

01; 05.2

© 1992

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗОФОРМИЗМА
ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ, ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ
ПРОНИЦАЕМОСТИ И ТЕРМО-ЭДС В КОМПОЗИТАХ,
ПРЕДСКАЗАННОГО ТЕОРИЕЙ ПРОТЕКАНИЯ

А.Х. З а й н у т д и н о в, А.А. К а с ы м о в,
М.А. М а г р у п о в

Как известно, аналитические решения задачи точного соответствия (изоморфизма) между электропроводностью (σ) и термоэдс (α) в двухкомпонентных средах обсуждались многими авторами [1-6].

Стралей [1], решая уравнение для плотности тока и потока энтропии в случае равенства теплопроводности (κ) компонент, показал, что решение проблемы α сводится к решению задачи композитных материалов с различными σ .

Балагуров [2] свел задачу о α и ε двухкомпонентной системы к задаче σ системы той же структуры. Полученные формулы позволяют рассмотреть термоэлектрические явления в критической области в рамках гипотезы подобия [3].

Гальперин [4], развивая метод Стралей, получил следующую формулу для эффективного значения термоэдс при $\kappa_1 \approx \kappa_2$:

$$\alpha^{\text{эфф}}(V_1) = (\alpha_2 - \alpha_1) \left(\frac{\kappa^{\text{эфф}}(V_1)}{\sigma^{\text{эфф}}(V_1)} - \frac{\kappa_1}{\sigma_1} \right) \left(\frac{\kappa_2}{\sigma_2} - \frac{\kappa_1}{\sigma_1} \right)^{-1} + \alpha_1, \quad (1)$$

где V - объемная доля, а индексы 1, 2 соответственно относятся к наполнителю и матрице.

Из (1) в [5] были получены формулы для α в критической области:

$$V_1 \rightarrow V_C + 0, \quad \alpha^{\text{эфф}}(V_1) \sim (V_1 - V_C)^{-q_1}, \quad q_1 = t_1, \quad (2)$$

$$V_1 \rightarrow V_C - 0, \quad \alpha^{\text{эфф}}(V_1) \sim (V_C - V_1)^{q_2}, \quad q_2 = t_2, \quad (3)$$

где t_1 и t_2 - критические индексы эффективной электропроводности до и после порога. Этот результат получен также в работе [6]. Однако до настоящего времени отсутствуют экспериментальные результаты, подтверждающие точное соответствие между σ , ε и α для трехмерных систем. Настоящая работа посвящена этому вопросу.

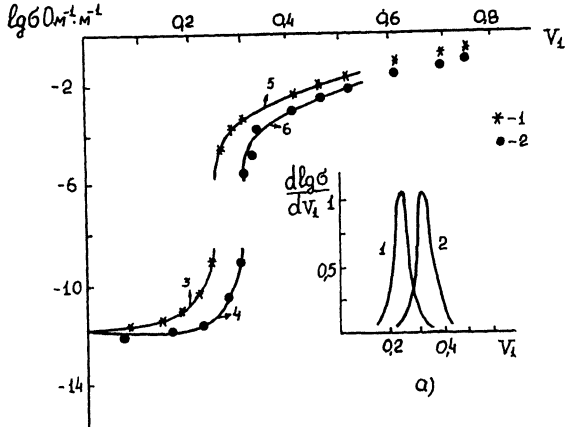


Рис. 1. Зависимость электропроводности σ от объемного содержания V_1 композитов на основе Ф-42, полученных по методам А(1, 3, 5) и Б(2, 4, 6). 1, 2 – экспериментальные значения; 3, 4, 5, 6 – расчетные значения по формулам (2) (3, 4) и (3) (5, 6); 3, 4 – расчетные значения по формуле (2) при $\varphi_1=1.02$ (3) и $\varphi_1=0.85$ (4); 5, 6 – расчетные значения по формуле (3) при $t_2=2.1$ (5) и $t_2=1.93$ (6); а) зависимость $d \lg \sigma / d V_1$ от V_1 для композиций, полученных методом А(1) и Б(2).

Объектами исследования были композиты на основе мелкодисперсного карбонильного железа марки Р-100 и фторсодержащего полимера марки Ф-42. Методы получения образцов описаны в [7].

Как видно из рис. 1, с повышением концентрации наполнителя σ композиции увеличивается от значения σ полимера до наполнителя. Критическая концентрация V_c , при которой из частиц наполнителя впервые образуется бесконечный кластер, определена дифференцированием $\lg \sigma$ композита по V_1 ; ее значения для композиций составили 0.235 (метод А) 0.295 (метод Б). Для определения до порогового критического индекса t_1 экспериментальные результаты строились в координатах $\lg \sigma - \lg \left(\frac{V_c - V_1}{V_c} \right)$. Из угла наклона зависимости $\lg \sigma - \lg \left(\frac{V_c - V_1}{V_c} \right)$ был определен критический индекс t_1 , значения которого соответственно равны 1.02 (А) и 0.85 (Б). Обозначения (А) и (Б) относятся к методу получения образцов [7].

Значения $\varepsilon(0, V_1)$, найденные путем экстраполяции низкочастотных данных к нулевой частоте, приведены на рис. 2. Определенный критический индекс t_1 из зависимости $\lg \varepsilon$ от $\lg \left(\frac{V_c - V_1}{V_c} \right)$ имел значения соответственно 0.94 для А и 0.78 для Б.

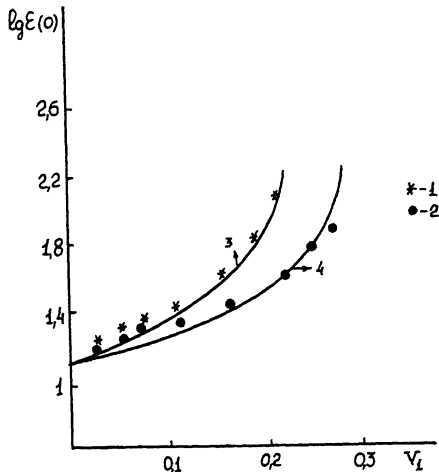


Рис. 2. Зависимость статической диэлектрической проницаемости композиций, полученных на основе фторопласта и карбонильного железа методами А(1, 2) и Б(3, 4), от объемной доли наполнителя. 1, 2 – эксперимент, 3, 4 – расчетные значения по формуле (2) при $t_1=0.94$ (3) и $t_2=0.78$ (4).

Критический индекс q_1 для термоэдс, определенный нами в [7], равен 1.14 и 1.05 для метода А и Б. Экспериментально определенные из зависимостей $\sigma(V_f)$, $\alpha(V_f)$ и $\varepsilon(V_f)$ значения критических индексов в пределах точности эксперимента и расчета [5, 6] соответствуют друг другу.

Таким образом, экспериментальные результаты для $\sigma(V_f)$, $\alpha(V_f)$ и $\varepsilon(V_f)$ в критической области можно описать одним критическим индексом, определенным для электропроводности, т.е. доказано, что задача электропроводности является основной задачей теории протекания, а следствием являются задачи термоэдс и диэлектрической проницаемости.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Straley J.P. // J. Phys. D. Appl. Phys. 1981. V. 14. N. 11. P. 2104-2105.
 [2] Балагуров Б.Я. // ЖЭТФ. 1983. Т. 85. В. 2(8) С. 568-584.
 [3] Efros A.L., Shklovskii B.J. // Phys St. Sol. (B). 1976. V. 76. N. 2. P. 475-485.

- [4] H a l p e r n V. // J. Phys. C. Sol. St. Phys. 1983. V. 16. N. 7. P. L217-L220.
- [5] С к а л А.С. // ЖЭТФ. 1985. Т. 88. В. 2. С. 516-521.
- [6] Б а л а г у р о в Б.Я. // ФТП. 1986. Т. 20. В. 7. С. 1276-1280.
- [7] З а й н у т д и н о в А.Х., К а с ы м о в А.А., М а - г р у п о в М.А., М и р х о д ж а е в А.М. // Письма в ЖТФ. 1991. Т. 17. В. 18. С. 60-62.

Ташкентский
государственный
университет

Поступило в Редакцию
29 декабря 1991 г.