

НОВЫЙ МЕТОД В ИССЛЕДОВАНИИ РАДИАЦИОННО-СТИМУЛИРОВАННОЙ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ КРИСТАЛЛОВ $\text{CaF}_2 \cdot \text{TRF}_3$

Ш. А. Вахидов, Б. Каипов, Г. А. Тавшунокий

Если радиolumинесценция (РЛ) как при 300, так и при 77°К связана со свечением одновременно нескольких типов оптических центров TR^{3+} , спектр РЛ является весьма сложным и из него трудно выделить группы линий, связанные с отдельными центрами активатора. В этом случае недостаточна информация, полученная в исследованиях фотолюминесценции (ФЛ) и поглощения, так как в $\text{CaF}_2 \cdot \text{TRF}_3$ в рекомбинационных процессах РЛ и внутрицентровых процессах ФЛ участвуют различные наборы оптических центров TR^{3+} .

Нами было найдено [1], что кристаллы $\text{CaF}_2 \cdot \text{TRF}_3$, γ -облученные при 77°К, отожженные до 300°К и вновь охлажденные до 77°К, продолжают достаточно интенсивно и в течение длительного времени светиться при температуре жидкого азота. Послесвечение (ПС) при 77°К наблюдалось и для кристаллов, облученных при 300°К.

Обнаруженное свойство ПС открывает, на наш взгляд, новые возможности в исследовании как спектрального состава, так и механизмов процессов радиационно-стимулированной люминесценции.

Являлось очевидным, что в случае участия целого ряда оптических центров TR^{3+} в радиационно-стимулированных оптических процессах спектры ПС при 77°К образцов, γ -облученных при различных температурах, различными дозами, подвергшихся после γ -облучения частичному фотообесцвечиванию или определенному термическому отжигу, будут различными. Сравнение этих спектров ПС при одной температуре весьма удобно и тем, что не требует учета неизвестных температурных эффектов (например, температурных изменений в спектрах свечения неизученных центров TR^{3+}), необходимого при сравнении спектров РЛ или термовысвечивания (ТВ) при различных температурах.

Таким образом оказывается возможным разделение сложных спектров радиационно-стимулированной люминесценции кристаллов $\text{CaF}_2 \cdot \text{TRF}_3$ на более элементарные составляющие и тем самым получение данных о протекающих рекомбинационных процессах.

Вышеописанным способом мы смогли выделить целый ряд отдельных групп линий в спектрах радиационно-стимулированного свечения $\text{CaF}_2 - \text{TRF}_3$ (TR — Pr, Nd, Tb)¹⁾. В качестве примера рассмотрим несколько групп с наиболее характерным поведением (см. рисунок данной работы, а также рисунки работы [1]).



Участок спектра (переход ${}^5D_3 - {}^7F_4$) ПС при 77°К γ -облученного дозой $5 \cdot 10^6 \text{ рад}$ кристалла $\text{CaF}_2 \cdot \text{TbF}_3$ (0,1 вес. %): а — γ -облученного при 77°К, б — γ -облученного при 77°К и отожженного до 300°К, в — γ -облученного при 273°К, г — γ -облученного при 300°К

Так, в спектрах ПС при 77°К образцов, γ -облученных при 77°К и затем отожженных до 300°К, ряд линий или пропадают (для Nd^{3+} это большинство линий, отнесенных в работе [2] к кубическим, для Pr^{3+} — линии 477,6; 478,4; 479,8; 487,0; 487,8; 495,3 нм), или становятся ме-

¹⁾ Для кристаллов CaF_2 , активированных ионами конца редкоземельного ряда (Dy, Ho, Er), где подавляющую роль играют кубические центры TR^{3+} , отжиг до 300°К (или γ -облучение при 300°К) не приводил к заметным изменениям в спектре ПС при 77°К [1]. ПС при 77°К отожженных до 300°К (или γ -облученных при 300°К) кристаллов $\text{CaF}_2 - \text{TRF}_3$ (TR — Sm, Eu, Tb) было в нашем случае недостаточно интенсивно для анализа. Однако из сравнительного исследования при 77°К спектров РЛ (ПС) и спектров ФЛ $\text{CaF}_2 - \text{TRF}_3$ (TR — Sm, Eu) было найдено характерное для кристаллов CaF_2 , активированных ионами первой половины ряда, эффективное участие в радиационно-стимулированных процессах некубических узлов TR^{3+} .

нее интенсивными по отношению к остальным, особенно в случае γ -облучения при 300°K (линии 436,9; 437,8; 438,0 нм для Tb³⁺). Другая группа линий после отжига до 300°K остается достаточно заметной, уменьшаясь в своей относительной интенсивности в случае γ -облучения при 300°K (в ПС CaF₂ - NdF₃ пропадает полностью).

Для Nd³⁺ это линии отнесены к тетрагональным, для Pr³⁺ - линии 477,1; 489,8; 490,0 нм, для Tb³⁺ - линии 434,5; 435,1; 438,9 нм. Имеются также группы линий, которые становятся достаточно интенсивными лишь после отжига до 300°K, наиболее заметно увеличиваясь в случае γ -облучения при 300°K. К этой группе в спектре ПС кристалла с Nd относятся линии 865, 877, 894, 902 нм, с Pr - 481,9; 482,3; 484,2; 484,8; 485,3 нм, с Tb - наиболее явно 439,8 нм. В случае Pr эти линии относятся по крайней мере к двум центрам - линия 485,3 нм не появилась в ПС частично фотообесцвеченного в жидком азоте (не-фильтрованным излучением лампы СВД-120А) образца.

Определенное сходство для различных TR в поведении рассмотренных групп линий может свидетельствовать в пользу принадлежности их к однотипным оптическим центрам.

Можно предположить, что в ходе отжига до 300°K рекомбинация освобожденных в процессе ТВ на ряде узлов TR²⁺ дырок и идущие при 300°K ионные процессы приводят к заметному сокращению одних и, возможно, созданию других центров рекомбинации, участвующих в процессах ПС при 77°K.

Таким образом было выяснено, что для целого ряда ионов TR (особенно первой половины ряда) спектры низкотемпературного ТВ, отнесенные авторами [3] к свечению только кубических узлов, являются неэлементарными и относятся к свечению нескольких эффективно участвующих в рекомбинационных процессах оптических центров TR³⁺.

Можно надеяться, что в совокупности с другими методами исследования многоцентровых систем рассмотренный способ изучения радиационно-стимулированного свечения даст возможность установить также тип ряда неизученных центров активатора.

Пользуемся случаем выразить благодарность В.В.Осико, Ю.К.Воронько, С.Х.Батыгову за предоставление кристаллов для исследования.

Институт ядерной физики
Академии наук Узбекской ССР

Поступила в редакцию
14 августа 1972 г.

Литература

- [1] Ш.А.Вахидов, Б.Каипов, Г.А.Тавшунский. Оптика и спектроскопия 33, 782, 1972.
- [2] Ю.К.Воронько, Б.И.Денкер, В.В.Осико. ФТТ, 13, 178, 1971.
- [3] J. L. Merz, P. S. Pershan. Phys. Rev., 127, 235, 1967.