облученных гамма-лучами, не наблюдается полного выделения запасенной энергии выше  $400^\circ\text{C}$ .

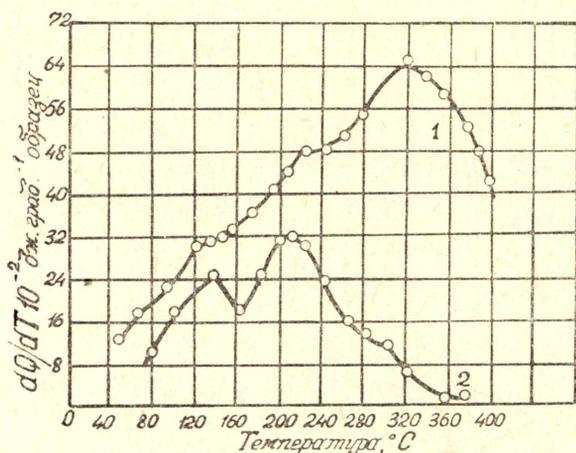


Рис. 1. Спектры выделения запасенной энергии в кристаллах  $\text{CaF}_2$  после облучения рентгеновскими (кривая 2) и гамма-лучами (кривая 1) при нагревании до  $400^\circ\text{C}$ .

Величина запасенной энергии в кристаллах  $\text{CaF}_2$  зависит от поглощенной дозы. Поглощенная доза при рентгеновском излучении меньше, чем при гамма-излучении; соответственно и запасенная энергия меньше при рентгеновском излучении и составляет  $4,0$  дж/г при рентгеновском и  $9,9$  дж/г при гамма-излучении.

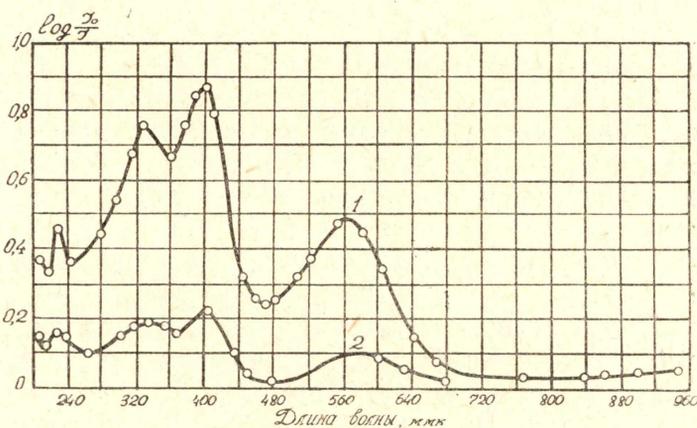


Рис. 2. Спектры поглощения кристаллов  $\text{CaF}_2$  после облучения рентгеновскими (кривая 2) и гамма-лучами (кривая 1).

В спектрах поглощения кристаллов  $\text{CaF}_2$ , приведенных на рис. 2, наблюдается 4 пика с максимумами при  $230$ ,  $335$ ,  $400$  и  $565$   $\mu\text{m}$ . Положение максимумов полос поглощения совпадает как при рентгеновском [7], так и при гамма-излучении, что дает возможность предположить, что в обоих случаях в кристаллах  $\text{CaF}_2$  создаются аналогичные дефекты. Следует заметить, что при облучении гамма-лучами в кристаллах  $\text{CaF}_2$  сохраняется больше дефектов, образование которых связано с большей затратой энергии, а именно, при гамма-излучении

наиболее интенсивные полосы поглощения с максимумами 335 и 400  $m\mu$ , в то время как при рентгеновском излучении интенсивность полос поглощения приблизительно одинакова. Большая интенсивность полос поглощения кристаллов  $\text{CaF}_2$ , облученных гамма-лучами, позволяет предположить, что при большей поглощенной дозе в случае гамма-излучения создается больше дефектов, чем при рентгеновском излучении (поглощенная доза соответственно меньше), что и сказывается на различии в величине запасенной энергии. Величина запасенной энергии в кристаллах  $\text{CaF}_2$  при рентгеновском излучении определяется главным образом дефектами, которые отжигаются при более низкой температуре, в то время как при гамма-излучении определяется дефектами, которые отжигаются при более высокой температуре.

Следовательно, можно предположить, что в кристаллах  $\text{CaF}_2$  при гамма-излучении в случае большей поглощенной дозы сохраняется и, возможно, образуется большее количество более устойчивых дефектов с большей энергией образования их, чем при рентгеновском излучении при меньшей поглощенной дозе.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Б. В. Будылин, А. А. Воробьев. Действие излучений на ионные структуры. Госатомиздат, М., 1962.
  2. А. А. Воробьев. Действие излучений на свойства материалов. Труды конференции, Новосибирск, 1963.
  3. Е. К. Завадовская. Действие излучений на свойства материалов. Труды конференции, Новосибирск, 1963.
  4. Е. К. Завадовская, А. В. Кузьмина. Тезисы докладов XII совещания по люминесценции. Львов, 1964.
  5. И. В. Степанов, М. А. Васильева. Сб. «Рост кристаллов». Издание АН СССР, 1957.
  6. Б. П. Голубев. Дозиметрия и защита от ионизирующего излучения. Госэнергоиздат, 1963.
  7. Е. К. Завадовская, Н. М. Тимошенко, В. А. Попов, В. А. Чернышев, Л. А. Лисицына. ДАН СССР (в печати).
-