

О КИНЕТИКЕ СОЗДАНИЯ ЦЕНТРОВ НАВЕДЕННОЙ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ В СУЛЬФАТАХ ПРИ ВОЗБУЖДЕНИИ

Ш. И. Мухамедханова, С.Т. Бойбобоева

НУУЗ им. Мирзо Улугбека, физический факультет

Эффект наведенной люминесценции заключается в том, что после облучения фосфора большими дозами ионизирующей радиации в нем появляются новые полосы возбуждения фотолюминесценции [1]. При таком облучении сульфата наблюдалось увеличение эффективности их термо и фотостимулированной люминесценции (ТСЛ, ФСЛ) [2]. Этот эффект может быть связан или с электронными процессами (заполнение очень глубоких ловушек) или с ионными (создание новых дефектов в диэлектрике).

Исследования глубоких ловушек и центров наведенной люминесценции (ЦНЛ) о сульфатах методом фотостимулированной передачи электронов (ФСПЭ) и фотовозбуждения (ФВ) подробно описаны [2;3].

В настоящей работе рассматривается кинетика создания ЦНЛ в сульфатах при фотовозбуждении.

При ФВ образуются дефекты одного типа, ответственные за наведенную люминесценцию. Эти дефекты создаются за счет неоптической рекомбинации (создание смещений за счет рекомбинации), энергия которой [4]: 8,4 эВ или неоптических переходов с возбуждениями уровней центров рекомбинации (ЦР) с энергией 4,9 эВ и 3,4 эВ [2] со смещением $\sim 12,6 \text{ \AA}$. В CaSO_4 ширина запрещенной зоны $E_g=12$ эВ. Однако, при ФВ более длинноволновой, но широкой полосой (5,9 – 6,8 эВ), хорошо заметно запасание электронов на ловушках. Прямая ионизация собственного ЦР отпадает т.к. его основной уровень лежит ниже дна запрещенной зоны на 8,4 – 8,5 эВ. ФВ легко понять как двухступенчатое – сначала поглощение на ЦР

($E_e=6.12\text{эВ}$) и после туннельной передачи на соседнюю «глубокую» ловушку - фотостимуляция ($E_s = 2,5 - 5 \text{ эВ}$) электрона в запрещенную зону. Электроны из запрещенной зоны или рекомбинируют на ЦР или захватываются соседними «мелкими» ловушками. Последний этап ФВ по схеме совпадает с ФСПЭ на соответствующие уровни захвата. В такой схеме естественно, что запасание на вторых уровнях должно быть того же порядка, что и ФСПЭ, т.е. на 3 порядка меньше, чем при прямом рентгеновском возбуждении (РВ), а сечения поглощения стимулирующего света, полученные по измеренного ФСПЭ после РВ (ξ_1 и ξ_2) и по ФВ должен быть одинаковыми.

В [2] приведена система уравнений для квазистационарного случая:

$$dv_2 = \gamma_2 \xi_1 E_s v_1 - (1 - \gamma_2) \xi_2 E_s v_2 \quad (1a)$$

$$\frac{dv_1}{dt} = \lambda n - \xi_1 E_s v_1 \quad (1b)$$

$$\frac{dn}{dt} = \chi E_l (n_0 - n) - (\alpha + \lambda)n \quad (1e)$$

Здесь v_1 – концентрация электронов на донорных центрах захватах (ЦЗ); v_2 – концентрация электронов на ЦР; E_l – энергия возбуждающего света; E_s – энергия стимулирующего света; ξ_1 и ξ_2 – вероятности высвечивания электрона в единицу времени с глубокого и мелкого ЦЗ, соответственно; $\gamma_2 = \frac{A_{l2}}{A_r}$ - коэффициент передачи, т.е. доля переданных электронов на мелкие ЦЗ из числа, запасённых на глубоких ЦЗ; A_r – вероятность рекомбинации; A_{l2} – вероятность «повторного» захвата.

Для этой системы уравнений возможны два случая:

- а) $v_{10} \neq 0, E_l = 0$ – эффект очувствления
- б) $v_{10} = 0, E_l \neq 0$ – ФСПЭ.

В обоих вариантах есть рекомбинация и возможно создание дефектов. Рассмотрим случай, когда

$$v_1 = v_{1\infty} (1 - e^{\xi_1 E_s t})_{t \rightarrow \infty} \rightarrow v_{1\infty}; \quad \left. \frac{v_1}{t} \right|_{t=0} = 0$$

Здесь v_1 – начальное запасы на глубоких ЦЗ; $v_{1\infty}$ – запасы при $t \rightarrow \infty$.

$$\text{Расчеты показали, что } v_{1\infty} = \frac{\lambda n_0 E_s}{E_l (\xi_1 \cdot E_s)} \approx 4,5 \cdot 10^{10} \text{ см}^{-3}$$

Здесь λ – вероятность туннельного перехода; n_0 – концентрация электронов на ЦР; $(\xi_1 \cdot \text{\AA}_s)$ – численная величина $(0,79 \pm 0,07) \cdot 10^3 \text{ с}^{-1}$.

Эксперименты по распаду ЦЗ при больших дозах РВ по ТСЛ и дальнейший расчет показывает, что $\frac{v_H}{v_{1\infty}} \approx [1 - e^{-(\delta\beta_1 + \eta)t}]$;

Здесь: v_H – концентрация ЦНЛ; δ – доля рекомбинаций, приводящих к преобразованию ЦЗ; η – коэффициент восстановления или коэффициент распада ЦНЛ.

Из сравнения постепенного распада ЦНЛ «в темноте» и переданной ТСЛ, а также фотовозбуждения $\eta \gg \delta \cdot \beta$, т.е.

$$v_H \rightarrow \frac{v_{1\infty} \delta \beta_1}{\eta} \ll v_{1\infty} .$$

1. Красная А.Р – «Влияние собственных и примесных дефектов на термостимулированную люминесценцию и термостимулированную экзэмиссию сульфатных фосфоров – Автореферат диссертации, на соискание уч. степени к.ф. – м.н, Ташкент – 1970 г.
2. Мухамедханова Ш.И. – Люминесцентно активные центры в люминафорах на основе CaSO_4 - Автореферат диссертации, на соискание уч. степени к.ф.- м.н, Ташкент – 1994 г.
3. Ш.И. Мухамедханова, В.Я. Ясколко – Центры захвата в люминесценции щелочно – земельных сульфатов. – Вестник НУУЗ, №3, 2005 г.
4. V.Ya. Yaskolko – Two – Stage Photoexcitation of Thermo – Stimulated Luminescence in CaSO_4 . – Phys. Stat. Sol(a), 157, 507 (1996)