

БИБЛИОГРАФИЯ

019.941:548

**ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ КРИСТАЛЛОВ. ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ
ПРЕДСТАВЛЕНИЯ И СОВРЕМЕННЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ
МЕТОДЫ**

Lecture Notes in Physics. Ed. by J. Ehlers, K. Hepp and H. A. Weidenmüller. Managing Ed. W. Beiglböck. Vol. 1, I. C. Erdmann, Warmleitung in Kristallen, theoretische Grundlagen und fortgeschrittene experimentelle Methoden, Springer-Verlag, Berlin — Heidelberg — New York, 1969, 283 S.

Целью новой серии изданий «Lecture Notes in Physics» является сделать достоянием высшей школы новейшие достижения в области физики. Предполагается, помимо издания лекций, прочитанных по новым разделам физики и по современным аспектам ее классических разделов — именно им и посвящен рецензируемый 1-й том серии — издавать предварительные концептивные наброски монографий и обзоров, труды научных семинаров, доклады на конференциях. Редколлегия полагает, что законченность формы и красота отделки или стиля вполне могут быть принесены в жертву своевременности, оперативности, высокому научному уровню. Это предполагает получение новой научной информации из первых рук: от исследователей, работающих в лабораториях и лишь эпизодически занятых преподаванием.

Первый том серии служит хорошей иллюстрацией вышеизказанному. Он представляет собой расширенный и дополненный курс лекций, прочитанных крупным американским специалистом в области тепловых измерений И. Эрдманом в Штутгартском университете во время зимнего семестра 1968/1969 учебного года. Лекции читались начинающим исследователям-металлофизикам, но были построены с учетом и на базе современных теоретических и экспериментальных достижений физики твердого тела (электрон-фононное, фонон-фононное взаимодействия, измерения быстро протекающих тепловых процессов и особенности тепловых измерений при очень высоких температурах). Традиционные моменты, связанные в первую очередь с использованием результатов классической теории теплопроводности (и не менее классической) теории упругости, нашли естественное место на страницах книги, но не перегрузили ее излишними формулами: автор хорошо и просто иллюстрирует использование соответствующих решений основных уравнений этих теорий для извлечения информации из тепловых измерений о микроскопической подоснове процессов переноса и диссипации тепла в металлах и диэлектриках.

В первой части, составляющей примерно половину книги, обсуждаются теоретические аспекты теплопроводности в кристаллах, электронной и решеточной по отдельности. При этом уравнение Больцмана анализируется в рамках простейшей линеаризации его правой части, в которой оперируют временем релаксации (см., например,¹). Помимо традиционного обсуждения правила Маттисена и закона Видемана — Франца обсуждаются и границы их применимости. При обсуждении решеточной теплопроводности просто и ясно обсуждаются вклады ангармонизма и различных дефектов решеточной структуры (точечных дефектов, дислокаций, границ кристалла). Во всех случаях получается и обсуждается температурная зависимость времени релаксации (альтернативно соответствующего коэффициента решеточной части теплопроводности) от температуры. Наиболее подробно рассмотрен вклад процессов переброса (U -процесс) и звука второго рода, для которого автором даны и экстремальные границы его обнаружения на опыте (зависящие от температуры и упругих постоянных материала). С точки зрения формального математического аппарата первая часть представляет собой «натуральное хозяйство»: все основные понятия, формулы, приемы вычисления приводятся в тексте (со ссылкой на²⁻³ в случаях, когда необходимы существенные уточнения, касающиеся, например, учета электрон-фононного взаимодействия).

Несмотря на то, что пришлось с этой целью коснуться элементов квантовой механики, теории групп, методов теории вторичного квантования в теории многих частиц, пояснить некоторые типичные квантовостатистические выкладки, автору удалось провести это просто, ясно и отобрать из упомянутого наиболее существенное из формального аппарата, касающегося процессов переноса. Вся эта первая теоретическая часть вполне доступна студентам 5—6 курсов и аспирантам-экспериментаторам, желающим овладеть языком теории твердого тела и понять основные теоретические представления касательно теплопроводности. Она является также хорошим введением в изучение более подробных книг^{3,4}, рассчитанных в основном на физиков-теоретиков.

Вторая часть (примерно треть книги) посвящена экспериментальным методам, хотя здесь, как уже упоминалось, и обсуждаются решения уравнений теплопроводности и упругости, как с целью пояснения методов измерения, соответствующих природе решений, так и в целях развития методов измерений, основанных на термоупругости. Помимо описания методики и аппаратуры для тепловых измерений в стационарном режиме, обсуждаются измерения достаточно медленно меняющихся со временем тепловых потоков, для чего применяются специально сконструированные дифференциальные калориметры и термометры (типичные технические параметры некоторых из них обсуждаются в соответствующих разделах второй части), а также тепловых измерений в импульсном режиме, где уже приходится прибегать к косвенным методам регистрации. Автор определяет их как «бесконтактные» и приводит описание двух оптических схем с традиционными фотодетектором и интерферометром, где источники световых импульсов могут дублироваться лазерами. Обсуждаются вопросы конструирования регистрирующей аппаратуры и обработки экспериментальных данных. Автор касается требований к техническим характеристикам приборов, а также рекомендаций по выбору того или иного метода измерения, применительного к получению информации о том или ином механизме теплопроводности.

В небольшой третьей части ряд экспериментальных данных по теплопроводности металлов и диэлектриков иллюстрирует как основные теоретические представления о механизме теплопроводности, так и экспериментальные методы; специально рассматриваются те изменения, которые привносит легирование. В случае металлов, интерпретируя отступления от закона Видемана — Франца как эффекты электрон-фононного взаимодействия и используя расчеты из², автор объясняет экспериментально наблюдаемые при низких температурах максимумы теплопроводности. В случае изоляторов, полагая, что полное время релаксации обусловлено как фонон-фононным взаимодействием, так и дефектами решетки (см. выше), удается добиться хорошего согласия с экспериментом; это довольно подробно обсуждено автором здесь же, в третьей части. Специально рассмотрены, наконец, особенности тепловых измерений при очень высоких температурах, где важны многофононные процессы и излучение.

Нам представляется, что последние две части, несмотря на обилие технических подробностей и экспериментальных данных, привлекут внимание не только будущих экспериментаторов — для них они, по-видимому, послужат хорошим введением перед практической деятельностью и изучением узко специальных трудов, — но и будущих теоретиков в области физики твердого тела, которым не лишие столкнуться с материализованной теорией.

B. K. Федянин

ЛИТЕРАТУРА

1. Р. Кубо, Статистическая механика, М., ИЛ, 1966.
2. Р. Г. Клеменс, Thermal Conductivity of Solids at Low Temperatures, Handb. Phys., Bd. 14, Springer-Verlag, Berlin, 1956.
3. Д. Займан, Электроны и фононы, М., ИЛ, 1962.
4. А. Вильсон, Квантовая теория металлов, М., 1941.