

07; 12

© 1992

РАДИАЦИОННО-СТОЙКИЕ БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИЕ
МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ СЦИНТИЛЛЯТОРЫ
 $Bi_4Ge_3O_{12} : Yb$

Б.И. Заднепровский, М.В. Коржик,
В.И. Мороз, В.А. Нефедов,
П.В. Нефедов, В.Б. Павленко,
А.А. Федоров

Монокристаллические сцинтилляторы тригерманата висмута $Bi_4Ge_3O_{12}$ (BGO) являются одними из наиболее распространенных в технике регистрации ионизирующих излучений. Этот материал обладает оптимальным спектральным диапазоном высвечивания сцинтилляций ($\lambda_{\text{макс}} = 480$ нм), имеет малое значение радиационной длины ($\chi_0 = 1.2$ см), технология его производства хорошо освоена. Вместе с тем, монокристаллы BGO , полученные стандартными методами, обладают недостаточной радиационной стойкостью и относительно большим временем высвечивания сцинтилляций $\tau = 300$ нс [1]. Один из этих недостатков устранен авторами работы [2], получившими кристаллы BGO с максимальной радиационной стойкостью $1.03 \cdot 10^6$ Гр при γ -облучении ^{60}Co . В работе [3] было показано, что при низких температурах в BGO наблюдается компонента высвечивания с временем затухания в наносекундном диапазоне.

Нами установлено, что комплексное улучшение указанных характеристик BGO достигается путем активации монокристаллов иттербием в процессе их выращивания.

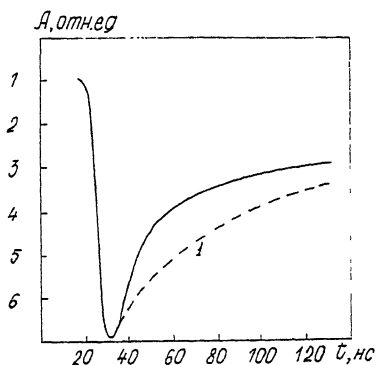


Рис. 1. Импульс сцинтилляций монокристаллов $BGO : Yb$ (0.05 масс.%) $T=300$ К. 1 - импульс сцинтилляций неактивированного BGO .

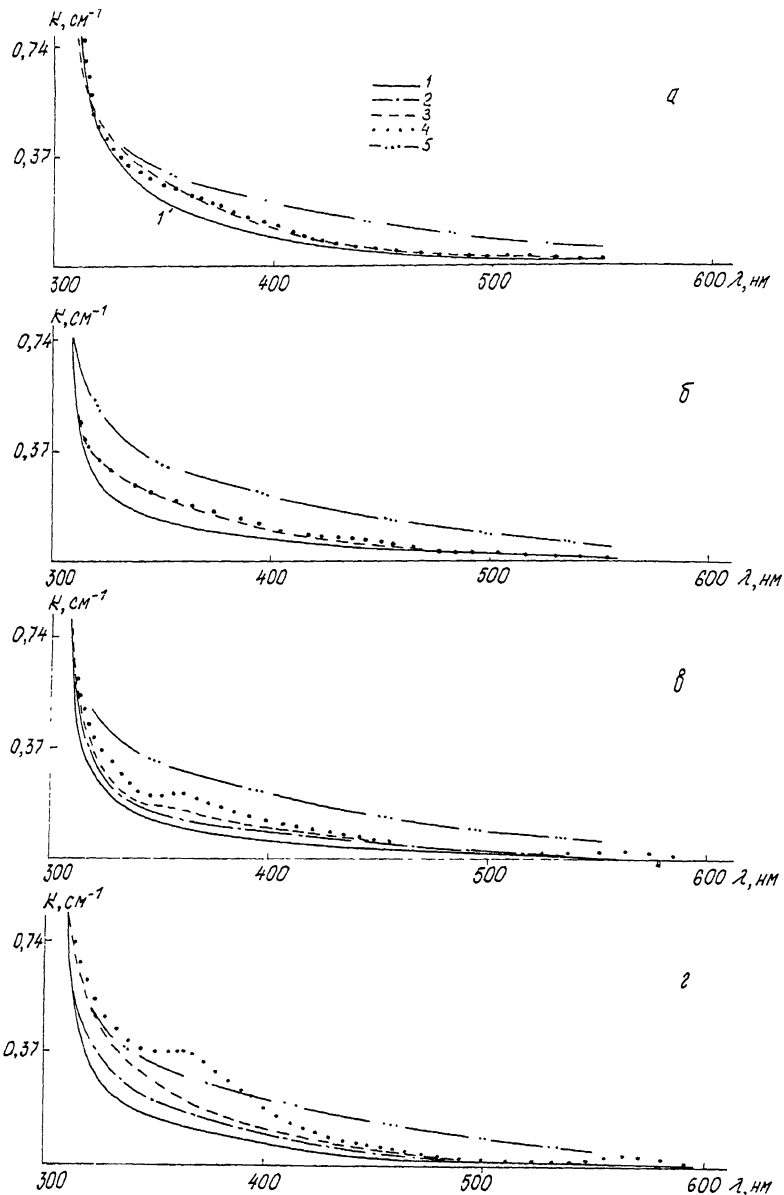


Рис.2. Спектры поглощения монокристаллов $BGO:Yb$ с содержанием активатора 0.01 (а), 0.05 (б), 0.1 (в), 0.6 масс. % (г) в зависимости от поглощенной дозы. 1 - необлученные образцы; 2 - облученные дозой 10^4 Гр; 3 - 10^5 Гр; 4 - 10^6 Гр. Спектры поглощения при облучении дозой 10^4 Гр совпадают со спектрами необлученных образцов. 5 - спектр поглощения неактивированных кристаллов BGO с поглощенной дозой 10^4 Гр.

Исследования проводились с монокристаллами BGO , выращенными методом Чохральского из платиновых тиглей. Спектры поглощения измеряли на спектрофотометре BECKMAN UV 5760. Кинетика сцинтилляций определялась по импульсу сцинтилляций в диапазоне амплитуд $I = I_0(1-0.1)$. Образцы монокристаллов с объемом 1 см^3 облучались излучением ^{60}Co источника с мощностью экспозиционной дозы 500 P/C . Поглощенная доза изменялась в диапазоне 10^4 – 10^6 Гр.

На рис. 1 приведен импульс сцинтилляций монокристаллов $BGO : Yb$: Yb . В импульсе наблюдается короткая компонента высвечивания с $\tau = 30$ – 13 нс, уменьшающимся по мере увеличения содержания иттербия. Доля короткой компоненты в суммарной кинетике сцинтилляций в диапазоне иттербия 0.01 – 0.6 масс. % изменяется от 10 до 50 %. Относительная сцинтилляционная эффективность по сравнению с неактивированными кристаллами снижается в среднем на 15 – 20 %, однако такое снижение для применения в качестве детекторов полного поглощения при решении ряда задач является несущественным. Обнаруженный эффект, по нашему мнению, объясняется перезарядкой ионов Yb^{3+} , сопровождающимся тушением возбуждения излучающих центров.

На рис. 2 приведены спектры поглощения (СП) монокристаллов $BGO : Yb$ с увеличивающимся содержанием иттербия в зависимости от поглощенной дозы. Видно, что при оптимальном содержании Yb (рис. 2, б) СП начинает незначительно меняться лишь при дозе более 10^5 Гр, однако изменение пропускания в области спектрального максимума высвечивания сцинтилляций на $\lambda = 480$ нм не превышает 5 %. При содержании иттербия менее 0.01 масс. % радиационная стойкость монокристаллов $BGO : Yb$ снижается и определяется собственно дефектами матрицы BGO . При повышении содержания Yb , напротив, существенную роль играют процессы радиационного восстановления ионов $Yb^{3+} \rightarrow Yb^{2+}$, которые проявляются при дозах более 10^5 Гр в появлении полос поглощения с $\lambda = 360$ и 570 нм.

Таким образом, соактивация монокристаллов BGO ионами Yb приводит к существенному увеличению их радиационной стойкости до величин 10^6 Гр, обуславливает появление в сцинтилляциях компоненты с коротким временем высвечивания. Эти качества позволяют рассматривать монокристаллы $BGO : Yb$ как перспективный сцинтилляционный материал для детектирующих систем полного поглощения.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] L a v i r o n K., L e s o g P. // Nucl. Instr. and Meth. 1984. V. 227. P. 45–53.
- [2] Y a n o v s k y V.V., C h i z h o v V.A., S k o r i k o v V.M. // BGO crystals-radia-

tion hard scintillators. Preprint LJNF. N 1678
1991. P. 10.

[3] Балтрамеюнас Р., Бурачас С.Ф., Пирогов Е.И. и др. // Письма в ЖТФ. 1990. Т. 16. В. 12. С. 11-14.

Всесоюзный научно-
исследовательский
институт синтеза
минерального сырья,
Александров

Поступило в Редакцию
25 января 1992 г.

Научно-исследовательский
институт ядерных
проблем, Минск