

Изотермическая поляризация тонкопленочной МДМ структуры Al–As₂Se₃–Al

© В.Т. Аванесян[¶], Г.И. Грабко

Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена, 191186 Санкт-Петербург, Россия

(Получена 4 апреля 2007 г. Принята к печати 18 апреля 2007 г.)

Приведены результаты изучения кинетики изотермического тока поляризации в пленках As₂Se₃. В исследуемых образцах протекают интенсивные релаксационные процессы, связанные с накоплением объемного заряда в приконтактной области металл–полупроводник. Проводится анализ экспериментальных данных с привлечением эстафетного механизма электропереноса.

PACS: 77.22.Ej, 73.40.Rw, 78.66.Jg

В последние годы обнаруживается значительный интерес к изучению релаксационных свойств резупорядоченных систем, что связано с возможностью определения структурных макро- и микропараметров путем анализа кинетических зависимостей исследуемого поляризационного процесса.

Высокоомный стеклообразный селенид мышьяка находит применение в качестве перспективного материала в системах записи и сохранения информации с накоплением заряда [1,2]. Вместе с тем механизмы поляризации и электрического разряда слоев селенида мышьяка, непосредственно связанные со структурным разупорядочением и аномалиями химических связей, являются мало изученными. Одним из информативных методов выявления энергетической структуры квазинепрерывного спектра локальных состояний, контролирующих дрейфовую подвижность в халькогенидных стеклообразных полупроводниках (ХСП), является анализ тока изотермической релаксации [3]. В данной работе проводится анализ кинетики тока изотермической поляризации в тонких пленках As₂Se₃ в рамках модели эстафетного механизма переноса заряда.

Измерения тока изотермической поляризации проводились на пленочных сэндвич-структурах Al–As₂Se₃–Al толщиной 1.0 мкм и площадью контактов 14.0 мм², изготовленных методом термического вакуумного напыления. Поляризация исследуемых образцов осуществлялась при использовании источника стабилизированного напряжения ($U \approx 0.1$ В). Кривые релаксации тока регистрировались стандартным методом с помощью электрометрического усилителя В7-30 и генератора инфранизких частот Г6-15, обеспечивающего напряжение развертки. Во время измерений значение температуры поддерживалось в пределах $T = 293–345$ К с точностью до 0.5 К с помощью автоматического фиксирования величины тока, питающего электронагреватель.

После включения напряжения в тонкопленочных образцах As₂Se₃ наблюдался спад тока I во времени t , протекающий согласно эмпирическому закону Кюри–ван-Швейдлера $I \propto t^{-n}$ ($n \approx 0.8$) [3]. Форма кривых релакса-

ции тока поляризации в As₂Se₃ позволила выделить две фазы процесса — быструю и медленную, отвечающие временным интервалам $\Delta t_1 = 1–10$ с и $\Delta t_2 = 10–100$ с. Наличие двух составляющих зависимости $I(t)$ отмечается во многих ХСП, а длинновременная релаксация тока объясняется формированием пространственного заряда за счет захвата носителей заряда (НЗ) на локальные уровни и последующим термическим опустошением все более глубоких ловушек, приводящим к замедлению кинетики процесса [4,5].

Анализ, проведенный с учетом выполнения условия нейтральности, показывает, что для данного значения неравновесного уровня Ферми E_F^* произведение It пропорционально плотности локальных состояний [6]:

$$N(E_F^*) = \frac{It}{AqkT}. \quad (1)$$

Таким образом, экспериментальная зависимость $It = F(T, t)$ (рис. 1) может отражать энергетическое распределение локальных состояний при варьировании переменных T и t .

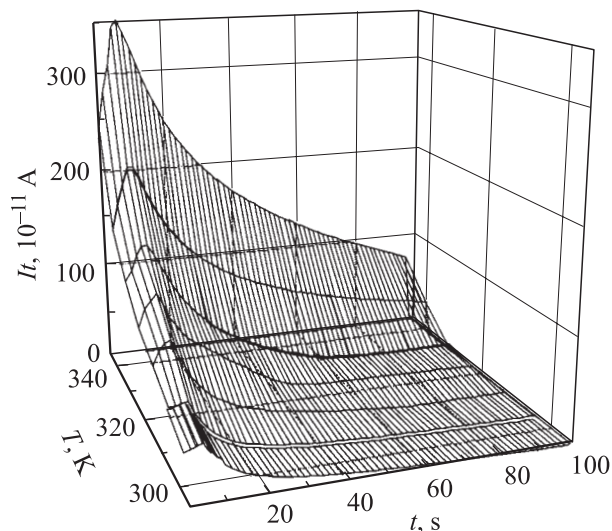


Рис. 1. Поверхность $It = F(T, t)$ для пленок As₂Se₃.

[¶] E-mail: avanesyan@mail.ru

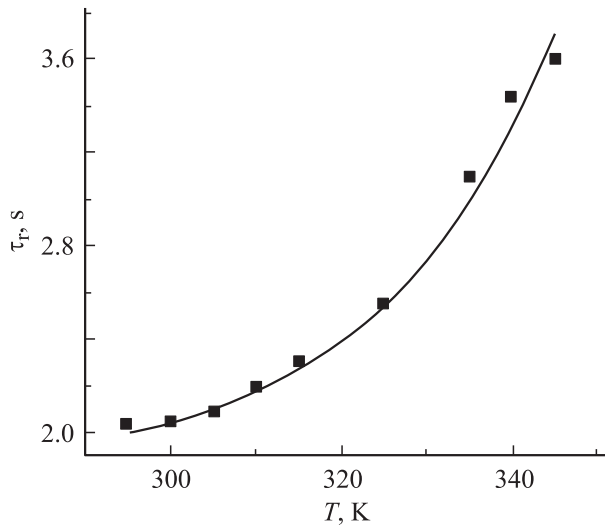


Рис. 2. Температурная зависимость времени релаксации пленок As₂Se₃.

Анализ длинновременной составляющей кинетики релаксационного тока может быть произведен на основе теории эстафетного механизма переноса носителей через локализованные состояния области пространственного заряда в структурах металл–ХСП, которая приводит к следующей временной зависимости [7]:

$$I = \frac{UC_c t}{(\tau + t)^2} \quad (2)$$

при значении характеристической постоянной времени $\tau = L^3/\mu_{ch}d_cU$. Здесь μ_{ch} — эффективная подвижность заряда, переносимого через запрещенную зону, d_c — толщина, определяющая емкость контакта C_c , L — толщина слоя диэлектрика, U — приложенное напряжение.

Полученные экспериментальные данные свидетельствуют о замедлении темпа спада тока с ростом температуры, отвечающем экспоненциальному характеру температурной зависимости эффективного времени релаксации $\tau_r(T)$ (рис. 2). В этом случае замедление процессов релаксации тока поляризации с увеличением T можно связать с уменьшением толщины соответствующей контактной области.

Учитывая активационный характер процессов релаксации и переноса зарядов, в первом приближении, можно предположить также экспоненциальный характер зависимости $\tau(T)$, определяемой уравнением $\tau = \tau_0 \exp(-\Delta E/kT)$. Здесь τ_0 — не зависящий от температуры предэкспоненциальный множитель, ΔE — энергия активации.

В этом случае величина произведения It , пропорциональная заряду, накопленному в приконтактной области, связана с переменными t и T соотношением

$$It = \frac{UC_c t^2}{[\tau_0 \exp(-\Delta E/kT) + t]^2}. \quad (3)$$

Анализ выражения (3) приводит к значению T , соответствующему экстремальной величине It :

$$T = \frac{\Delta E}{k \ln(\tau_0/t)}. \quad (4)$$

Таким образом, с учетом зависимости $\tau(T)$ можно получить выражение для изотермического тока поляризации:

$$I = \frac{UC_c}{4t}. \quad (5)$$

Значения энергии активации, рассчитанные для различных стадий кинетики тока поляризации и отвечающие начальному и конечному температурным интервалам (рис. 3), являются максимальными на начальной стадии процесса поляризации. В эстафетном механизме переноса экспериментальные значения энергии активации для As₂Se₃ варьируются в пределах $\Delta E = 0.55–0.6$ эВ [8], что коррелирует с нашими данными.

На основе приведенных данных можно сделать следующие выводы. Исследованные ХСП характеризуются интенсивными поляризационными процессами. К особенностям наблюдаемой кинетики токов изотермической поляризации можно отнести:

- замедление кинетики поляризации с течением времени;
- максимальные значения энергии активации для начальной стадии релаксационного процесса, свидетельствующие об участии в образовании барьерной емкости самых глубоких состояний;
- прямая зависимость между температурным фактором и энергией активации поляризационного процесса, сопровождаемого накоплением заряда в области контакта металл–полупроводник.

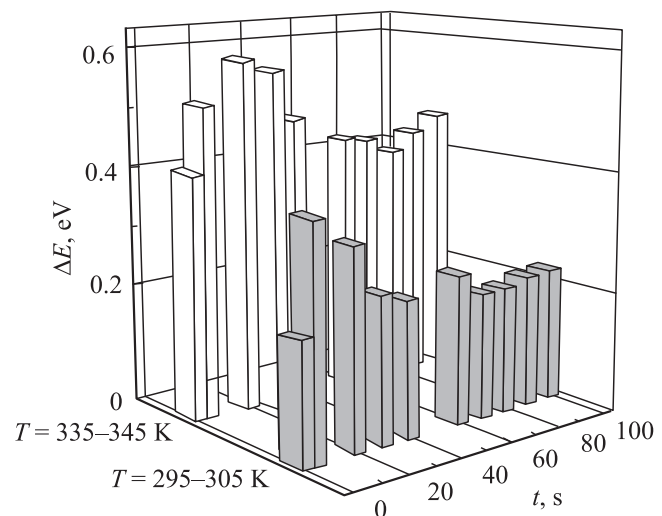


Рис. 3. Гистограммы значений энергии активации для различных стадий кинетики поляризации пленок As₂Se₃.

Список литературы

- [1] V.M. Lyubin, V.K. Tikhomirov. *J. Non-Cryst. Sol.*, **135**, 37 (1991).
- [2] *Электронные явления в халькогенидных стеклообразных полупроводниках* под ред. К.Д. Цэндина (СПб., Наука, 1996).
- [3] A.K. Jonscher. *Universal relaxation law* (London, Chelsea Dielectric Press, 1966).
- [4] K. Satoh, Y. Yamanashi, M. Kitao. *Jpn. J. Appl. Phys.*, **31**, 181 (1992).
- [5] А.А. Симашкевич, С.Д. Шутов. *ФТП*, **28**, 133 (1994).
- [6] J.G. Simmons, M.C. Tam. *Phys. Rev.*, **117** (8), 3706 (1973).
- [7] Б.Л. Тиман. *ФТП*, **7**, 225 (1973).
- [8] Л.П. Казакова, Э.А. Лебедев, Н.А. Рогачев. *Электронные явления в некристаллических полупроводниках* под ред. Б.Т. Коломийца (Л., Наука, 1976).

Редактор Т.А. Полянская

Isothermal polarization in thin film of Al–As₂Se₃–Al metal–dielectric–metal structure

V.T. Avanesyan, G.I. Grabko

Herzen State Pedagogical University of Russia,
 191186 St. Petersburg, Russia

Abstract Results of study of the kinetics of polarization isothermal current in As₂Se₃ films are presented. An intensive relaxation processes in investigated samples connected with accumulation of bulk charge in the metal–semiconductor contact area have been proceeded. The experimental results have been interpreted using a model of go-ahead mechanism of conductivity.