DOI: 10.17117/na.2015.09.879

<http://ucom.ru/doc/na.2015.09.879.pdf>

Поступила (Received): 29.09.2015

Францышин М.С., Арсеньев П.А. Исследование центров окраски методом термолюминесценции в анионодефектных монокристаллах оксида алюминия

Frantsyshin M.S., Arsenyev P.A.
The study of color centers by thermoluminescence in
anionodefektnyh single crystals of aluminum oxide

Работа является кратким обзором основных положений термолюминесценции монокристаллов оксида алюминия со структурой корунда. Рассмотрены предположения об энергетическом положении центров, ответственных за высокотемпературные пики при 450K, 730K и 880K. Так же приведены данные о влиянии скорости нагрева образца на положение дозиметрического пика люминесценции

Ключевые слова: люминесценция, дефект, корунд

The work is a brief summary of the thermoluminescence of single crystals of Al₂O₃ with the structure of corundum. We consider the assumptions about the energy situation of the centers responsible for high-temperature peaks at 450K, 730K and 880K. Just shows the effect of the heating rate of the sample at the position of the peak of luminescence dosimetry

Key words: luminescence, defect, corundum

Францышин Михаил Святославович
Магистр
Московский энергетический институт
г. Москва, ул. Красноказарменная, 14

Frantsyshin Mikhail Swyatoslavovich
Master
Moscow power engineering institute
Moscow, Krasnokazarmennaya st., 14

Арсеньев Павел Александрович
Доктор технических наук, профессор
Московский энергетический институт
г. Москва, ул. Красноказарменная, 14

Arsenyev Pavel Aleksandrovich
Doctor of Engineering Sciences, Professor
Moscow power engineering institute
Moscow, Krasnokazarmennaya st., 14

Опираясь на зонную теорию конденсированных сред, механизм термолюминесценции позволяет наглядно представить энергетическую схему расположения центров захвата носителей заряда. Из результатов исследований ТЛ анион – дефектного 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. Из анализа современных литературных данных в температурном интервале 300-900 К при скорости нагрева 2 К / с в кривой термовысвечивания анион – дефектного α -Al₂O₃ можно выделить 4 ТЛ [1, с. 29-31] пика: 323, 450, 730 и 880 К. Пик при 323 К мало изучен, его величина зависит от времени между окончанием облучения

и измерением. В независимости от условий проведения эксперимента, что будет показано ниже, выделяют пик при 450 К называют основным или дозиметрическим, поскольку в обычных измерениях именно в этом пике запасается большая часть светосуммы. Пик при 730 К не регистрируется, если ответственная за него ловушка (первая глубокая) опустошена, например, отжигом, и проявляется, если ловушка заполнена по первой из описанных выше методик. Пик ТЛ при 880 К обусловлен второй глубокой ловушкой. Проводя аналогию с интерактивной системой ловушек, описанной авторами [2, с. 472-474] можно заключить следующее:

- Пик 450 К → дозиметрическая электронная ловушка N1;
- Пик 730 К → первая глубокая ловушка M1;
- Пик 880 К → вторая глубокая ловушка N1.

Здесь стоит отметить, что данные положения пиков ТЛ справедливы при облучении светом с длиной волны 470 нм и при скорости нагрева 2 К/с. Ниже, на рисунке 1 [1, с. 29-31] представлены спектры ТЛ образцов анион – дефектного корунда при разных временах облучения. Под искусственным заполнением глубокой ловушки тут подразумевается облучение образцов при 603 К спектром ртутной лампы ДРТ -240.

Рис. 1. ТЛ α - Al_2O_3 с искусственно заполненной глубокой ловушкой (1) и (2-5) в зависимости от времени стимуляции световым потоком с длиной волны 470 нм. 1 – 0, 2 – 2, 3 – 3, 4 – 4, 5 – 5 min

На рисунке 2 [3, с. 683-690] приведены интенсивности полос 330, 420 и 500 нм в спектрах ТЛ основного пика. На этом же рисунке пунктирными линиями показана ТЛ основного пика около 200° С и ТЛ, обусловленная глубокими ловушками около 430 и 620° С. Возбуждение ТЛ производилось в этом случае УФ-излучением при комнатной температуре для регистрации основного пика и при 300 и 550°С для наблюдения пиков при 430 и 620° С соответственно. Нагрев проводился со скоростью 2 К/с.

Рис. 2. Спектры ТЛ в основном пике образцов анион – дефектного $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ в зависимости от температуры предварительного облучения УФ-светом. 1 – интенсивность свечения в полосе 330 нм; 2 – 420 нм, 3 – 500 нм. Пунктирные линии – ТЛ при 200, 430 и 620° С

Результаты, представленные на рис. 2, показывают рост интенсивности полосы 330 нм и синхронное с ним снижение интенсивности полосы 420 нм в интервале температур облучения 50-400°С. Дальнейшее повышение температуры облучения до 625°С приводило к падению интенсивности ТЛ в полосе 330 нм, увеличению интенсивностей в полосе 420 нм и появлению полосы 500 нм. В диапазоне температур 625-900°С интенсивность всех трех полос падает до исходного уровня при 50° С. При сравнении рис. 1 и рис. 2. видно, что температурное положение пиков меняется. В таблице 1 представлены данные о зависимости температурного положения дозиметрического пика от скорости нагрева материала.

Таблица 1. Влияние скорости нагрева образца на температурное положение дозиметрического пика

Скорость нагрева, β [K/s]	Tm, K	Скорость нагрева, β [K/s]	Tm, K
0.04	415±1	2.00	462±1
0.19	432±1	3.00	467±1
0.30	437±1	6.00	476±1
0.50	444±1	7.00	480±1
1.00	453±1	11.00	486±1

После облучения кристаллов анион – дефектного $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ рентгеновским облучением дозой 19.8 Гр при 80 К в температурном интервале 80-500 К в полосе 420 нм (соответствует свечению F – центров) было выделено четыре пика [2 с. 472-474]: 225, 260, 323 и 450 К. соответствующие кривые термолюминесценции представлены на рисунке 4.

Рис. 4. Кривая ТСЛ α - Al_2O_3 в полосе 420 нм после облучения при 80 К рентгеновским облучением.

Доминирующий пик, расположенный вблизи 260 К. Предполагается что, за данный пик ответственны собственные дефекты решетки, образованные при выращивании кристаллов, которые создают электронные ловушки. Пик при 260 К является следствием термического освобождения из ловушек электронов, которые захватываются F^+ центрами с образованием возбужденного F-центра. Релаксация этого возбуждения сопровождается свечением при 420. В спектре свечения пика при 260 К кроме основного излучения с длиной волны 420 нм содержится и небольшая полоса свечения, появляющийся вблизи 330 нм [4 с. 1226-1232]. Исходя из представленных выше данных, можно заключить, что в структуре анион – дефектного корунда доминируют четыре типа центров люминесценции:

1. F – центр (кислородная вакансия с двумя электронами);
2. F^+ – центр (кислородная вакансия с одним электроном);
3. F_2 – центр (две смежные кислородные вакансии делящие четыре электрона);
4. F_2^+ – центр (две кислородные вакансии делящие 2 электрона).

Авторы [1, с. 29-31; 2, с. 472-474] показали, что, в частности, пик при 260 К (рис. 4) в спектре своего свечения содержит полосы 420 нм и 330 нм. За эти полосы ответственны центры типа F- и F^+ соответственно. Так же установлено, что температурное положение пика люминесценции зависит от условий проведения опыта (начальная температура облучения, вид облучения, скорость нагрева).

Список используемых источников:

1. Вохминцев А.С., Кортон В.С., Вайнштейн И.А., Нешов Ф.Г., Люминесцентная и лазерная физика. Иркутск, 2008. С. 29-31.
2. Бессонова Т.С., Бессонова Е.М. Радиационно-оптические процессы в кристаллах Al_2O_3 : Ti: Cr и Al_2O_3 : V:Cr / Т.С. // ЖПС. 1984. Т. 43. № 3. С. 472-474.
3. Соловьев С.В., Мильман И.И., Сюрдо А.И. Термо-фотоиндуцированное преобразование центров люминесценции в анионодефектных кристаллах Al_2O_3 // ФТТ. 2012. Т. 54. Вып. 4. С. 683-690.

4. Lrvy P.W. *Color centres and Radiation-Induced Defects in Al₂O₃* // *Phys. Rev.* 1961. Vol. 123. № 4. P. 1226-1232.

© 2015, Францышин М.С., Арсеньев П.А.
Исследование центров окраски методом
термолюминесценции в анионодефектных
монокристаллах оксида алюминия

© 2015, Frantsyshin M.S., Arsenyev P.A.
*The study of color centers by thermoluminescence in
anionodefektnyh single crystals of aluminum oxide*