Модель дефектообразования в $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ под действием мягкого рентгеновского излучения

В.Г. Средин¹⁾, А.В. Войцеховский²⁾

¹⁾ Военная академия РВСН им. Петра Великого, Россия, 143900, МО, г. Балашиха, ул. Карбышева, 8

²⁾ Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36.

DOI 10.34077/RCSP2019-130

Ранее было показано, что мягкое рентгеновское излучение (МРИ) вызывает модификацию состояния поверхности монокристаллов и эпитаксиальных слоев твердых растворов $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$, включая изменение поверхностной концентрации носителей заряда и плотности поверхностных состояний [1], что связано, по-видимому, с генерацией поверхностных дефектов в слое материала, сопоставимого с глубиной проникновения излучения (1-2 мкм). При этом механизм дефектообразования под действием рентгеновского излучения связывается с релаксацией электронных возбуждений [2]. Нами предлагается несколько иная модель этого процесса.

Первичный эффект при поглощении кванта МРИ приводит к ионизации электрона внутренней оболочки и переводу соответствующего иона в возбужденное состояние. Нами впервые принято во внимание, что при облучении МРИ образцов $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ наблюдается интенсивный внешний фотоэффект [1], сопровождаемый выходом фото-, Оже- и вторичных электронов (рис.1), приводящий за время порядка 20 нс (длительность рентгеновского импульса) в приповерхностной области глубиной около 1.5 мкм к генерации импульса электрического поля с амплитудным значением напряженности около 10^7 В/м.

В условиях наших экспериментов следует ожидать резонансного возбуждения ионов Hg, равносильному положению которых в катионной подрешетке соответствуют минимумы их потенциальной энергии. В этом приближении глубина потенциальной ямы для катиона соответствует энергии его связи, при сообщении которой он может покинуть регулярный узел с образованием точечного эффекта. Рассчитанные в [3] значения энергии потенциальных минимумов для $\text{Cd}_{0.25}\text{Hg}_{0.75}\text{Te}$ составляет 0.944 эВ для связи Cd – Te и 0.048 эВ для Hg–Te. Будем считать действие наведенного за счет фотоэмиссии поля на ион с удаленным из внутренней оболочки электроном как дополнительное возмущение, действующее на ион, совершающий тепловые колебания относительно положения равновесия, определяемого минимумом потенциальной ямы. Энергия, сообщаемая внешним полем такому иону, может быть оценена как $\Delta q E \Delta x \sim 1.5 \cdot 10^{-2}$ эВ (здесь $\Delta q = 3e$ – заряд дополнительно однократно ионизированного МРИ иона, $E = 10^7$ В/м – напряженность наведенного поля, Δx – смещение от положения равновесия). В совокупности с тепловой энергией колебаний энергия возмущения возбужденного иона составляет 0.041 эВ, что сопоставимо с глубиной потенциальной ямы. Таким образом, влияние наведенного фотоэмиссией поля достаточно для генерации точечного дефекта при наличии иона Hg с возбужденной внутренней оболочкой. Отметим, что при двукратной ионизации внутренней оболочки иона суммарная его энергия превышает глубину ямы.

Рис.1. Зависимость выхода электронов, эмитированных с поверхности $\text{Cd}_{0.24}\text{Hg}_{0.76}\text{Te}$, от интенсивности МРИ $I_{\text{МРИ}}$.

Литература

- [1] В. Г. Средин, А. В. Войцеховский, О. Б. Ананьин и др. // Прикладная физика, 2018, № 4, с.54
- [2] Вавилов В. С. // УФН. 1997. т. 167. № 4. с. 407.
- [3] Sher A., Chen A., Spicer W. E., Shin C.-K. // J. Vac.Sci. Technol. 1985. A3, No. 3. p. 105.