

ОСОБЕННОСТИ ТЛ ОБРАЗЦОВ МОНОКРИСТАЛЛА АНИОНОДЕФЕКТНОГО ОКСИДА АЛЮМИНИЯ С РАЗЛИЧНОЙ ПОЛУШИРИНОЙ ДОЗИМЕТРИЧЕСКОГО ПИКА

Введение

Из результатов многолетних исследований ТЛ анионодефектного оксида алюминия известно, что кривые термовысвечивания образцов, выращенных в идентичных условиях, различаются. У образцов с одинаковой чувствительностью полуширина дозиметрического пика при скорости нагрева 2 К/с может изменяться в пределах 35-56 К. При этом значения порядка кинетики ТЛ, энергии активации и частотного фактора для образцов с различной полушириной дозиметрического пика значительно отличаются. Образцам с узкой полушириной соответствует более низкий порядок кинетики (близкий первому порядку) и относительно высокая энергия активации и частотный фактор. У образцов с широкой полушириной дозиметрического пика порядок кинетики изменяется от 1 до 2 и соответствует относительно меньшей энергии активации.

Влияние примесей на уширение основного пика.

При исследовании образцов анионодефектного оксида алюминия обнаружено, что существует корреляция между полушириной дозиметрического максимума при 450 К и интенсивностью ТЛ пика при 350 К. Экспериментально полученные результаты представлены на рисунке 1. Видно, что для образцов с малой полушириной дозиметрического пика (35-45 К) интенсивность ТЛ при 350 К может изменяться в больших пределах в зависимости от концентрации мелких ловушек. Вместе с тем, у образцов с широким дозиметрическим пиком (полуширина более 45 К) интенсивность ТЛ при 350 К мала и изменяется незначительно у различных образцов.

Коэффициент парной корреляции для полуширины дозиметрического пика и интенсивности ТЛ пика при 350 К рассчитывался по формуле 1.

$$r = \frac{\sum x \cdot y - \frac{\sum x \cdot \sum y}{n}}{\sqrt{\left[\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n} \right] \cdot \left[\sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n} \right]}} \quad (1),$$

где x – значение факторного признака, y – число результативного признака, n – число пар данных.

Рассчитанные значения коэффициента парной корреляции r , для рассматриваемых параметров ТЛ мелких и дозиметрических ловушек в образцах с различной полушириной основного пика, отличаются. Для образцов с узким дозиметрическим максимумом $r = -0.062$. По таблице количественных критериев оценки тесноты связи данная корреляция считается мало заметной (таблица 1).

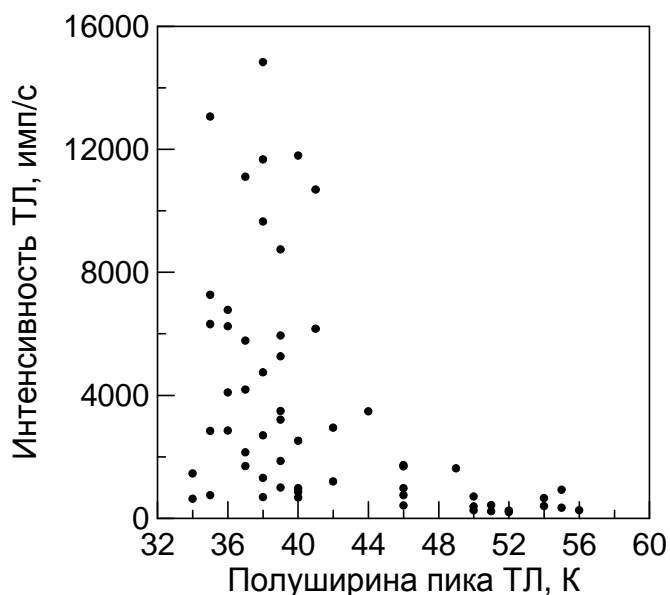


Рис.1. Зависимость интенсивности ТЛ пика при 350 К от полуширины дозиметрического пика.

Для образцов с широким дозиметрическим ТЛ пиком $r = -0.54$, что указывает на существенно сильную корреляционную связь полуширины дозиметрического ТЛ пика и интенсивности максимума ТЛ при 350 К.

Таблица 1

Количественные критерии оценки тесноты связи

r	0.1 - 0.3	0.3 - 0.5	0.5 – 0.7	0.7 - 0.9	0.9 - 1.0
характер связи	слабая	умеренная	заметная	высокая	весьма высокая
		средняя		сильная	

Одна из причин вариации полуширины основного пика может быть связана с присутствием в решетке оксида алюминия различных примесей, в частности, примеси титана [1].

Согласно литературным данным, примеси титана могут находиться в кристаллической решетке анионодефектного оксида алюминия в трех- и четырехвалентном состояниях с характерными полосами свечения и поглощения. С ионами титана в анионодефектном оксиде алюминия могут быть связаны пики ТЛ около 418 и 513 К [2]. В литературе имеется также упоминание о том, что в исследуемых кристаллах повышение концентрации примеси кремния приводит к появлению нового пика ТЛ около 425 К.

Влияние одной из примесей - примеси титана на параметры дозиметрического пика ТЛ, можно попытаться установить при изучении особенностей ТЛ кристаллов тикора (β - Al_2O_3 : Ti), содержащих повышенную концентрацию ионов титана. На рисунке 2 приведена КТВ в полосе 420 нм кристалла в полосе β - Al_2O_3 : Ti, в котором содержалось 0.03 масс % примеси титана, после облучения при комнатной температуре рентгеновским излучением (19.8 Гр).

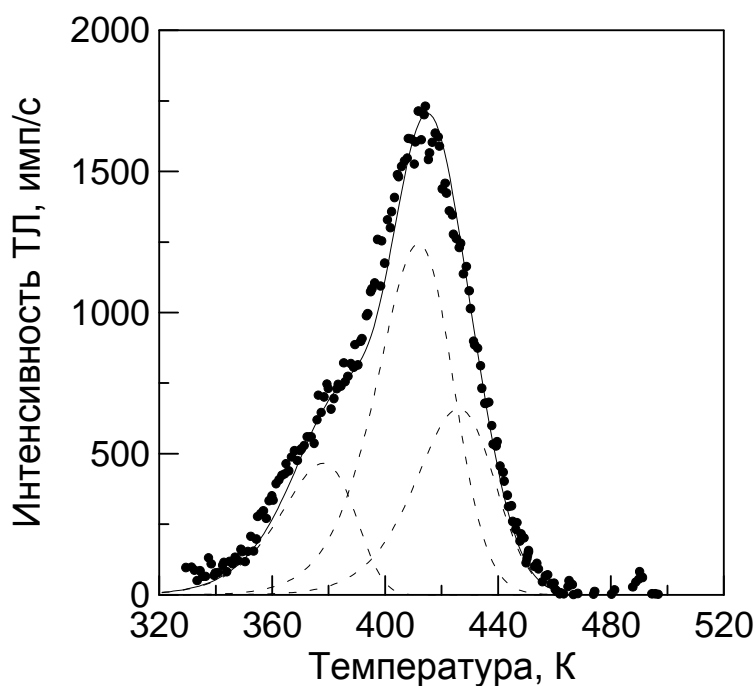


Рис. 2. Кривая ТЛ в полосе 420 нм кристалла тикора ($\beta\text{-Al}_2\text{O}_3:\text{Ti}$) после рентгеновского облучения при комнатной температуре.

Видно, что КТВ сложная и является суперпозицией ТЛ нескольких ловушек. При разложении суммарной кривой с использованием методики, описанной в работах [3] получены элементарные пики ТЛ вблизи 375, 414 и 425 К в предположении, что каждый из них описывается уравнением общего порядка (1). Значения энергии активации E , частотного фактора S и порядка кинетики b для каждого из указанных ТЛ пиков, обеспечивающие наилучшую аппроксимацию экспериментальной кривой, приведены в таблице 2.

Несмотря на сложность КТВ тикора, выделенные из нее изолированные пики ТЛ характеризуются порядком кинетики, близким к первому. За каждый из пиков ТЛ ответственен один термоактивационный процесс, энергия которого рассчитана и приведена в таблице 2. Во многих случаях в кристаллах энергию активации можно рассматривать как энергетическую глубину ловушек в запрещенной зоне.

Таким образом, в тикоре можно выделить три типа дискретных центров захвата, ответственных за ТЛ.

Таблица 2

Рассчитанные значения кинетических параметров ТЛ кристаллов $\beta\text{-Al}_2\text{O}_3:\text{Ti}$

T_m , К	$E \pm 0.1$, эВ	S , с^{-1}	$b \pm 0.1$
375	0.91	$2.0 \cdot 10^{11}$	1.0
414	1.21	$9.2 \cdot 10^{13}$	1.3
425	1.26	$9.7 \cdot 10^{13}$	1.3

Доминирующий в тикоре пик ТЛ при 414 вероятнее всего связан с примесью титана. Аналогичный пик ТЛ при 418 К обнаружен в кристаллах $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ с повышенной концентрацией ионов титана [2]. Максимум ТЛ при 375 К в номинально-чистых монокристаллах $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ имеет невысокую интенсивность и регистрируется только при высокодозном облучении после насыщения дозиметрического пика. В кристалле $\beta\text{-Al}_2\text{O}_3:\text{Ti}$ он значительно интенсивнее. С учетом этого факта, а также в соответствии с данными других авторов, пик ТЛ при 375 К можно также отнести к ловушкам, созданным ионами титана, которые находятся, возможно, в другом валентном состоянии. За максимум ТЛ при 425 К ответственны другие трех- или четырехвалентные примесные центры. Среди них наиболее вероятна примесь кремния, которая входит в кристаллы при

их выращивании. Как уже отмечалось, ТЛ пик при 425 К обнаружен в кристаллах оксида алюминия, содержащих повышенные концентрации примеси кремния.

Таким образом, проведенные исследования показали, что в дозиметрических кристаллах оксида алюминия, содержащих небольшие концентрации примесных центров, на нарастающем участке основного максимума ТЛ при 450 К могут проявляться как минимум три ТЛ пика, связанных с примесными центрами (при температурах 375, 414 и 425 К). Имея невысокую интенсивность по сравнению с интенсивностью ТЛ указанных максимумов в тикоре, эти пики не искажают заметно форму КТВ дозиметрического пика, но могут быть причиной ее уширения.

Литература:

1. Никифоров С.В. Особенности термостимулированной люминесценции анион-дефектных монокристаллов α -Al₂O₃: Дис... канд. физ.-мат. наук. 01.04.07 /С.В.Никифоров. - Екатеринбург, 1998.
2. Photoluminescence and thermoluminescence of titanium ions in sapphire crystals /G.Molnar, M.Benabdesselam, J.Borossay, D. [et all] //Radiat. Meas. -2001. -Vol.33, Nos.5. -P. 663-667.
3. McKeever S.W.S. Thermoluminescence of Solids / S.W.S. McKeever - Cambridge University Press. – 1985. – P. 75-115.