

УДК 621.315 (075.8)

Н.А.Галичин (асп., каф. ЭИКиК), К.В.Легарьков (6 курс, каф. ЭИКиК),  
М.Э.Борисова, д.т.н., проф.

## ВЛИЯНИЕ УВЛАЖНЕНИЯ НА ПРОЦЕСС РЕЛАКСАЦИИ ЗАРЯДА В ПЛЕНКАХ ПОЛИИМИДА

Целью данной работы является исследование влияния влажности на процессы релаксации заряда в плёнке полиимида и анализ экспериментальных данных на основе моделей электрнетного состояния.

В данной работе исследовались спектры токов термостимулированной деполяризации (ТСД) полиамидной плёнки марки ПМ-А китайского производства толщиной 25 мкм. Токи ТСД измерялись при блокирующем контакте, который обеспечивался наличием изолирующих прокладок между плёнкой и электродами. В качестве изолирующих прокладок использовалась плёнка политетрафторэтилена ( $\rho_{\text{ПТФЭ}} > \rho_{\text{ПМ}}$ ) толщиной 20 мкм. Увлажнение плёнок проводилось при их погружении и выдержке в дистиллированной воде в течение 24 часов. Зарядка образцов осуществлялась в коронном разряде.

Из сравнения кривых ТСД, измеренных для исходной и увлажнённой плёнок и приведённых на рис. 1 и 2 видно, что на спектре токов исходной пленки имеется один максимум при температуре  $T_m = 468$  К, а у увлажнённой плёнки спектр смещается в область более низких температур и содержит три максимума при  $T_m = 333, 423, 463$  К. Появление на кривых трёх максимумов свидетельствует об изменении механизма накопления и релаксации заряда. Для получения дополнительной информации об этих механизмах необходим тщательный анализ кривых.

Для анализа максимумов токов ТСД и определения соответствующих им энергий активации использовалась модель Дебая, согласно которой:

$$U_{\text{Э}} = U_{\text{Э}0} \cdot \exp\left(-\int_0^t \frac{1}{\tau} dt\right), \quad \tau = \tau_0 \cdot \exp\left(\frac{W}{kT}\right).$$

Предэкспоненциальный множитель  $\tau_0$  может быть выражен через  $\tau_m$  – время, соответствующее максимуму тока:

$$\tau = \tau_m \cdot \exp\left(\frac{W}{kT} - \frac{W}{kT_m}\right).$$

Электрнетная разность потенциалов  $U_{\text{Э}}$  связана с поверхностной плотностью заряда  $\sigma$  соотношением:

$$U_{\text{Э}} = \frac{\sigma h}{\varepsilon \varepsilon_0} \Rightarrow \sigma = \frac{U_{\text{Э}} \varepsilon \varepsilon_0}{h}, \quad \text{а ток: } j_{\text{ТСД}} = \frac{d\sigma_{\text{ИИД}}}{dt}, \quad \text{причем } \left. \frac{dj_{\text{ТСД}}}{dt} \right|_{\text{max}} = 0.$$

Исходя из этих соображений, выражение для тока ТСД может быть записано как:

$$j_{\text{ТСД}} = j_M \cdot \exp\left(\frac{W}{kT_m} - \frac{W}{kT}\right) \cdot \exp\left[-\frac{W}{kT_m^2} \cdot \int_{T_m}^T \exp\left(\frac{W}{kT_m} - \frac{W}{kT}\right) dT\right],$$

$$\text{где } j_M = -\frac{\varepsilon \varepsilon_0 U_{\text{Э}0}}{h \tau_m} \cdot \exp\left(-\frac{W}{kT_m^2} \cdot \int_0^{T_m} \exp\left(\frac{W}{kT_m} - \frac{W}{kT}\right) dt\right).$$

Расчёт теоретических кривых проводился методом подгонки с помощью программы MathCad 2000. Рассчитанная теоретическая кривая для исходного образца хорошо согласуется с экспериментальной при величине энергии активации  $W = 1,1$  эВ. Совпадение

экспериментальной и теоретической кривых для увлажненного образца достигнуто при разложении спектра ТСД на 5 максимумов ( $T_{m1} = 333$  К,  $T_{m2} = 348$  К,  $T_{m3} = 378$  К,  $T_{m4} = 423$  К,  $T_{m5} = 463$  К). При анализе этих максимумов были определены величины соответствующих им энергий активации ( $W_1 = 0,8$  эВ,  $W_2 = 0,7$  эВ,  $W_3 = 0,6$  эВ,  $W_4 = 0,67$  эВ,  $W_5 = 1,1$  эВ). Наличие нескольких максимумов свидетельствует о разных механизмах релаксации заряда, что может быть обусловлено различными силами взаимодействия влаги с полимером.

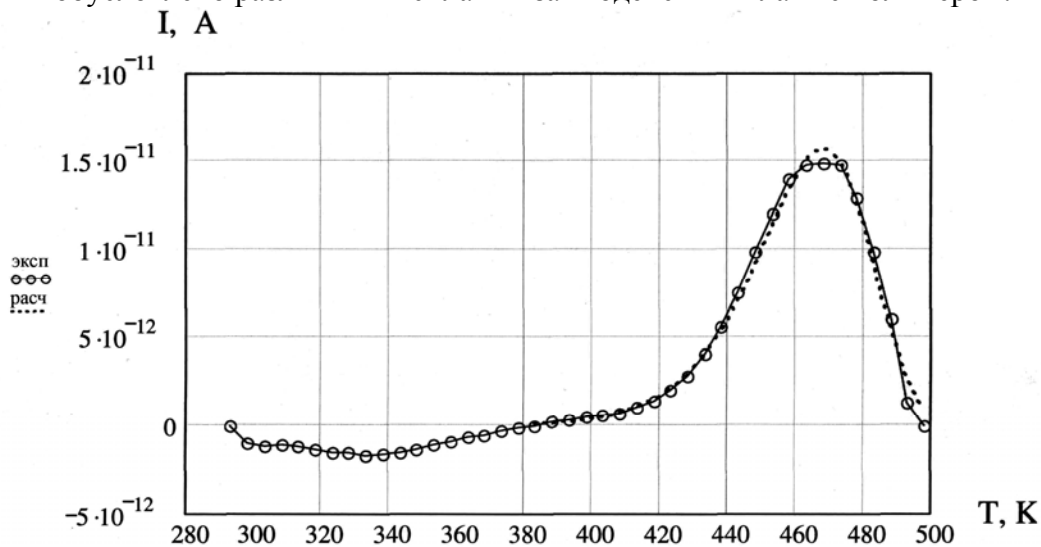


Рис. 1. Экспериментальная и расчётная зависимости спектра токов ТСД исходной плёнки ПМ

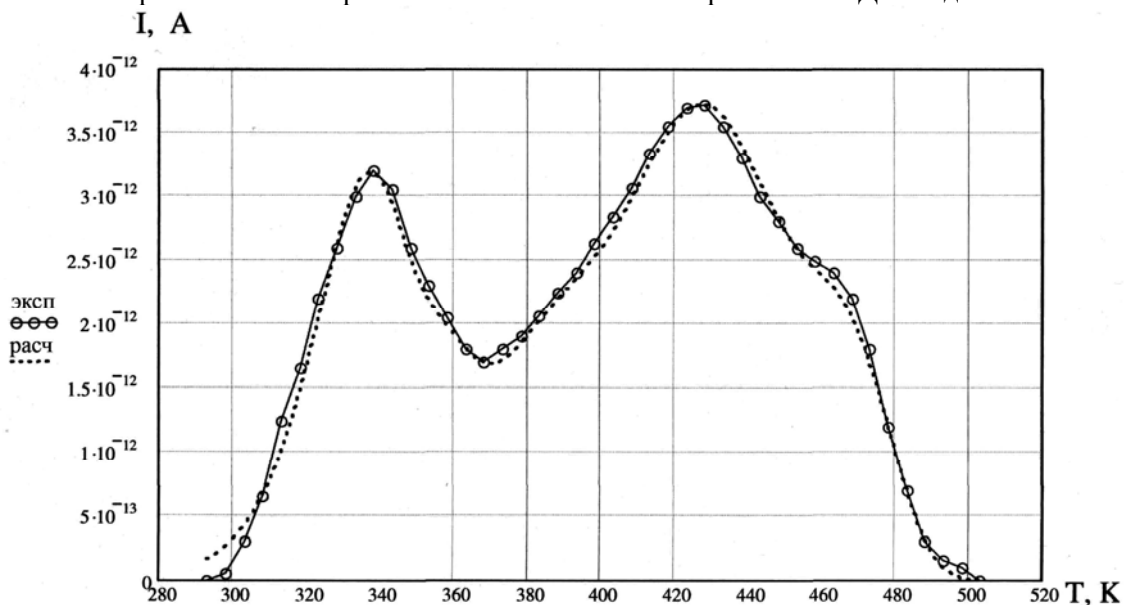


Рис. 2. Экспериментальная и расчётная зависимости спектра токов ТСД увлажненной плёнки ПМ

Итак, в результате проведённых исследований установлено, что увлажнение пленки приводит к изменению спектров токов ТСД. Релаксация заряда смещена в область более низких температур, что может свидетельствовать об увеличении  $\gamma$ . Спектры токов ТСД проанализированы на основе модели Дебая методом подгонки расчётных кривых под экспериментальные. Для всех максимумов рассчитаны значения энергий активации, определяющие механизм релаксации заряда.