

ЭКСПРЕСС-МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ РАСПЛАВОВ

Т. С. ЗОЛЯН

В работе рассматривается методика проведения измерения электропроводности жидких полупроводников и металлов и их температурной зависимости, основанная на четырехзондовом способе измерения, не требующая определения длины и сечения токопроводящего образца.

При проведении различных физико-химических исследований в научно-исследовательских и производственных целях часто приходится производить электрофизические измерения различных расплавов (жидкие металлы и полупроводники, сплавы, шламы и т. п.). Среди этих измерений основным является определение электропроводности σ .

Если при прохождении тока I через образец с сечением S имеется падение напряжения V между двумя измерительными зондами, соприкасающимися вдоль поверхности образца на расстоянии l , то электропроводность образца определяется как $\sigma = \frac{I}{V} \frac{l}{S}$, а удельное

сопротивление есть $\rho = \frac{V}{I} \frac{S}{l}$. При наличии контактных сопротивлений на торцах образца измерение тока заменяется замером падения напряжения u на эталонном сопротивлении r , через который пропускается ток $I = \frac{u}{r}$.

Таким образом, при всех измерениях σ необходимо знание величин l и S или их отношения l/S , что и является основным недостатком данного способа измерения, особенно для жидких расплавов, для которых определение сечения S и длины l в ряде случаев является весьма трудоемкой и не всегда возможной операцией как ввиду сложности, недоступности и непостоянства конфигурации, так и вследствие высокой температуры [1].

Некоторым выходом из этого положения является применение косвенного, относительного метода измерений с помощью калибровочных и „стандартных“ жидкостей с известной проводимостью σ_1 . Заполняя такой „стандартной“ жидкостью тот же объем, что и у исследуемого расплава, измеряется сопротивление R_1 и определяется отношение $\frac{l_1}{S_1} = \sigma_1 R_1 = K$ — „постоянная“ сосуда [2]. Заполняя теперь сосуд исследуемым расплавом, при той же температуре и положении зондов измеряется сопротивление расплава R_2 и определяется электропроводность расплава по формуле

$$\sigma_2 = \frac{1}{R_2} K = \frac{l_1}{S_1} \frac{1}{R_2}.$$

Несмотря на широкое распространение этого метода его недостатки очевидны. Он требует большой затраты времени, обладает большой трудоемкостью, требует изготовления специального измерительного сосуда, подбора соответствующих калибровочных жидкостей, особенно для высокой температуры, требует создания идентичных с исследуемым расплавом условий (объем, температура, окружающая среда и т. п.). Все это наряду с невозможностью проведения контактных "точечных" измерений их стационарностью и необходимостью усреднения получаемых данных (ввиду достаточной удаленности измерительных электродов, находящихся практически при разных температурах) приводит к дополнительным погрешностям измерений.

Однако воспользовавшись для жидкого полупроводника закономерностями протекания тока I через точечный контакт, согласно которым в точке, находящейся на расстоянии a от контакта, плотность тока $i = I/2\pi a^2$, а потенциал $\varphi = I/2\pi a\sigma_{ж}$, с помощью четырех зондов, контактирующих с жидкостью по прямой на расстоянии a друг от друга, при котором ток I пропускается через крайние зонды, а разность потенциалов U измеряется между средними зондами, легко можно получить известное выражение [3]

$$\sigma_{ж} = I/2\pi aU.$$

Действительно, потенциалы средних зондов 2 и 3 равны

$$\varphi_2 = I/2\pi\sigma_{ж}(1/a - 1/2a) + C,$$

$$\varphi_3 = I/2\pi\sigma_{ж}(-1/a + 1/2a) + C.$$

Следовательно

$$U = \varphi_3 - \varphi_2 = I/2\pi\sigma_{ж}a.$$

Таким образом, измеряя падение напряжения в точках соприкосновения средних зондов, вызванное прохождением тока I через крайние зонды, при расстоянии a между зондами, легко определить $\sigma_{ж}$.

Для практического осуществления измерений этим методом четыре зонда из W , Mo , Pt или других тугоплавких металлов в виде проволоки с диаметром $d = 0,1-0,2$ мм электролитически затачиваются на концах до $0,05-0,01$ мм и герметически закрепляются в кварцевой или керамической трубке, обеспечивающей изоляцию между зондами и выдержку одинакового расстояния $a = 1$ мм в области соприкосновения с измеряемой жидкостью. Для этой цели удобно воспользоваться 4-х канальной керамической трубкой, либо двумя 2-х канальными, отшлифованными до требуемых размеров. Трубочку с зондами при помощи приспособления типа СТ-12 приводят в соприкосновение с измеряемой жидкостью таким образом, чтобы зонды вошли в нее на минимальную глубину, после чего проводятся замеры U и I и вычисление σ или ρ . При соблюдении условия нахождения зондов не ближе $3a$ от краев образца и минимального тока в несколько ма погрешность измерения не превышает 2% [4]. Измерительная аппаратура ограничивается приборами типа Ф116 для измерения I и U

и отсчетным микроскопом МБС-1 или МПБ-2 для дистанционного измерения и контроля размера a .

При необходимости зонды совмещаются с термопарами, что позволяет проводить "точечные", локальные измерения не только температурной зависимости $\sigma_{\text{ж}} = f(I)$ по всей поверхности расплава, но и по глубине (учитывая в этом случае, что $i = I/4\pi a^2$ и $\sigma = I/4\pi a U$).

Таким образом, описанная методика дает возможность проводить непосредственные измерения σ и ρ в широком температурном диапазоне, в меньшие сроки и с меньшей затратой труда по сравнению с принятыми методиками, позволяет повысить точность измерений при высоких температурах без какой-либо термостабилизации и дает возможность проводить локальные измерения $\sigma_{\text{ж}}$ или $\rho_{\text{ж}}$ в весьма малых или больших объемах, не требуя знания величин сечения и длины токопроводящего образца, практически при одной и той же температуре, что особенно важно в явлениях, связанных с достаточно точной фиксацией температуры (плавление, полиморфные превращения, кристаллизация и др.).

Рассмотренная методика была проверена на ряде жидких полупроводников и металлов и показала возможность ее применения при измерении и контроле электропроводности веществ в жидкой фазе [5].

Институт радиопизики и электроники

АН АрмССР

Поступила 17.V.1973

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. О. А. Бурмистрова, М. Х. Карапетян и др. Практикум по физической химии, Изд. Высшая школа, М., 1963.
2. Л. Н. Антипин, С. Ф. Важенин. Электрохимия расплавленных солей, Металлургиздат, М., 1964. Т. С. Золян, А. Р. Ретель. ФТТ, 6, 1520 (1964).
3. L. Valdes. Proc. IRE, 41, 79 (1953).
4. Технология полупроводниковых материалов, Оборонгиз, М., 1961.
5. Т. С. Золян. Материалы Всесоюзного совещания по явлениям переноса в электропроводящих расплавах, Л., 1971. Т. С. Золян. Изв. АН АрмССР, Физика, 6, 315 (1971).

ՀԱՄԱՁՈՒՎԱԾՔՆԵՐԻ ՀԱՂՈՐԴԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՈՐՈՇՄԱՆ ԷՔՍՊԵՐԻՄԵՆՏԱԿԱՆ

S. U. ՋՈՒՅԱՆ

Համաձուլվածքների հաղորդականության որոշման կիրառվող մեթոդները, որպես օրինակ, հիմնված են՝ հայտնի կտրվածքով և երկարությամբ, կամ այդ մեծությունների հարաբերությամբ պատրաստված հատուկ փորձանոթի մեջ լցված հետազոտվող հեղուկի դիմադրության կոնտակտային չափումների վրա: Տվյալ աշխատանքում քննարկվում է հեղուկ կիսահաղորդիչների և մետաղների էլեկտրահաղորդականության չափումների մեթոդիկան և նրանց կախվածությունը շերտաձևային, հիմնված՝ չափման 4-դոմային եղանակի վրա, որը չի պահանջում նմուշի երկարության և կտրվածքի չափումը:

ON THE MEASUREMENT OF CONDUCTIVITY
OF LIQUIDS

T. S. ZOLYAN

New method for the measurement of conductivity of liquids is described. This method permits to operate without the measurement of the length and the cross-section of liquid samples.