

О температурной зависимости электропроводности расплавленных стекол

К. А. Костаян и Е. А. Ерзян

Рассмотрена температурная зависимость электропроводности щелочных стекол в широком температурном интервале, охватывающем расплавленное и высоковязкое состояния. Предложена более простая эмпирическая формула для выражения температурной зависимости электропроводности.

Температурная зависимость электропроводности стекол от твердого до расплавленного состояния носит сложный характер. На рисунке 1 представлен график $\lg x - \frac{1}{T}$ (x — удельная электропроводность, T — абсолютная температура) в широком интервале температур (от комнатных до расплавленного состояния). Как видно из

рисунка, кривая $\lg x - \frac{1}{T}$ ха-

рактеризуется тремя плавно переходящими друг в друга прямолинейными участками, соответствующими твердому, высоковязкому (размягченному) и расплавленному состояниям стекла. Для выражения приведенной зависимости по всему температурному интервалу нет соответствующего уравнения. Обычно применяемое известное экспоненциальное уравнение

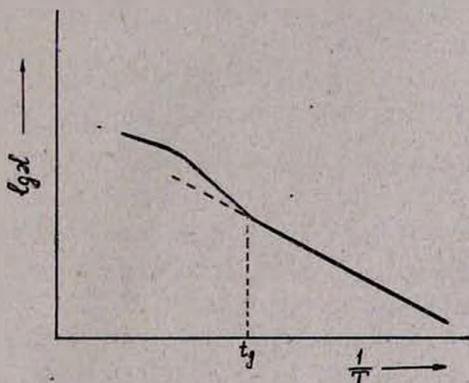


Рис. 1.

$$\lg x = A - \frac{B}{T} \quad (1)$$

справедливо в отдельности для твердого, высоковязкого и расплавленного состояний с различными значениями постоянных A и B .

Уравнение (1) было предложено Рашем и Гинриксеном [1] для твердого состояния стекла. Аналогичное уравнение Евстропьев предложил для расплавленного состояния. Кроме того, для температурной зависимости электропроводности стекол был предложен ряд уравнений [2—5]:

$$\lg x = A^I - \frac{B^I}{T - T_0}, \quad (2)$$

$$\lg x = A^{II} - \frac{d \cdot e^{-\frac{B^{II}}{T}}}{T}, \quad (3)$$

$$\lg x = A^{III} - \frac{B^{III}}{T^2}, \quad (4)$$

$$\lg x = A^{IV} - \frac{B^{IV}}{T^n}, \quad (5)$$

$$\lg x = A^V + \frac{B^V}{T} + bT + cT^2. \quad (6)$$

Уравнения (2) и (3) оказываются справедливыми для температурного интервала, охватывающего расплавленное и высоковязкое состояния, а (4) — лишь для расплавленного (Евстропьев).

Предложенное Костаняном уравнение (5) также справедливо для расплавленного и высоковязкого состояний. Оно аналогично формуле Охотина, выражающей зависимость вязкости от температуры [4].

В отличие от перечисленных, уравнение (6) было выведено Стюартом и Андерсоном теоретически и предполагает выражение температурной зависимости электропроводности в широком интервале температур.

Электропроводность стекол в зависимости от температуры можно рассчитывать также по формуле многочлена

$$\lg x = a_0 + a_1 T + a_2 T^2 + \dots + a_n T^n + a_1^I T^{-1} + a_2^I T^{-2} + \dots + a_n^I T^{-n}. \quad (7)$$

В таблице 1 приведены результаты проверки формул (2), (3), (5), (6), (7) для нескольких стекол системы $K_2O-RO-SiO_2$ в интервале температур 600—1300°C*. Как видно из таблицы, уравнение многочлена дает хорошую сходимость с экспериментальными данными, а при $n = 1$ лучшую, чем уравнения (2) и (5).

Таким образом, простейшее из уравнений многочлена ($n = 1$)

$$\lg x = a_0 + a_1 T + a_1^I T^{-1} \quad (8)$$

также можно предложить в качестве эмпирической формулы для выражения температурной зависимости электропроводности стекол в интервале расплавленного и высоковязкого состояний. Уравнение (8) имеет почти такую же точность, как и уравнение (3) и выгодно отличается от него тем, что при равном количестве постоянных оно легче поддается расчету, в то время как уравнение (3) необходимо

* Вычисления производились на счетно-вычислительной машине „Раздан-2“ в вычислительном центре АН АрмССР и Ереванского Госуниверситета.

Таблица 1

Средний процент ошибок расчетных данных по формулам (2), (3), (5), (6), (7) по сравнению с экспериментальными

Стекло	Уравнение				Уравнение многочлена (7)								Темп. интервал в °С
	2	3	5	6	n=1	n=2	n=3	n=4	n=5	n=6	n=7	n=8	
1	5,70	—	1,21	0,43	0,48	0,40	0,37	0,36	0,38	0,38	0,36	0,46	600—1301
3	8,92	2,54	2,39	0,42	1,29	0,49	0,40	0,25	0,29	0,25	2,43	0,18	620—1389
7	8,00	—	1,10	0,71	0,81	0,68	0,56	0,53	0,53	0,50	0,52	0,53	626—1332
9	6,12	1,75	3,18	0,52	0,81	1,81	0,44	0,44	0,58	0,49	0,43	—	600—1330
13	10,05	—	3,67	1,22	2,22	1,23	1,32	1,18	1,05	—	1,08	1,07	603—1305
15	8,86	2,14	1,68	0,91	2,10	0,56	0,57	0,55	1,15	0,54	0,56	—	500—1381
19	11,63	—	2,60	1,54	1,91	1,37	1,48	1,39	1,51	1,08	1,12	—	600—1300
21	10,73	7,68	8,61	5,73	3,00	0,85	0,85	0,85	0,99	0,87	0,91	—	504—1363
25	16,83	1,99	5,69	1,48	5,98	1,45	1,58	1,29	1,13	1,17	1,17	1,37	500—1384
27	19,50	2,37	9,27	1,66	4,67	1,86	—	1,54	1,35	1,41	1,14	—	516—1372
31	8,12	2,09	3,79	1,25	2,97	0,81	0,60	0,63	0,58	0,58	0,58	0,59	618—1305
33	20,08	3,50	5,30	1,52	4,66	1,31	0,95	1,53	1,06	0,84	0,78	—	502—1300

привести к линейному виду [4]. Что же касается уравнений многочлена при $n > 1$, то они, по-видимому, для расплавленного и высоковязкого состояний не могут представлять практического интереса вследствие большого количества постоянных. Так например, при $n = 2$ число постоянных в уравнении многочлена равняется 5.

Данные таблицы показывают, что уравнение Стюарта и Андерсона дает лучшую сходимость, чем уравнения (2), (3), (5), (8). Хотя уравнение (6) выведено теоретически, физический смысл постоянных A^V, B^V, b, c неясен, и его можно рассматривать как эмпирическое. Сравнительно лучшая сходимость данных по уравнению (6) является результатом того, что в нем имеется 4 постоянных взамен 3 в уравнениях (2), (3), (5), (8).

Ереванский научно-исследовательский институт химии Министерства химической промышленности СССР

Поступило 23 IV 1965

ՀԱՎԱԾ ԱՊԱԿԻՆԵՐԻ ԷԼԵԿՏՐԱԶԱՂՈՐԴԱԿԱՆՈՒՅՅԱՆ ՋԵՐՄԱՍՏԻՃԱՆԱՅԻՆ ԿԱԽՄԱՆ ՄԱՍԻՆ

Կ. Ս. Կոստանյան և Ե. Հ. Երզնկյան

Ա մ փ ո փ ո ս մ

Ապակիների էլեկտրահաղորդականության ջերմաստիճանային կախումը նրանց կարծր վիճակից մինչև հալված վիճակը բերված է նկարում՝ $\lg \sigma - \frac{1}{T}$

կորի ձևով: Հալված և բարձրածուցիկ վիճակների համար տարբեր հեղինակների կողմից առաջարկված են էլեկտրահաղորդականության ջերմաստիճանային կախումն արտահայտող բազմաթիվ էմպիրիկական բանաձևեր — (2), (3), (5) և (6): Հոդվածում առաջարկված է այդ կախումն արտահայտել նաև բազմանդամի բանաձևի միջոցով (7):

Ինչպես ցույց է տալիս էքսպերիմենտալ տվյալների հիման վրա կատարած անալիզը (տես աղյուսակը), բավարար ճշտության տվյալներ ստացվում են նաև բազմանդամի բանաձևի օգնությամբ, երբ $n = 1$ (8):

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. E. Rasch, W. Hinrichsen, Z. Elektrochem., 14, 41 (1908).
2. К. С. Евстропьев, Сб. „Физико-химические свойства тройной системы: окись натрия — окись свинца — кремнезем“, под редакцией И. В. Гребенщикова, АН СССР, Москва—Ленинград, 1949, стр. 83. К. С. Евстропьев, Н. А. Торопов, Химия кремния и физическая химия силикатов, Промстройиздат, Москва, 1958.
3. Կ. Ա. Կոստանյան, Изв. АН АрмССР, ХН, 10, 237 (1957).
4. М. В. Охотин, Тр. ВНИИС, вып. 31 (1951).
5. D. A. Stuart, O. L. Anderson, J. Am. Ceram. Soc., 36, 27 (1953).