

Релаксация темнового тока в тонких слоях стеклообразной системы $(\text{Ge}_{28.5}\text{Pb}_{15.0}\text{S}_{56.5})_{100-x}\text{Fe}_x$

А. А. Кононов¹, С. Е. Хачатуров², Р. А. Кастро³

Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена

¹kononov_aa@icloud.com, ²khachaturovsergey97@gmail.com, ³recastro@mail.ru

Аннотация. Представлены результаты исследования процессов релаксации темнового тока в тонких слоях халькогенидной системы $(\text{Ge}_{28.5}\text{Pb}_{15.0}\text{S}_{56.5})_{100-x}\text{Fe}_x$. Обнаруженный гиперболический спад тока указывает на отклонение от экспоненциального Дебаевского механизма дисперсии. Это обусловлено существованием набора релаксаторов с широким спектром времен релаксации. Уменьшение значения показателя степени n с увеличением процентного содержания железа связано со структурными изменениями в системе. При малом количестве примеси ее атомы встраиваются в сетку стекла за счет взаимодействия неподеленных электронных пар халькогена и d-орбиталей переходного металла; при более высоких концентрациях железо образует металлические кластеры, то есть, система становится двухфазной.

Ключевые слова: релаксация темнового тока; халькогенидные стекла; неподеленные электронные пары

I. ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время электронные свойства, определяющие особенности щели подвижности в халькогенидных полупроводниках, интенсивно исследуются в связи с возможностями практического применения таких материалов при изготовлении тепловых систем изображения, волокон и плоских волноводов, в оптических сенсорах и нелинейной оптике [1]. Однако, до сих пор нет единого мнения о влиянии примесных и дефектных центров на способность к стеклообразованию. Целью данной работы явилось выявление особенностей процессов изотермической релаксации темнового тока и их связи со структурой тонких слоев халькогенидной системы $\text{Ge}_{28.5}\text{Pb}_{15}\text{S}_{56.5}$, легированной переходным металлом – железом.

II. МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Исследуемые образцы гибридной системы $(\text{Ge}_{28.5}\text{Pb}_{15.0}\text{S}_{56.5})_{100-x}\text{Fe}_x$ ($x = 0, 0.5, 1.0, 2.0$) изготавливались методом термического испарения в вакууме; толщина слоев составляла $\sim 2.0 \text{ }\mu\text{m}$. Исследование элементного состава образцов производилось с использованием сканирующего электронного микроскопа (SEM) Carl Zeiss EVO 40. Структурные особенности образцов исследовались на рентгеновском дифрактометре ДРОН-7. Полученные рентгенограммы показывают выраженное

гало, что указывает на аморфное состояние исследуемых пленок (рис. 1).

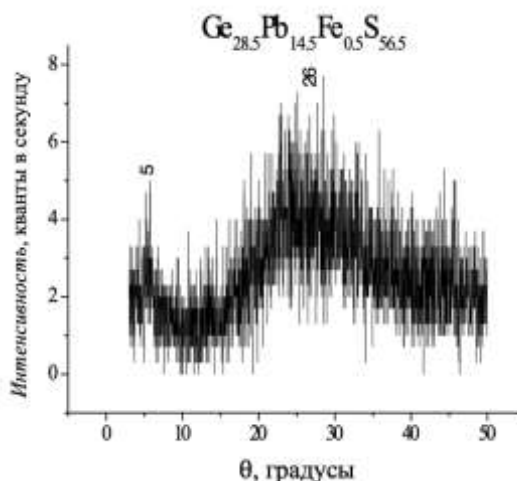


Рис. 1. Рентгенограмма образца полупроводниковой пленки $\text{Ge}_{28.5}\text{Pb}_{14.5}\text{Fe}_{0.5}\text{S}_{56.5}$ с указанием углов рассеяния 2θ в градусах

Измерения изотермической релаксации темнового тока в исследуемых слоях были выполнены на спектрометре «Concept-81» (Novocontrol Technologies GmbH). Измерения проводились во временном интервале $t=10^{-1}\text{с} \dots 10^3\text{с}$ при комнатной температуре. Напряжение, подаваемое на образцы, составляло $U = 0.1 \text{ В}$. Относительная погрешность эксперимента не превышала $\pm 3 \%$.

III. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для большинства образцов системы $(\text{Ge}_{28.5}\text{Pb}_{15.0}\text{S}_{56.5})_{100-x}\text{Fe}_x$ при комнатной температуре наблюдается гиперболический спад тока вида $I(t)=At^{-n}$ ($n=0.47 \dots 0.82$) (рис. 2). Введение железа в сетку стекла приводит к уменьшению значения показателя степени n аналогично тому, как происходит в случае немодифицированных стекол при увеличении температуры (рис. 3). Обнаруженный гиперболический характер спада темнового тока в пленках исследуемой системы указывает на отклонение от экспоненциального Дебаевского механизма дисперсии $I(t) \sim \exp(-t/\tau)$. Наблюдаемое отклонение связано с существованием спектра времен релаксации τ_i . Уменьшение значения показателя степени n с увеличением процентного содержания железа может быть связано со структурными

изменениями в системе. При малом количестве примеси ее атомы встраиваются в сетку стекла за счет взаимодействия неподеленных электронных пар халькогена и d-орбиталей переходного металла; при более высоких концентрациях железо образует металлические кластеры, то есть, система становится двухфазной [2].

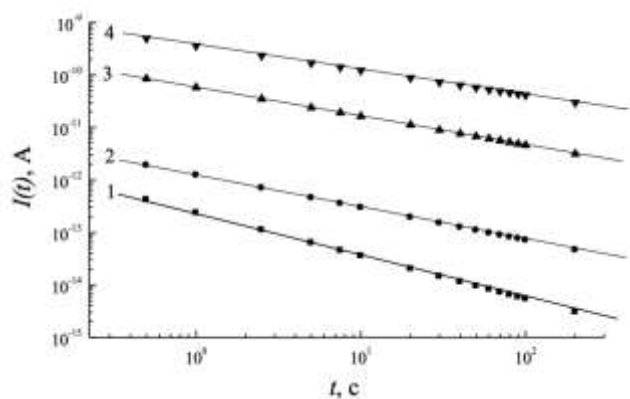


Рис. 2. Спад темнового тока $I(t)$ для образцов системы $(\text{Ge}_{28.5}\text{Pb}_{15.0}\text{S}_{56.5})_{100-x}\text{Fe}_x$ при комнатной температуре. 1 - $x=0.0$ % Fe, 2 - $x=0.5$ % Fe, 3 - $x=1.0$ % Fe, 4 - $x=2.0$ % Fe

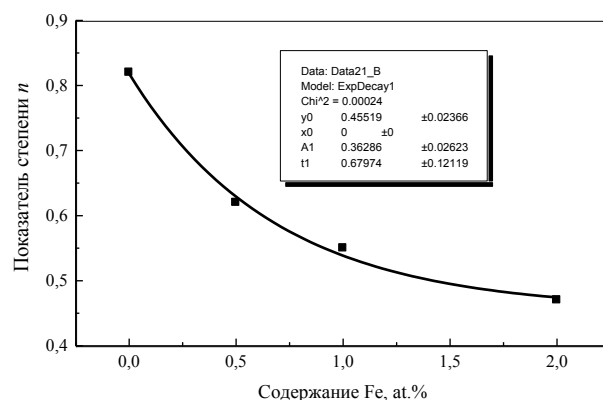


Рис. 3. Значение показателя степени n для образцов с различным процентным содержанием железа

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Zhang B., Guo W., Yu Y., Zhai C., Qi S., Yang A., Li L., Yang Z., Wang R., Tang D., Tao G., Luther Davies B. Low loss, high NA chalcogenide glass fibers for broadband mid-infrared supercontinuum generation // Journal of the American Ceramic Society. 2015. V. 98. № 5. P. 1389-1392.
- [2] Bordovskii G.A., Castro R.A. The state of iron and tin atoms in the $\text{Ge}_{28.5}\text{Pb}_{15}\text{S}_{56.5}$ and $\text{Ge}_{27}\text{Pb}_{17}\text{Se}_{56}$ vitreous semiconductors // Glass Physics and Chemistry. 2006. V. 32. № 3. P. 315-319.