

TEMPERATURE DEPENDENCE OF THE PARAMETERS OF PLANAR SILICON MAGNETIC DIODES

G. A. EGIAZARYAN, A. S. SARKISYAN

The ranges of currents and magnetic fields were determined where weak temperature dependence of the parameters of planar KD 304 magnetic diodes had been observed. The temperature dependence of current and voltage magnetic sensitivity was investigated in wide ranges of magnetic fields, currents and temperature values.

Изв. АН Армянской ССР, Физика, 17, 281—285 (1982)

МЕТОДИКА БЕСКОНТАКТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ЖИДКИХ ПОЛУПРОВОДНИКОВ И РАСПЛАВОВ

Т. С. ЗОЛЯН

Современное развитие науки и техники требует освоения новых материалов, работающих в условиях высоких температур, в частности, в жидком состоянии — жидких полупроводников, расплавов металлов и т. п. В этом направлении свои особые задачи возникают при измерении электрических характеристик указанных материалов, в особенности их электропроводности.

В настоящее время широкое распространение получили контактные способы измерения электропроводности, применяемые и для указанных расплавов [1]. Сущность применяемых при этом методик заключается в том, что через расплав пропускают ток известной величины I и измеряют падение напряжения ΔU на участке с известной длиной L и сечением S (или с известным их отношением L/S), и с помощью этих данных определяют искомую электропроводность: $\sigma = I/\Delta U \cdot L/S$ [2].

В последнее время находит применение четырехконтактный способ измерения проводящих жидкостей, для осуществления которого достаточно знать расстояние L между четырьмя контактами, ток I , проходящий через крайние электроды, и падение напряжения U на средних зондах. Тогда удельное сопротивление есть $\rho = 2\pi L U/I$ [3, 4].

Существенным недостатком всех существующих контактных методик измерения проводящих жидкостей является загрязнение последних материалом электродов, особенно в условиях высоких температур и окислительной атмосферы воздуха. Для устранения указанных недостатков в настоящее время все шире привлекаются бесконтактные способы измерения электропроводности, из которых, в первую очередь, надо отметить безэлектродный метод измерения электропроводности, предложенный Рере-

лем [5, 6]. Эта методика позволяет избежать ряда осложнений, характерных для контактных способов измерения электропроводности, связанных с подбором химически стойких электродов, и позволяет легко герметизировать контейнеры с исследуемым полупроводниковым расплавом, что приобретает особо важное значение в условиях окисления и летучести при высоких температурах.

Сущность метода Регеля основана на измерении вращающегося момента, создаваемого вращающимся магнитным полем на образце, помещенном в центр этого поля. Величина угла отклонения $\Delta\phi$ образца принимается за меру электропроводности σ и рассчитывается согласно выражению $\sigma = k \Delta\phi / I^2$, если известны средний ток I в системе катушек, создающих вращающееся магнитное поле, и постоянная прибора k , определяемая на основе материалов с известной электропроводностью при идентичной геометрии у исследуемого и эталонного образцов. Для хорошо проводящих образцов объемом до 1 см^3 с проводимостью в пределах $\sigma = 10^2 \div 10^4 \text{ Ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$ приемлемая погрешность составляет около $2 \div 6\%$.

Указанным методом было выполнено много работ в области исследований жидких металлов и полупроводников [7, 8], но ограничения, связанные с нижним пределом измерений, не позволяют применить его для истинного класса жидких полупроводников, отличающихся низкой проводимостью ($\sigma = 1 \text{ Ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$ и ниже). Попытки увеличить чувствительность измерений путем увеличения расстояния между зеркальцем и шкалой, удлинением нити подвеса, уменьшением диаметра нити, увеличением тока в катушках-статора и т. п. [9], как правило, приводят к существенно ухудшению условий эксплуатации.

Частично эти недостатки устраняются в предложенной нами установке [10], в которой путем устранения нагревателя статорная система максимально приближена к измеряемому образцу, а шкала выполнена круговой, что позволяет до 10 раз поднять чувствительность измерительного прибора. В этом случае нагревателем при температурных измерениях служит обмотка системы катушек, создающей вращающееся магнитное поле, выполненная из специального термостойкого материала. Например, обмотка из провода со стеклянной изоляцией ПСД, включенная на максимальный ток, допускала нагрев образца, помещенного в центр поля, до 300°C .

Дальнейшего увеличения чувствительности можно достичь, если образцу придать не форму сплошного шара или цилиндра, как в рассмотренных случаях, а форму замкнутого контура-рамки [10, 11]. Например, в случае прямоугольной формы рамки, максимально охватывающей вращающееся магнитное поле, чувствительность устройства увеличивается в сотни раз, поскольку во столько же раз увеличивается площадь проходящего магнитного потока и, что не менее важно, чувствительность становится практически независимой от вязкости. Это достигается тем, что в предлагаемом варианте удается избежать влияния «проскальзывания» между измеряемым расплавом и контейнером, которое, в свою очередь, зависит от вязкости измеряемой жидкости. Это устройство позволяет проводить измерения расплавов с электропроводностью $0,1 \div 1 \text{ Ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$.

Для изучения жидкостей с еще меньшей электропроводностью (менее $0,1 \div 1 \text{ Ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$) было предложено дополнительно воздействовать на

контейнер с измеряемой жидкостью еще и постоянным магнитным полем, при наличии которого вращающееся магнитное поле вызывает движение жидкости в постоянном магнитном поле, что, в свою очередь, приводит к разности потенциалов, пропорциональной электропроводности жидкости между точками с различной линейной скоростью. Измерение этой разности потенциалов осуществляется с помощью дополнительных контактных электродов, расположенных в этих точках. Фиксация этой разности потенциалов известными стационарными измерительными приборами осуществляется с большой точностью, что и предопределяет высокую чувствительность такой установки [12].

Рассматриваемые способы бесконтактного измерения электропроводности не только дают возможность измерения электропроводности при высоких температурах, верхний предел которых ограничивается лишь материалом контейнера, но и позволяют значительно упростить измерения электропроводности в специфических условиях. Так, в работах [13—15] рассматривалось влияние изменения объема проводящей жидкости на ее электропроводность и было показано, что, например, в случае ртути ее проводимость остается практически неизменной при сохранении объема ртути постоянным.

По сравнению с аналогичным экспериментом, проведенным контактным способом [13], кроме преодоления технических трудностей, связанных с необходимостью герметического закрепления в измерительном контейнере электродов и их растворения в ртути, было достигнуто и значительное расширение температурного диапазона измерений. С другой стороны, применение рассматриваемых способов позволяет значительно упростить измерения, связанные с исследованием переходов металл-полупроводник [15] и полупроводник-металл.

Рисунки приводятся в качестве примеров измерения бесконтактным способом жидких полупроводников и расплавов металлов в различных диапазонах величины электропроводности и температуры. На рис. 1 изображен график температурной зависимости электропроводности ртути (в относительных единицах) от комнатной температуры до 900°C (температуры разрыва сосуда, соответствующей давлению около 600 атм). Из графика следует линейная с увеличением объема зависимость электропроводности, отмеченная ранее в работе Кикоина [13].

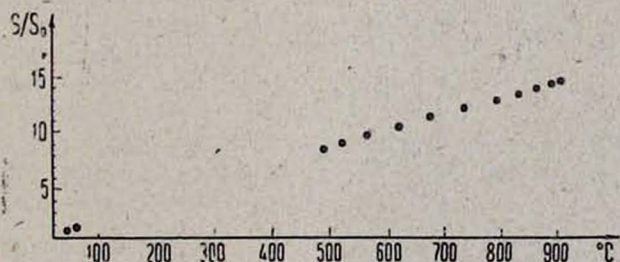


Рис. 1. Температурная зависимость электропроводности ртути.

Измерения проводились в цилиндрической ампуле из кварца, заполненной наполовину ртутью, электропроводность которой при комнатной температуре была предварительно измерена контактным и бесконтактным

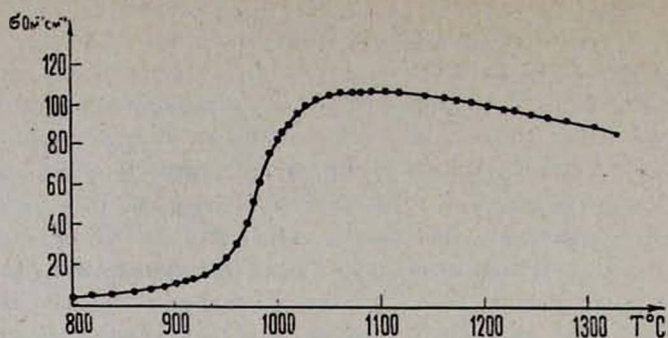


Рис. 2. Температурная зависимость электропроводности состава $15\text{CuO} \cdot \text{V}_2\text{O}_5$.

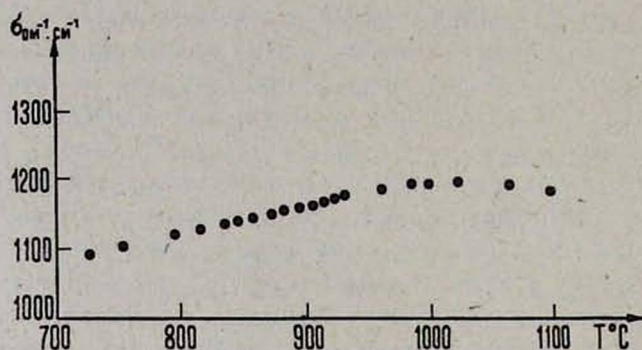


Рис. 3. Температурная зависимость электропроводности теллура.

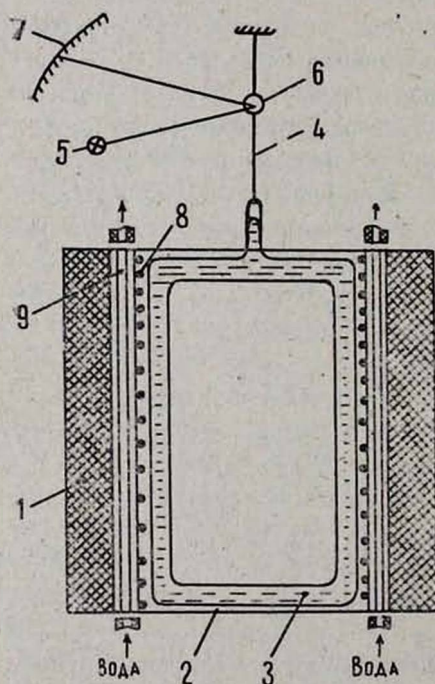


Рис. 4. Принципиальная схема установки для бесконтактных измерений: 1 — катушки, создающие вращающееся магнитное поле; 2 — контейнер-рамка; 3 — исследуемое вещество; 4 — упругая нить; 5 — осветитель; 6 — зеркальце; 7 — градуированная шкала; 8 — нагреватель; 9 — водоохлаждаемая рубашка.

способами и соответствовала табличным значениям [16]. Затем производилась откачка ампул до 10^{-4} Торр, запайка и установка их в устройство для бесконтактных измерений электропроводности.

На рис. 2 представлен график температурной зависимости полупроводникового материала состава $15 \text{ SiO} \cdot \text{V}_2\text{O}_5$, демонстрирующий переход полупроводник-металл. На рис. 3 приводится то же самое для теллура. На рис. 4 представлена принципиальная схема установки, иллюстрирующая ее отличительные особенности.

По сравнению с существующими установками для измерения аналогичных характеристик рассмотренная установка отличается большой простотой в изготовлении и эксплуатации, поскольку высокое давление в известных установках осуществляется во всем их объеме, тогда как в рассматриваемой установке этот объем ограничивается ампулой до 1 см^3 .

Институт радиофизики и электроники
АН АрмССР

Поступила 15. VII. 1981

ЛИТЕРАТУРА

1. Астахов О. П., Лобанков В. В. Измерительная техника, № 9, 22 (1965).
2. Резель А. Р. и др. ФТТ, 6, 1520 (1964).
3. Технология полупроводниковых материалов, Оборонгиз, М., 1961.
4. Золян Т. С. Авторское свидетельство СССР № 813227 (1981); Изв. АН АрмССР, Физика, 9, 248 (1974).
5. Резель А. Р. ЖТФ, 18, 1511 (1948).
6. Резель А. Р. Докторская диссертация, ЛГУ, 1956.
7. Белашенко Д. К. Явления переноса в жидких металлах и полупроводниках, Атомиздат, М., 1970.
8. Глазов В. М. Жидкие полупроводники, Изд. Наука, М., 1967.
9. Тимошин А. С., Холина Е. Н. Авторское свидетельство СССР № 773525 (1980).
10. Золян Т. С. Авторское свидетельство СССР № 783670 (1980).
11. Золян Т. С. Изв. АН АрмССР, Физика, 3, 395 (1968).
12. Золян Т. С. Авторское свидетельство СССР № 769420 (1980).
13. Gubar S., Kikoin I. Journ. of Phys., 9, 52 (1945).
14. Кикоин И. К., Сенченков А. П. ФММ, 24, 843 (1967).
15. Золян Т. С. ДАН АрмССР, 49, 217 (1979).
16. Кейт Дж., Лэби Т. Таблицы физических постоянных, ГИФМЛ, 1962.

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԿԻՍՆԱԿԱՆԱՆՈՒԹՅԱՆ ԵՎ ՀԱՆՐԱՅԻՆՈՒԹՅԱՆ
ԲԵԿԵՏՐԱԿԱՆԱՆՈՒԹՅԱՆ ԱՆՀՊՈՒՄ ԶՈՒՄԱՆ ՄԵԹՈԴԻԿԱ

Տ. Ս. ԶՈԼՅԱՆ

Աշխատանքում դիտարկված է բարձր ջերմաստիճանի և ճնշման պայմաններում էլեկտրահաղորդականության անհատական լարման մեթոդիկա: Բերված են մեթոդիկայի կիրառման օրինակներ Hg, Te և V-O-Cu համակարգի համար:

THE TECHNIQUE OF NONCONTACT MEASUREMENTS OF THE CONDUCTIVITY OF LIQUID SEMICONDUCTORS AND MELTS

T. S. ZOLYAN

A noncontact method for conductivity measurements at high temperatures and pressures is considered. Some examples of the application of the method are given for Hg, Te and a V-O-Cu system.