

## МЕХАНИЗМ ИЗМЕНЕНИЯ ТИПА ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ КРИСТАЛЛА ZnS ПО ТЕМПЕРАТУРЕ ПРИ ОСВЕЩЕНИИ

**Р.М. Магоматов, А.Р. Идигова**

*Чеченский государственный университет, 364907.г. Грозный, ул.А. Шерипова 32.  
E-mail: [Rukman20031@yandex.ru](mailto:Rukman20031@yandex.ru)*

## THE MECHANISM OF TEMPERATURE CHANGING OF THE CONDUCTIVITY TYPE OF THE CRYSTAL ZnS UNDER ILLUMINATION

**R.M. Magomadov, A.R. Idigova**

*Chechen state University, 32 Sheripova str., Grozny, 364907 Russia.  
E-mail: [Rukman20031@yandex.ru](mailto:Rukman20031@yandex.ru)*

Показано, что изменение типа электропроводности кристалла ZnS кубической модификации в интервале температур от 300К до 200К, обусловлено ростом времени жизни электронов на уровне ловушки захвата.

It has been shown that changing the type of conductivity of the crystal ZnS with cubic modification within the temperature range from 300 K to 200K is due to the increase in the electrons' lifetime at the trap capture level.

В работе [1] показано, что при освещении кристалла ZnS светом с длиной волны  $\lambda = 500\text{nm}$  в области температур кристалла от 200 К до 300 К меняется тип электропроводности кристалла (рис. 1).

В области температур выше 270 К основными носителями в кристалле являются дырки. При температурах меньших 270 К основными носителями являются электроны. Механизм изменения типа электропроводности в работе [1] не рассмотрен. Расчет концентрации носителей заряда в кристалле ZnS кубической модификации показывает, что концентрация равновесных носителей заряда в интервале температур от 100 К до 400 К практически равна нулю (рис.2)[2], так как это высокоомный кристалл с шириной запрещенной зоны  $E_g = 3,796$  эВ. При температуре  $T=400\text{K}$  равновесная концентрация термализованных носителей заряда равна  $n_i = 6,128 \cdot 10^3 \text{ м}^{-3}$ .

Таким образом, расчет равновесной концентрации термализованных носителей заряда в кристаллах ZnS кубической модификации показывает, что в интервале температур от (100-400) К (рис.2) равновесные термализованные электроны не дают вклад в электропроводность кристалла, основной вклад в электропроводность в этой области температур при освещении кристалла дают фотоносители. Исследования спектра фотолюминесценции кристалла ZnS [4] показывает, что в запрещенной зоне кристалла существует два акцепторных уровня с энергиями  $E_1 = 0,58$  эВ,  $E_2 = 1,05$  эВ и одна ловушка захвата с энергией  $E_3 = 1,42 \pm 0,01$  эВ (рис. 3.)

Эти уровни должны играть определенную роль в электропроводности кристалла ZnS, так как при освещении кристалла светом с квантом энергии достаточным для перевода электронов из валентной зоны на уровень ловушки захвата (переход №1 на рис.3), а затем с уровня ловушки захвата в зону проводимости (переход №2 на рис.3) то появиться определенная концентрация электронов в зоне проводимости, которые будут давать вклад в электропроводность кристалла. Для выяснения роли этих уровней нами был произведен расчет энергии кванта света для длин волн от 400 нм до 540 нм[2]., расчетные данные приведены в таблице №1.

**Таблица 1:**

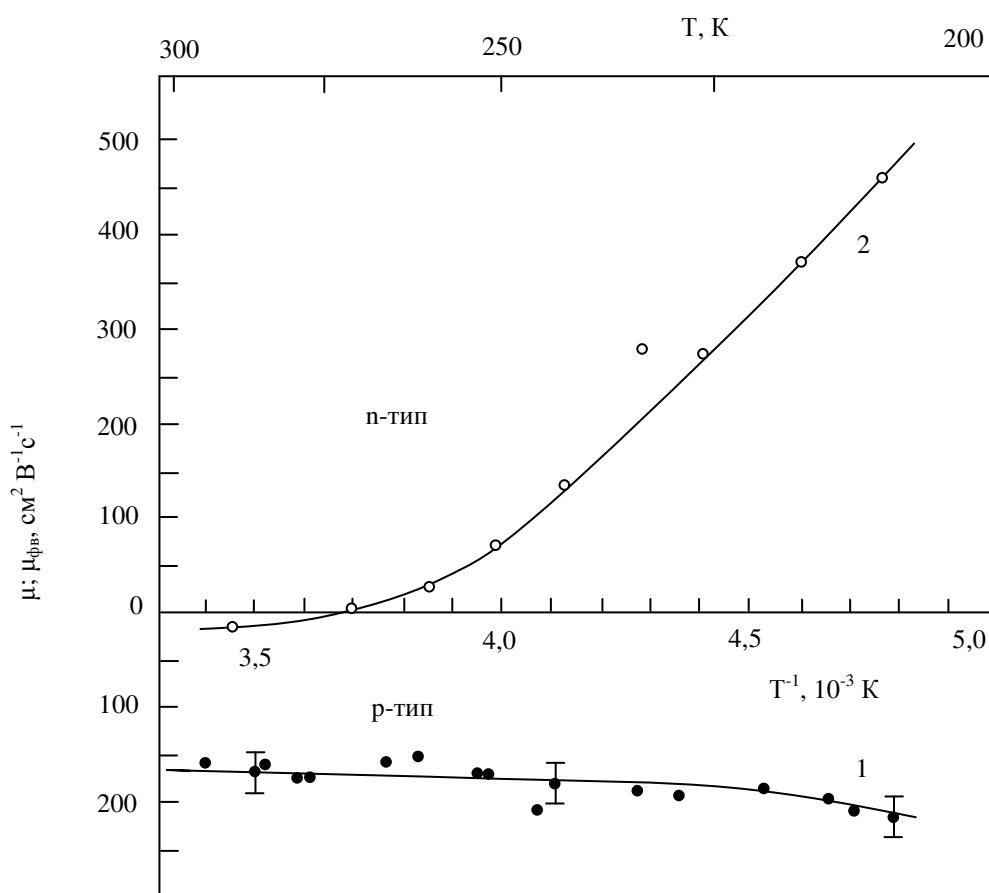
Энергии кванта света для длин волн от 400 нм до 540 нм.

$\lambda$ , нм	400	440	460	480	500	520	540
$\nu$ , Гц	$7,5 \cdot 10^{14}$	$6,818 \cdot 10^{14}$	$6,522 \cdot 10^{14}$	$6,25 \cdot 10^{14}$	$6 \cdot 10^{14}$	$5,769 \cdot 10^{14}$	$5,556 \cdot 10^{14}$
$h \nu$ , эВ	3,103	2,82	2,698	2,585	2,479	2,386	2,298

**Таблица 2:**

Рассчитанные значения кванта тепловой энергии  $kT$  в интервале температур от (200 – 300) К.

T, К	200	210	250	270	280	290	300	310	320
$kT$ , эВ	0,017	0,019	0,022	0,023	0,024	0,025	0,026	0,028	0,028



**Рис.1** - Температурная зависимость подвижностей  $\mu_{\text{фв}}$  (1) и  $\mu$  (2) для  $\lambda = 500\text{нм}$ [1]

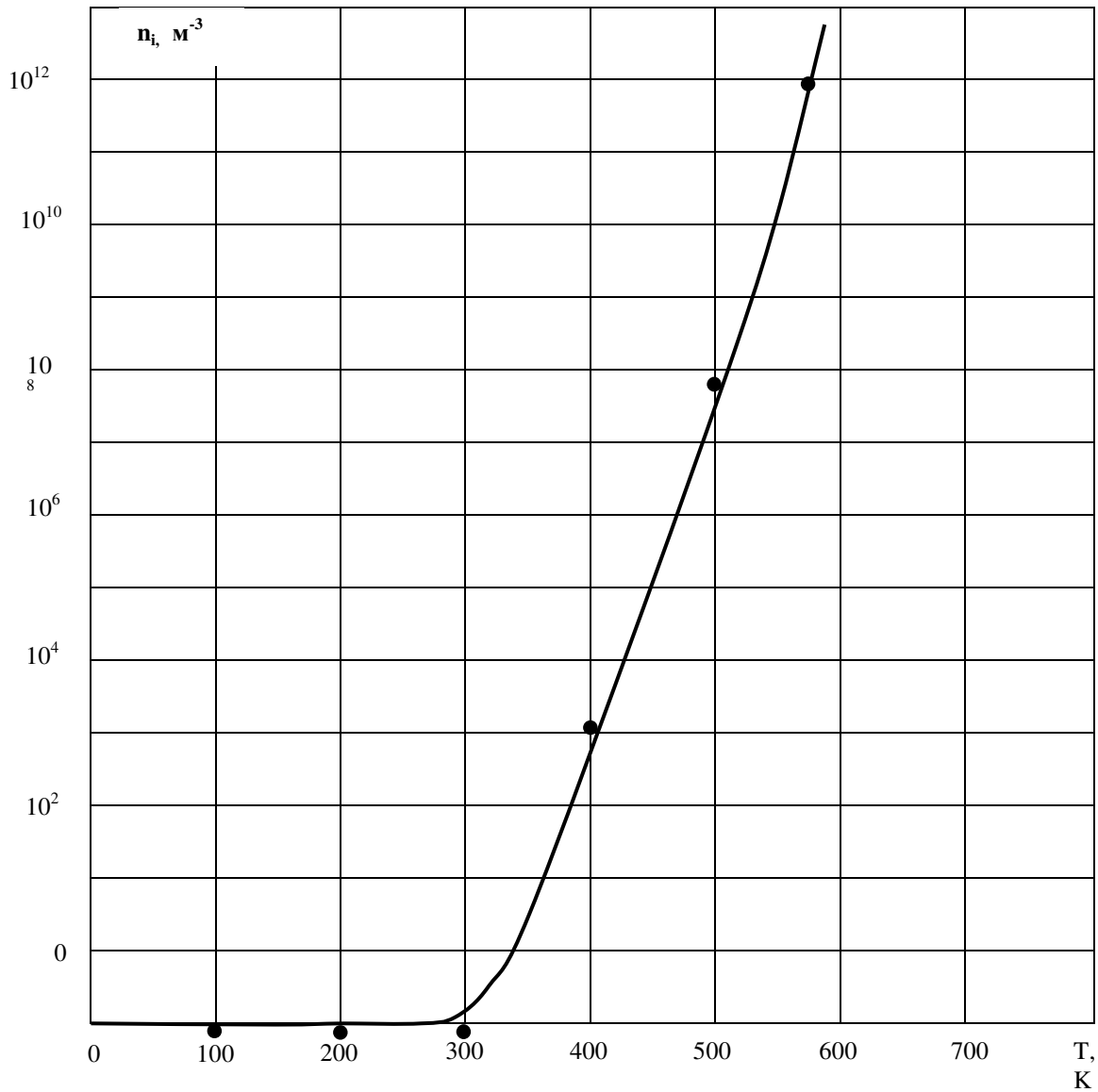


Рис.2 - Температурная зависимость концентрации термализованных носителей заряда в собственном кристалле ZnS, кубической модификации [2]

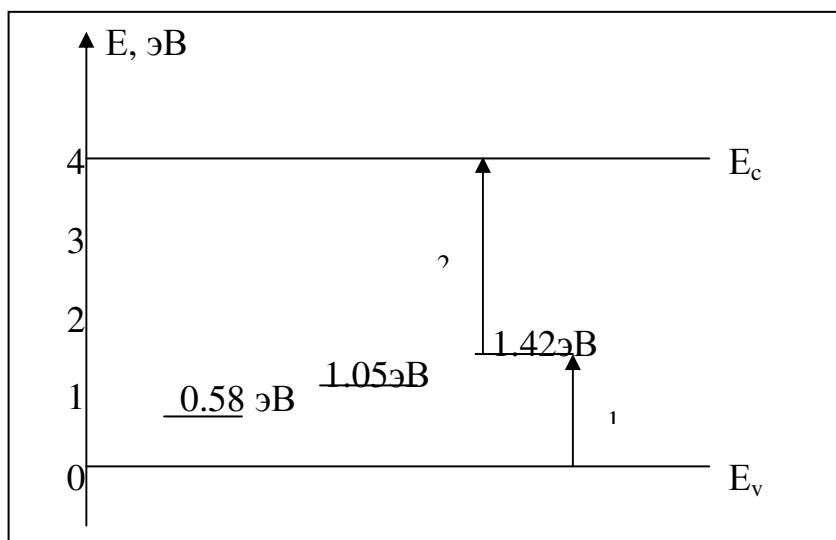


Рис.3 - Энергетическая диаграмма кубического кристалла ZnS [3] типа

Из проведенных расчетов следует, что в температурном интервале от 200К до 320 К, сумма энергий кванта света и теплового вклада больше значения энергии необходимой для перевода электрона с уровня ловушки захвата в зону проводимости, которая равна  $E_g - E_3 = 3,796 \text{ (эВ)} - 1,42 \text{ (эВ)} = 2,376 \text{ эВ}$ , энергия сообщаемая электрону квантом света при  $\lambda = 500\text{нм}$ ,  $h\nu = 2,479 \text{ эВ}$  (таблица №1), а при температуре  $T=200\text{К}$  тепловой вклад в энергию электрона равен  $kT = 0,017 \text{ эВ}$  и суммарная энергия сообщаемая электрону достаточна для перевода электрона с уровня ловушки захвата в зону проводимости, так как суммарная энергия сообщаемая электрону равна  $h\nu + kT = 2,479 + 0,017 = 2,496 \text{ эВ}$  и больше  $E_g - E_3 = 2,376 \text{ эВ}$ . Таким образом, изменение типа электропроводности кристалла ZnS кубической модификации при понижении температуры от 300 К до 200 К, скорее всего обусловлено тем, что с понижением температуры кристалла растет время жизни носителей заряда на уровне  $E_3$ , то есть в ловушке захвата электронов. Увеличение времени жизни электронов, захваченных ловушкой позволяет электрону переходить с уровня ловушки в зону проводимости, вследствие чего концентрация электронов с понижением температуры начинает преобладать над концентрацией дырок и кристалл меняет тип электропроводности с р – типа на n – тип .

Проведенные исследования электрических свойств кристаллов ZnS позволяет сделать следующие выводы:

1. При температурах меньших 300 К электропроводность в кристалле ZnS кубической модификации практически равна нулю.
2. Изменение типа электропроводности в полупроводнике ZnS кубической модификации в температурном интервале от 200 К до 300 К скорее всего обусловлено тем, что с понижением температуры растет время жизни электронов в ловушке захвата и поэтому скорость генерации электронов в зону проводимости возрастает с понижением температуры кристалла ZnS и следовательно возрастает равновесная концентрация электронов в зоне проводимости. В результате основными носителями заряда, при освещении кристалла светом с длиной волны  $\lambda = 500\text{нм}$  при температурах меньших 370 К, становятся электроны.

#### **Список использованных источников:**

1. *Фридкин В.М., Лазарев В.Г., Левин Ю.Э., Родин А.И. // ФТТ.1983. Т.25. С.3402.*
2. *Магомадов Р.М. Вестник Чеченского государственного университета. Грозный, 2015, стр.51-53*
3. *Магомадов Р.М. «Фотоэлектрические, кинетические явления и эффекты памяти в сегнетоэлектриках, пьезоэлектриках и сегнетоэластиках». Докторская диссертация, г. Грозный, 2013, стр.289.*