

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. Beiglbock. Vol. 1, I. C. Erdmann, *Wärmeleitung 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 конспективные 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 вышесказанному. 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 на ²⁻³ 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 квантостатистические выкладки, автору удалось провести это просто, ясно и отобразить 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 приносит 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 лишне столкнуться с материализованной теорией.

В. К. Федянин

ЛИТЕРАТУРА

1. Р. К у б о, Статистическая механика, М., ИЛ, 1966.
2. P. G. K l e m e n s, Thermal Conductivity of Solids at Low Temperatures, Handb. Phys., Bd. 14, Springer-Verlag, Berlin, 1956.
3. Д. З а й м а н, Электроны и фононы, М., ИЛ, 1962.
4. А. В и л ь с о н, Квантовая теория металлов, М., 1941.