

Кристаллографическая ориентация и люминесценция
объемных стримерных разрядов в легированных
монокристаллах ZnS.

Б. В. Луценко

Как известно, параметры решетки монокристаллов сульфида цинка находятся вблизи области неустойчивости структуры. Легирование этого соединения различными примесями позволяет управлять соотношением гексагональной и кубической фазы данных монокристаллов. В связи с этим, задачей настоящей работы являлось исследование влияния легирования монокристаллов ZnS на кристаллографическую ориентацию стримерных разрядов и их свечение.

Монокристаллы сульфида цинка легировали медью, кобальтом, алюминием и кислородом в процессе роста. Результаты изучения кристаллографической ориентации электрических разрядов при ЗСЖК в монокристаллах с различной концентрацией примеси и различным соотношением кубической и гексагональной модификации приведены в таблице.

Как видно из таблицы, совокупность направлений разрядов соответствует гексагональной симметрии, причем при концентрации дефектов упаковки более семи процентов наблюдается 36 направлений разрядов, как в CdS. Роль оси C_6 при этом играет одна из осей $\langle 111 \rangle (C_3)$. Разряды локализованы в трех эквивалентных плоскостях $\{1\bar{2}1\}$, содержащих эту ось. При концентрации дефектов упаковки менее 7% электрические разряды становятся ретивистыми и группируются вдоль 6 направлений $\langle 110 \rangle$, локализованных в одной из четырех эквивалентных плоскостей $\{111\}$, которая является выделенной за счет дефектов упаковки.

Сопоставление изменения параметров решетки в результате легирования с направлениями разрядов показывает, что при увеличении a и c/a углы \bar{e}_1^{\pm} уменьшаются. С увеличением параметра c угол \bar{e}_2^{\pm} уменьшается, а \bar{e}_3^{\pm} увеличивается. При этом малые изменения параметров решетки вызывают значительные изменения направлений разрядов.

Легир. при- месь	Деф- упа- ковки	Гостоянные решетки	Плос- кости лока- лизац.	Наблюдаемые направления разряд э
:Cu слабо легир.	8-10 %	c/a=1,6369 с=6,251 a=3,8189	{121} объем	$\bar{e}_1^+(96,5^\circ)$, $\bar{e}_2^+(145,5^\circ)$, $\bar{e}_3^+(25,5^\circ)$ $\bar{e}_1^+(78,5^\circ)$, —————, $\bar{e}_3^+(154,5^\circ)$
:Cu, Al	7,5 %	c/a=1,6351 с=6,245 a=3,8196	{121} объем	$\bar{e}_1^+(97^\circ)$, —————, $\bar{e}_3^+(27^\circ)$ $\bar{e}_1^+(79,5^\circ)$, —————, $\bar{e}_3^+(152^\circ)$
нелег.	10 %	c/a=1,6343 с=6,247 a=3,8225	{121} объем	$\bar{e}_1^+(98^\circ)$, $\bar{e}_2^+(145^\circ)$, $\bar{e}_3^+(25,5^\circ)$ $\bar{e}_1^+(80^\circ)$, —————, $\bar{e}_3^+(154^\circ)$
:O	10 %		{121} объем	$\bar{e}_1^+(100^\circ)$, $\bar{e}_2^+(144,5^\circ)$, $\bar{e}_3^+(31,5^\circ)$ $\bar{e}_1^+(79^\circ)$, $\bar{e}_2^+(39^\circ)$, $\bar{e}_3^+(146^\circ)$
:Cu 0,1	7,5 %		{121} объем	$\bar{e}_1^+(104^\circ)$, $\bar{e}_2^+(143^\circ)$, $\bar{e}_3^+(28^\circ)$ $\bar{e}_1^+(81^\circ)$, $\bar{e}_2^+(39^\circ)$, $\bar{e}_3^+(154^\circ)$
:Cu 0,1	5-7 %	c/a=1,623 с=6,2429 a=3,8229	{111} выде- ленная	6 направлений <110>
:Co	7%		{111}	6 направлений <110>

Было проведено исследование примесной люминесценции ZnS:O и ZnS:Cu, возбуждаемой стримерными разрядами (рис.1). Как видно на рисунке, спектры примесной стримерной люминесценции, в отличие от собственного излучения, практически совпадают с полосами фотолюминесценции при возбуждении излучением азотного лазера. Зависимость спектрального положения максимума ФЛ ZnS:O от интенсивности возбуждающего излучения

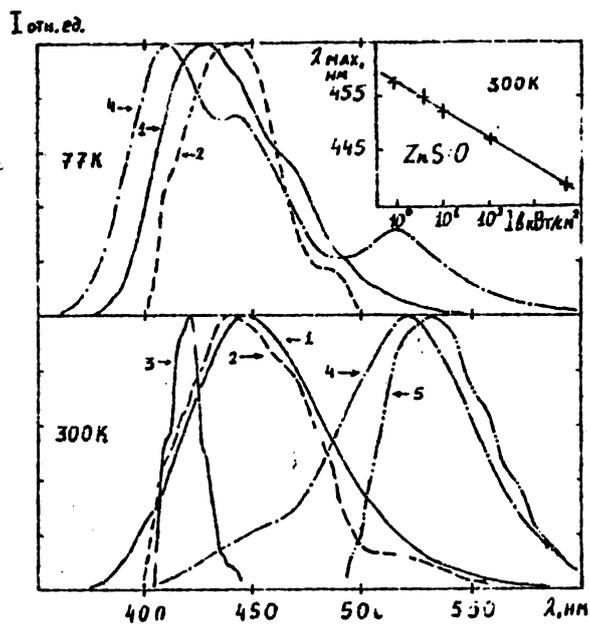


Рис.1 Спектры люминесценции ZnS:O и ZnS:Cu при стримерном и фотооблучении.

- 1 ————— Фотолюминесценция ZnS:O.
- 2 - - - - - Стримерная люминесценция ZnS:O.
- 3 ————— Усиленная стримерная люминесценция ZnS:O ($U > 85 \text{ кВ}$).
- 4 ————— Фотолюминесценция ZnS:Cu.
- 5 ————— Стримерная люминесценция ZnS:Cu.

показывает, что спектральное положение максимума стримерного излучения соответствует уровню возбуждения $I_a = 5 \text{ МВт/см}^2$. При повышении возбуждающего напряжения до величины более 85 кВ, вдоль канала стримера наблюдается резкий рост интенсивности излучения, при этом происходит коротковолновый сдвиг максимума спектра на 20 нм и сужение полосы излучения (рис.1 кривая 3), что свидетельствует о стимулированном излучении.

Для выявления механизма рекомбинации в ZnS:O были проведены специальные опыты. Установлено, что положение максимума полосы фотолуминесценции прямо пропорционально логарифму интенсивности возбуждающего излучения I_a , максимум спектра свечения сдвигается в длинноволновую сторону в процессе затухания луминесценции, увеличивается вклад коротковолнового крыла при понижении температуры, кинетика затухания луминесценции носит неэлементарный характер. Все эти свойства являются признаками донорно-акцепторной рекомбинации.

Обсуждаются спектры стримерной луминесценции, природа центров рекомбинации и влияние структуры решетки на ориентацию разрядов в кристаллах ZnS. Проводится сравнение с ориентацией разрядов в ZnSe, в объеме которых ориентированные разряды не возникают при отсутствии дефектов упаковки.

Summary

Crystallographic directions and luminescence of streamer discharges in doped ZnS-monocrystals are investigated. The influence of hexagonal phase inclusions and changes of lattice parameters on discharge direction are established. Spectrum of impurity luminescence under streamer excitation and the mechanism of radiative recombination in ZnS:O are discussed.