

МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ ПРОВОДИМОСТИ ЖИДКОСТЕЙ

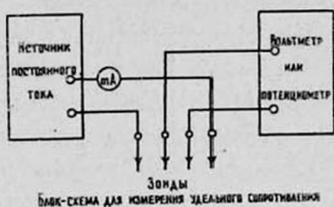
Т. С. ЗОЛЯН

Предлагается методика измерения электропроводности σ токопроводящих жидкостей, при которой отпадает надобность в специальном измерительном сосуде с известными сечением и длиной, заполняемым калибровочной стандартной жидкостью с известной электропроводностью для сравнения с исследуемой.

Данный метод позволяет легко и быстро проводить измерения электропроводности как больших объемов, так и проводить локальные „точечные“ измерения σ очень малых объемов практически при одной и той же температуре.

В измерительной технике известен ряд способов измерения проводимости σ электропроводящих жидкостей.

Эти способы как правило требуют знания токопроводящего сечения S и длины L исследуемой жидкости. Измеряя затем сопротивление R этой жидкости вычисляют проводимость $\sigma = \frac{1}{R} \cdot \frac{L}{S}$. На практике не всегда удается замерить L и S (непостоянство по длине L сечения S , сложность конфигурации и т. п.). В таких случаях применяется относительный метод измерения проводимости. Для этого берется калибровочная „стандартная“ жидкость или расплав с хорошо



Фиг. 1.

известной проводимостью σ_1 и заполняется в измерительный сосуд с неизвестными S_1 и L_1 , замеряется сопротивление R_1 калибровочной „стандартной“ жидкости при постоянной температуре и определяется отношение $\frac{L_1}{S_1} = \sigma_1 R_1$, — „постоянная“ данного измерительного сосуда.

Зная это отношение $\frac{L_1}{S_1}$, очищенный от калибровочной жидкости измерительный сосуд заполняется исследуемой жидкостью, замеряется сопротивление исследуемой жидкости R_2 и по известному отношению $\frac{L_1}{S_1}$ определяется проводимость исследуемой жидкости $\sigma_2 = \frac{1}{R_2} \cdot \frac{L_1}{S_1}$ [1, 2]. Таким образом, при всех измерениях электропроводности необходимо знание величин сечения S и длины L или их отношения $\frac{L}{S}$,

что и является основным недостатком данного способа измерения электропроводности. Действительно, измерение сечения S и L в ряде случаев является практически весьма трудоемкой и не всегда возможной операцией (при больших объемах и сложной конфигурации, в особенности, в условиях расплавленного состояния при высоких температурах), а определение в этих случаях отношения $\frac{L}{S}$ требует подбора

соответствующих калибровочных жидкостей с хорошо изученной температурой зависимостью. Поэтому применяемый способ измерения электропроводящих жидкостей является трудоемким и вносит дополнительные погрешности в измерения, давая усредненные значения ввиду достаточной протяженности размеров и объема измерительного сосуда, находящегося практически при разных температурах по длине сосуда с измеряемой жидкостью.

При наличии значительных контактных сопротивлений или малой величины сопротивления расплава, вместо описанного метода применяется более чувствительный потенциометрический способ. При этом, кроме двух крайних токовых зондов для подсоединения к источнику тока также замеряется, при помощи двух промежуточных зондов, падение напряжения U_3 на расстояние L при сечении S измеряемого расплава.

Таблица 1

Вещество	Температура °С	Удельное сопротивление (в вакууме) в Ом·см	Удельное сопротивление в расплаве, Данном	Температура
Hg	20	97×10^{-6}	96×10^{-6}	[6]
Sn	300	51.1×10^{-6}	50×10^{-6}	[6]
SbCd	625	1.59×10^{-6}	1.6×10^{-6}	[7]
SbZn	544	1.76×10^{-6}	1.8×10^{-6}	[7]

Ток практически замеряется как падение напряжения $U_{эТ}$ на эталонном сопротивлении $R_{эТ}$. Тогда окончательно электропроводность измеряемой жидкости вычисляется из выражения

$$\sigma = \frac{U'_{эТ}}{U_{пт} 3R_{эТ}} \cdot \sigma_{пт} \cdot \frac{U_3 \cdot R_{эТ}}{U'_{эТ}}$$

(индекс " относится к „стандартной“ жидкости с проводимостью $\sigma_{пт}$, индекс ' к измеряемой).

Многочисленность и трудоемкость измерений наряду с необходимостью изготовления, неоднократного заполнения и очистки от „стандартной“ и измеряемой жидкости и т. п. создает ряд неудобств и недостатков.

Для устранения этих недостатков нами предлагается применить 4-х зондовый способ измерения электропроводности к электропроводящим жидкостям, что позволит отказаться от необходимости опреде-

лять токопроводящее сечение S и его длину L или их отношение $\frac{L}{S}$ и проводить непосредственные измерения электропроводности в значительно меньшие сроки и с меньшей трудоемкостью, повысит точность измерений и даст возможность проводить локальное „точечное“ измерение величины проводимости σ или удельного сопротивления $\rho = \frac{1}{\sigma}$ в очень небольших объемах (несколько мм³) и практически при одной и той же температуре, что особенно важно при исследовании электропроводности в области высокотемпературных явлений, происходящих при определенных температурах (плавление, полиморфные превращения, кристаллизация и т. п.).

С целью применения 4-х зондового способа измерения к электропроводящим жидкостям предлагается вместо обычно употребляемых устройств, обеспечивающих по возможности одинаковый нажим зондов на отшлифованную поверхность образца, с помощью специальных пружин и закрепляющих их приспособлений ограничиться лишь изоляцией зондов кварцем, керамикой и т. п. Одновременно можно отметить, что применение 4-х зондового метода для измерения электропроводящих жидкостей свободно от основного недостатка четырехзондового метода при измерениях на твердом теле — необходимость иметь шлифованную поверхность исследуемого образца и быстрое повреждение остроточечных зондов и самой поверхности при перемещении зондов по поверхности, ввиду необходимости плотного прижимного контакта между остриями зондов и шлифованной поверхностью исследуемого образца. В случае же проводящей жидкости зонды могут легко и свободно погружаться и перемещаться по практически горизонтальной поверхности жидкости, не требуя каких-либо усилий.

Таким образом, сущность предлагаемого способа измерения электропроводности заключается в том, что в электропроводящую жидкость погружаются на минимальную глубину четыре зонда, расположенные по прямой на одинаковом расстоянии „а“. Пропуская через два крайних наружных зонда ток I и замеряя падение напряжения U между двумя внутренними (средними) зондами, можно вычислить удельное сопротивление ρ :

$$\rho = 2\pi a \cdot \frac{U}{I}, \quad \pi = 3,14.$$

При соблюдении условия нахождения зондов не ближе $3a$ от краев образца и минимального тока в несколько миллиампер погрешность измерения минимальна (2%) [3, 5].

Для осуществления измерений по предлагаемому методу берутся четыре зонда в виде вольфрамовой или др. проволоки, диаметром 0,1—0,2 мм, затачиваются их концы электролитически до 0,05—0,01 мм и герметически закрепляются в кварцевой или керамической трубчке.

обеспечивающей изоляцию между зондами и выдержку одинакового расстояния в 1 мм в области соприкосновения с измеряемой жидкостью. Трубочку с зондами при помощи какого-либо 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 ρ или σ .

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

Институт радиофизики
и электроники

Поступила 28.XII.1970

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Н. И. Евграфова, В. А. Какин, Руководство к лабораторным работам по физике, Изд. Высшая школа, М., 1970.
2. А. Н. Антипин, С. Ф. Важенин, Электрохимия расплавленных солей, Металлургиздат, М., 1964.
3. Технология полупроводниковых материалов. Оборонгиз, М., 1961.
4. L. Valdes Proc. IRE, vol. 41, p. 79, 1953.
5. Т. С. Золян, Материалы совещания по явлениям переноса в электронных расплавах. Л., 1971.
6. Дж. Кей и Т. Лэби, Таблицы физических и химических постоянных, Гос. изд. физ.-мат. литературы, М., 1962.
7. Y. E. Enderby, L. Walsh, Philos. Mag., 14, 991 (1966).

ՀԵՂՈՒԿՆԵՐԻ ԷԼԵԿՏՐԱԶԱՂՈՐԴԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՉԱՓՄԱՆ ՄԵԹՈԴ

Տ. Ս. ԶՈԼՅԱՆ

Նկարագրվում է էլեկտրատար հեղուկների էլեկտրահաղորդականության չափման էքսպերիմենտալ նոր մեթոդը:

Այն թույլ է տալիս առանց հեղուկ նմուշների երկարության և լայնակի կտրվածքի նախապես չափման որոշել էլեկտրատար հեղուկների էլեկտրահաղորդականությունը:

ON THE METHOD OF MEASUREMENT OF THE CONDUCTIVITY OF LIQUIDS

T. S. ZOLIAN

A new experimental method for the measurement of the conductivity of liquids is described.

This method permits to operate without measurement of length and cross-section of liquid samples.