

О.В. МАЛЫШКИНА, И.А. КАПЛУНОВ, В.Е. РОГАЛИН¹,
Г.И. КРОПОТОВ²

Тверской государственной университет

¹*Институт электрофизики и электроэнергетики РАН, Санкт-Петербург*

²*ООО «Тидекс», Санкт-Петербург*

СРАВНЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ СВОЙСТВ ГЕРМАНИЯ С РАЗЛИЧНОЙ КОНЦЕНТРАЦИЕЙ ДИСЛОКАЦИЙ

В одном эксперименте, методом прямоугольной тепловой волны (TSWM), сопоставлены тепловые свойства германия с различной концентрацией дислокаций. Получено, что на бездислокационных кристаллах тепловые характеристики оказались выше, чем у традиционно используемых кристаллов марки ГМО.

O.V. MALYSHKINA, I.A. KAPLUNOV, V.E. ROGALIN¹,
G.I. KROPOTOV²

Tver State University

¹*Institute for Electrophysics and Electric Power of the RAS, Saint-Petersburg*

²*Tydex LLC, Saint-Petersburg*

COMPARISON OF THERMAL PROPERTIES OF GERMANIUM WITH DIFFERENT DISLOCATION CONCENTRATIONS

In one experiment, the thermal properties of germanium with different dislocation concentrations were compared using the thermal square wave method (TSWM). It was found that the thermal characteristics of dislocation-free crystals were higher than those of the traditionally used GMO crystals.

До недавнего времени считалось, что теплопроводность является константой материала, зависящей от параметров окружающей среды, прежде всего от температуры. В инженерных расчётах обычно использовалось справочное значение, полученное при первоначальном исследовании материала, что в ряде случаев не соответствовало действительности. Развитие силовой электроники и оптики выявило необходимость получения материалов с высокой теплопроводностью, что привело к более тщательному изучению этого параметра с целью выявления возможностей его увеличения.

В работе исследован коэффициент тепловой диффузии (температуροпроводности) монокристаллического Ge, являющегося одним

из наиболее чистых и досконально изученных материалов [1]. Метод измерения (метод прямоугольной тепловой волны – TSWM) заключается в измерении пирозлектрического тока, индуцированного в сегнетоэлектрическом кристалле (танталат лития), на который помещён германий, с помощью прямоугольно модулированного теплового потока (то есть при периодическом изменении температуры образца) [2]. Модуляция теплового потока, падающего на образец германия, осуществлялась импульсами прямоугольной формы частотами $f = 0,1$ Гц и $f = 0,15$ Гц. В качестве источника теплового излучения использовался ИК-лазер с длиной волны 920 нм.

Основной вклад в теплопроводность Ge вносит фононная составляющая. Свойства фононов заметно зависят от различных структурных дефектов, однако это чаще всего проявляется при низких температурах. Известно влияние изотопического беспорядка на теплопроводность Ge; изотопически чистый Ge при низких температурах имеет теплопроводность в 8.5 раз выше Ge природного состава. Понятно, что дислокации, будучи гораздо более заметным структурным дефектом, должны влиять на фононные процессы, числу которых относится теплопроводность.

Сравнивались образцы Ge промышленного (ГМО) и бездислокационного (БД) кристаллов разных ориентаций, а также поликристаллического (ГПО). Результаты приведены в табл. 1, где ρ – удельное электрическое сопротивление; k – коэффициент теплопроводности; α – коэффициент температуропроводности. Размеры всех образцов составляли $10 \times 10 \times 5$ мм.

Таблица 1. Тепловые свойства исследованных образцов

Образец	Ориентация	ρ , Ом·см	k , Вт·м/град	α , 10^{-6} м ² /с
БД	{100}	20–25	87 ± 5	$7 \pm 0,5$
ГМО	{100}	20–25	72 ± 5	$6 \pm 0,5$
ГПО	{100}	20–25	75 ± 5	$7 \pm 0,5$
БД	{111}	0,75	87 ± 5	$7.5 \pm 0,5$
ГМО	{111}	0,75	80 ± 5	$8 \pm 0,5$

Список литературы

1. Kropotov G, Rogalin V., Kaplunov I. // Crystals. 2024. V. 14. No. 9. P. 796.
2. Мовчикова А.А., Малышкина О.В., Калугина О.Н. // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. 2012. № 1. С. 37-41.