Механизмы проводимости в твердых растворах $\text{Yb}_x\text{Mn}_{1-x}\text{S}$

Харьков А.М., Ситников М.Н., Филлипсон Г.Ю.

Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, Красноярск, 660014, просп. им. газ. «Красноярский рабочий», 31

DOI 10.34077/Semicond2019-65

Соединения, содержащие элементы с переменной валентностью, обнаруживают электронные фазовые переходы. В окрестности электронного фазового перехода меняется механизм, который можно установить из ВАХ. В твердом растворе $\text{Yb}_x\text{Mn}_{1-x}\text{S}$ с $x=0.15$ в интервале температур 80 – 400 К проведены измерения ВАХ с целью установить смену механизма проводимости Мотта на механизм проводимости Пула-Френкеля. В области температур, где наблюдается зарядовое упорядочение, проводимость описывается в модели токов, ограниченных пространственным зарядом и описывается квадратичным законом Мотта [1]:

$$j = \frac{9}{8} \tau_{\mu} \sigma_0 \mu \frac{U^2}{L^3} \quad (1)$$

где, j – плотность тока, τ_{μ} – максвелловское время релаксации, σ_0 – электропроводность в объеме материала, μ – подвижность носителей заряда, L – толщина образца.

Рис.1. (а) – Логарифмическая зависимость тока от приложенного напряжения для образца $\text{Yb}_x\text{Mn}_{1-x}\text{S}$, с $x=0.15$ без поля и магнитном поле $H=12\text{kOe}$ при $T=160\text{K}$ (1); 160K , H (2); 200K (3); 200K , H (4). (b) – Логарифмическая зависимость $I(U)$ от $U^{1/2}$ при $T=280\text{K}$ (5); 280K , H (6); 320K (7); 320K , H (8); 360K (9); 360K , H (10).

На Рис.1а экспериментальные данные ВАХ в логарифмических координатах хорошо описываются законом Мотта (1) при $T=160\text{K}$, 200K , а на Рис.1б при $T=280\text{K}$, 320K , 360K преобладает механизм проводимости Пула-Френкеля (2), согласно которому сильное электрическое поле, приложенное к образцу, меняет вид потенциальных барьеров для носителей заряда между атомами кристаллической решетки. Это приводит к увеличению количества электронов в образце за счет преодоления потенциального барьера. Ток в этом случае экспоненциально зависит от напряжения:

$$I = e \mu n_0 \frac{U}{L} \exp \frac{\beta U^{1/2}}{k T L^{1/2}} \quad (2)$$

где, e – заряд электрона, n_0 – концентрация электронов в зоне проводимости в отсутствии поля, k – постоянная Больцмана, β – постоянная Пула-Френкеля зависящая от ε – диэлектрической проницаемости полупроводника. Линейность участков на логарифмической зависимости I/U от $U^{1/2}$ в координатах Пула-Френкеля свидетельствует о том, что преобладающий транспорт носителей заряда осуществляется за счет, как прыжкового механизма проводимости, так и за счет туннельной эмиссии электронов [2]. Работа выполнена при поддержке гранта № 18-32-00079 мол_а.

[1] N.F. Mott, E.F. Davis, *Electronic Processes in Non-Crystalline Materials*, Oxford (1971).

[2] J.R. Macdonald, *Electrochimica Acta*, **35**, 1483 (1990).