

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ЖИДКИХ ПОЛУПРОВОДНИКОВ

Т. С. ЗОЛЯН

При исследовании термоэлектрической эффективности полупроводников, величины  $z = \frac{\alpha^2 \sigma}{\kappa}$  [1],

где  $\alpha$  — коэффициент термо-э.д.с.,  
 $\sigma$  — электропроводность образца,  
 $\kappa$  — удельная теплопроводность,

наибольшие затруднения вызывает измерение теплопроводности  $\kappa$ . Эти трудности намного возрастают при переходе к высоким температурам и особенно при исследовании жидких полупроводников. Ввиду больших методических трудностей непосредственного измерения теплопроводности жидких полупроводников нами была предпринята попытка косвенной оценки величины  $\kappa$  и  $z$  с использованием эффекта Пельтье [2, 3].

Известно, что при прохождении через полупроводник с температурой  $T^\circ\text{К}$  и коэффициентом термо-э.д.с.  $\alpha$  постоянного тока  $I$  на одном из его контактов выделяется теплота Пельтье  $Q_n = I \cdot \alpha \cdot T$ , а на другом конце поглощается тоже  $Q_n$ .

Это приводит к перепаду температур  $\Delta T$  между контактами, причем в стационарном установившемся режиме  $Q_n = I \cdot \alpha \cdot T = K \cdot \Delta T$ , где  $K$  — теплопроводность образца. Поэтому, определив перепад температур  $\Delta T$  и зная  $I$ ,  $\alpha$  и  $T$ , можно найти  $K$ , а следовательно, и коэффициент теплопроводности  $\kappa$  из выражения  $K = \kappa \frac{s}{l}$  или по  $\kappa = \frac{I \cdot \alpha \cdot T \cdot l}{\Delta T \cdot s}$ ,

где  $\frac{s}{l}$  — отношение сечения образца  $s$  к его длине  $l$ . Определив,

кроме того, омическое падение напряжения на образце  $V_p = I \cdot R = \frac{I \cdot l}{\sigma \cdot s}$

и полную термо-э.д.с.  $V_a = \alpha \cdot \Delta T$  образца, можно из выражения  $z = \frac{\alpha^2 \sigma}{\kappa}$

$$\text{найти } zT = \frac{\alpha^2 \cdot \sigma}{\kappa} \cdot T = \frac{\alpha^2 \sigma \cdot T \cdot \Delta T \cdot s}{I \cdot \alpha \cdot T \cdot l} = \frac{V_a}{V_p}.$$

Для более строгого рассмотрения необходимо учесть потери тепла с образца, терморпар, токопроводов и т. п. Однако в первом приближении, при благоприятных условиях эксперимента, ими можно пренебречь, при этом полученные данные по  $\kappa$  будут завышенными и, следовательно, реальное  $z$  заниженным.

Описанная методика для измерений в жидком состоянии несколько видоизменяется. Так, вследствие наличия контактных сопротивлений расплава с электродами-термопарами, сопротивления токопроводов и т. п., омическое падение напряжения на образце определялось как

$$V_p = I \cdot R = I \cdot \frac{l}{s} \cdot \frac{1}{\sigma}, \text{ где } \sigma \text{ определялось потенциометрически для дан-}$$

ной температуры, а отношение  $\frac{l}{s}$  — постоянная сосуда, определялась по стандартному раствору KCl для рассматриваемой измерительной ячейки. При тех же температурах определялась и полная термо-э.д.с. образца  $V_a = a \cdot \Delta T$ .

Сама методика проведения эксперимента довольно проста.

Платиновый тигель в виде цилиндра диаметром 40 и высотой 60 мм помещается в силитовую печь. Тигель заполняется примерно на 4/5 объема расплавленным веществом. В центр платинового тигля с расплавом опускается специальная термопара с токопроводом, изготовленная следующим образом.

В платиновом цилиндрике диаметром 3 и высотой 4 мм высверливается отверстие глубиной  $\sim 3$  мм, куда вчеканиваются Pt—Pt/Rh термопара с диаметром  $d=0,2$  мм и платиновый токопровод того же диаметра. Другой такой же токопровод вваривается в платиновый тигель. После достижения практически стационарного состояния через цепь платиновый тигель—исследуемый расплав—токопровод термопары пропускался постоянный ток. В зависимости от направления тока термопара фиксировала (сразу же после отключения постоянного тока) увеличение или уменьшение температуры, которая примерно через минуту возвращалась к прежнему значению. Пропуская постоянный ток  $I$  сначала в одном направлении, а затем в противоположном, можно было исключить из расчета джоулево тепло и получить перепад  $\Delta T$ , или измерить полную термо-э.д.с.  $V_a$  образца, вызванную эффектом Пельтье.

Во втором варианте вместо платинового тигля применялась плоская корундизовая чашечка, заполняемая веществом на глубину 2—3 мм. Эта чашечка помещалась в середину конусообразного низкого тигля таким образом, чтобы соприкосновение чашечки с тиглем происходило лишь в нескольких точках, что уменьшало потерю тепла с образца. В чашечку опускались две термопары, устанавливаемые на расстоянии, обеспечивающем одинаковую величину постоянной сосудов для обоих случаев.

Определив в процессе эксперимента величины  $T^\circ K$ ,  $\Delta T$ ,  $a$  и  $\frac{l}{s}$ , можно было определить теплопроводность  $\kappa$  исследуемого жидкого полупроводника по формуле  $\kappa = \frac{I \cdot a \cdot T}{\Delta T} \cdot \frac{l}{s}$ . При тех же условиях были про-

ведены измерения  $V_z$  и  $V_p$  для непосредственного измерения  $zT = \frac{V_z}{V_p}$ . Эти измерения давали в основном удовлетворительное совпадение по сравнению с непосредственно вычисленным  $zT = \frac{\alpha^2 \sigma}{\chi} \cdot T$  по данным  $\alpha$ ,  $\sigma$ ,  $\chi$  и  $T$ .

Как показали данные экспериментов, теплопроводность  $\chi$  для варианта с корундизовой чашечкой получалась меньше, что, видимо, связано с лучшей теплоизоляцией образца (отсутствие массивного платинового тигля, непосредственного контакта тигля с дном печи и т. п.) и малой глубиной расплава около 2 мм, что, видимо, затрудняло конвекцию в нем.

Использование данной методики оказалось наиболее целесообразным для термоэлектрических эффективных жидких полупроводников и позволяло проводить непосредственное измерение их  $\chi$  и  $z$  до 1400°C.

Институт радиофизики и электроники  
АН АрмССР

Поступила 20 апреля 1967

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. А. Ф. Иоффе, Физика полупроводников, М.—Л., 1957.
2. Т. С. Hartman, J. Appl. Phys., 30, 1351 (1959).
3. С. В. Айрапетянц, Сборник Термоэлектрические свойства полупроводников, АН СССР, 1963.

ՀԵՂՈՒԿ ԿԻՍԱՀԱՂՈՐԴԻԶՆԵՐԻ ԶԵՐՄԱՀԱՂՈՐԴԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ  
ՈՐՈՇՈՒՄԸ.

Տ. Ս. ԶՈԼԻԱՆ

Հոդվածում ուսումնասիրված է հեղուկ կիսահաղորդիչների ջերմահաղորդականության և ջերմաէլեկտրաշարժ էֆեկտիվության չափման մեթոդիկան բարձր ջերմաստիճանների դեպքում:

#### DETERMINATION OF THE THERMAL CONDUCTIVITY OF LIQUID SEMICONDUCTORS

T. S. ZOLIAN

An experimental method for the measurement of the thermal conductivity and thermoelectric efficiency of liquid semiconductors at high temperature is described.