

- [7] Семиноженко В.П., Шафранюк С.Е. - ФНТ, 1984, т. 10, № 3, с. 273-279.
- [8] Fomin V.M., Pokatilov E.P. - Phys. Stat. Sol. (b), v. 132, N 1, p. 69-82.
- [9] Tsuneto T. Phys. Rev., 1961, v. 121, N 2, p. 402-415.
- [10] Булаевский Л.Н. - УФН, 1975, т. 116, в. 3, с. 449-487.

Институт металлофизики
АН УССР, Киев

Поступило в Редакцию
21 июля 1987 г.

Письма в ЖТФ, том 14, вып. 4

26 февраля 1988 г.

ЗАВИСИМОСТЬ ПОРОГА ПРОТЕКАНИЯ
В СМЕСЯХ ПРОВОДНИК-ДИЭЛЕКТРИК
ОТ СРЕДНЕГО РАЗМЕРА И СОБСТВЕННОЙ
ПОРИСТОСТИ ЧАСТИЦ ПРОВОДНИКА

С.И. Зиновьев, Р.В. Манчук,
Л.И. Сарин, И.А. Энтин

Для смесей проводник-диэлектрик в [1, 2] исследовалось влияние соотношения средних размеров частиц проводника \bar{a}_1 и диэлектрика \bar{a}_2 на порог протекания x_{ic} . Показано, что

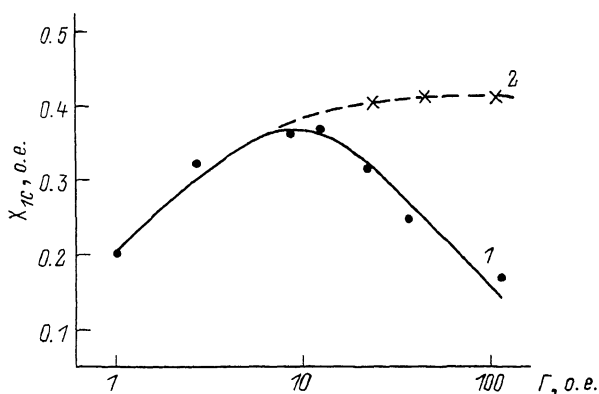
$$\frac{dx_{ic}}{d\Gamma} \geq 0, \quad (1)$$

$$\Gamma = \frac{\bar{a}_1}{\bar{a}_2}.$$

Нами исследована зависимость порога протекания в смеси пековый кокс-портландцемент от Γ при фиксированной \bar{a}_2 . Порошок пекового кокса разделялся по фракциям на ситах, причем $\bar{a}_1 \approx \bar{a}_2 \approx 2 \cdot 10^{-5}$ м. Предполагалось, что распределение частиц проводника по размеру внутри фракций - равномерное, электропроводность смесей измерялась под давлением $P = 5 \dots 80$ МПа. Объемные концентрации компонентов x_i ($i = 1, 2$) рассчитывались как и в [1]:

$$x_i = \frac{m_i}{\rho_i \cdot V(P)},$$

где $V(P)$ - объем смеси, m_i - массы и ρ_i - плотности компонентов.



Зависимость порога протекания x_{rc} от Γ : 1 - без учета, 2 - с учетом собственной пористости частиц проводника.

Анализ экспериментальных зависимостей удельной электропроводности смесей $\sigma(x_r)$ показал, что эти зависимости при $x_r - x_{rc} \leq 0.1$ хорошо согласуются с формулой теории протекания [3]:

$$\sigma = \sigma_1 (x_r - x_{rc})^t$$

Для всех исследованных смесей порог протекания не зависит от давления, удельная электропроводность углерода $\sigma_1 \approx 10^2$ см·м⁻¹, критический индекс $t \approx 1.7 \pm 0.1$, $\sigma_1 \cdot \sigma_2^{-t} \approx 10^{11}$ (σ_2 - удельная электропроводность цемента).

Главный результат настоящей работы - обнаружение немонотонной зависимости $x_{rc}(\Gamma)$ - при $\Gamma \approx 10$ x_{rc} достигает максимального значения (см. рисунок).

Для объяснения этого эффекта исследована зависимость пористости частиц углерода Π_1 от \bar{a}_1 . Показано, что величина

$$\Pi_1 = 1 - \frac{\tilde{f}_1}{f_1}$$

(где \tilde{f}_1 - плотность частиц кокса с учетом собственной пористости) растет при увеличении \bar{a}_1 (см. таблицу). Если учесть собственную пористость частиц кокса, то доля объема смеси, занятая ими:

$$\tilde{x}_1 = x_1 (1 - \Pi_1)^{-1}$$

С ростом \bar{a}_1 и пористости Π_1 порог протекания достигается при меньшей массе кокса в единице объема смеси. Снижение x_{rc} за счет этого эффекта заметнее, чем рост x_{rc} с увеличением Γ (согласно [1]). Значения \tilde{f}_1 для разных \bar{a}_1 приведены в таблице, а зависимость x_{rc} от Γ с учетом собственной пористости частиц углерода - на рисунке.

Зависимости плотности и собственной пористости Π_1 частиц пекового кокса от среднего размера \bar{a}_1 этих частиц.

$\bar{a}_1, \times 10^5 \text{ м}$	2...26	41	75	250
$\tilde{f}_1, \times 10^{-3} \text{ кгм}^{-3}$	2.10	1.70	1.30	0.85
$\Pi_1, \text{ отн. ед.}$	0.0	0.19	0.38	0.60

Сопоставление кривых 1 и 2 на рисунке показывает, что при учете собственной пористости частиц кокса зависимость $x_{1c}(\Pi)$ согласуется с (1).

Если $\bar{a}_1 \gg \bar{a}_2$, средние размеры пор в частицах проводника также много больше \bar{a}_2 и эти поры – открытые, то влияние собственной пористости частиц проводника на порог протекания ослабевает – значительная часть пор заполняется малыми частицами диэлектрика.

Влияние пористости на физические свойства смесей проводник-диэлектрик рассматривалось в [3–5], но учитывалась только пористость, связанная с неплотной укладкой частиц. Электропроводность композиционных материалов полимерный диэлектрик-технический углерод с пористыми частицами исследована в [6], но влияние собственной пористости частиц проводника на порог протекания не рассматривалось.

Л и т е р а т у р а

- [1] Malliaris A., Turner D.T. – J. Appl. Phys., 1971, v. 41, N 2, p. 614–618.
- [2] Беликова Л.А., Замотринская Е.А., Загоскин В.В., Михайлова Т.Г., Нестеров В.М. – Изв. вузов, Физика, 1982, в. 7, с. 6–10.
- [3] Шкловский Б.И., Эфрос А.Л. Электронные свойства легированных полупроводников. М.: Наука, 1979. 416 с.
- [4] Харитонов Е.В. Диэлектрические материалы с неоднородной структурой. М.: Радио и связь, 1983. 103 с.
- [5] Фистуль В.И., Ганин В.В., Фистуль А.Д., Юрьев Г.А. – Письма в ЖТФ, 1980, т. 13, № 5, с. 826–828.
- [6] Гуль В.Е., Шенфиль Л.З. Электропроводящие полимерные композиции. М.: Химия, 1984. 240 с.

Сибирский
научно-исследовательский
институт энергетики,
Новосибирск

Поступило в Редакцию
19 октября 1987 г.