

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЛУЖБА  
СТАНДАРТНЫХ СПРАВОЧНЫХ ДАННЫХ  
(ГСССД)

УДК 536.21

**ТАБЛИЦЫ СТАНДАРТНЫХ СПРАВОЧНЫХ ДАННЫХ**

ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ ОПТИЧЕСКИХ ПРОЗРАЧНЫХ

МАТЕРИАЛОВ  $\text{La}_2\text{S}_3$ ,  $\text{Gd}_2\text{S}_3$ ,  $\text{Dy}_2\text{S}_3$ ,  $\text{La}_2\text{Te}_3$ ,  $\text{Pr}_2\text{Te}_3$

В ДИАПАЗОНЕ ТЕМПЕРАТУР 80- 400 К

**ГСССД 308 – 2015**

(ОКОНЧАТЕЛЬНАЯ РЕДАКЦИЯ, тема RU.3.034 — 2016)

РАЗРАБОТАНЫ ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» с участием специалистов Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт физики им. Х.И. Амирханова» Дагестанского научного центра Российской академии наук (ФГБУН ИФ ДНЦ РАН).

РЕКОМЕНДОВАНЫ к утверждению Федеральным государственным унитарным предприятием «Российский научно-технический центр информации по стандартизации, метрологии и оценке соответствия» (ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ»)

ОДОБРЕНЫ экспертной комиссией в составе:

докт. физ.-мат. наук С.В. Станкуса,

докт. физ.-мат. наук А.Д. Ивлиева,

канд. техн. наук Петухова В.А.,

канд. техн. наук Н.Ю. Тимофеевой,

канд. техн. наук П.В. Попова

ПОДГОТОВЛЕНЫ к утверждению Российским научно-техническим центром информации по стандартизации, метрологии и оценке соответствия (ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ»)

УТВЕРЖДЕНЫ Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии **«27» октября 2015 г. (протокол № 3).**

УДК 536.21

**ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЛУЖБА  
СТАНДАРТНЫХ СПРАВОЧНЫХ ДАННЫХ**

---

Таблицы стандартных справочных данных

Теплопроводность оптических прозрачных материалов  $\text{La}_2\text{S}_3$ ,  $\text{Gd}_2\text{S}_3$ ,  $\text{Dy}_2\text{S}_3$ ,  $\text{La}_2\text{Te}_3$ ,  $\text{Pr}_2\text{Te}_3$  в диапазоне температур 80-400 К **ГСССД  
308 — 2015**

Tables of Standard Reference Data

Thermal conductivity of optically transparent materials on  $\text{ZnS}$ ,  $\text{ZnSe}$ ,  $\text{CdTe}$  basis in the temperature range 80-400K **GSSSD  
308 — 2015**

---

## ДЕПОНИРОВАННАЯ РУКОПИСЬ

УДК 536.21

Таблицы стандартных справочных данных ГСССД 308 – 2015.

Теплопроводность оптических прозрачных материалов  $\text{La}_2\text{S}_3$ ,  $\text{Gd}_2\text{S}_3$ ,  $\text{Dy}_2\text{S}_3$ ,  $\text{La}_2\text{Te}_3$ ,  $\text{Pr}_2\text{Te}_3$  в диапазоне температур 80-400 К / Лугуев С.М., Лугуева Н.В.; Российский научно-технический центр информации по стандартизации, метрологии и оценке соответствия ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» – М., 2015, – 34 с.: Ил. – 0. – Табл. – 11. - Библиогр. 44 назв. Рус. – 25 назв.

Депонированы в ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» 27.10.2015 г, № 888-2015 кк..

Приведены таблицы стандартных справочных данных о величине и температурной зависимости коэффициента теплопроводности кристаллов соединений  $\text{La}_2\text{S}_3$ ,  $\text{Gd}_2\text{S}_3$ ,  $\text{Dy}_2\text{S}_3$ ,  $\text{La}_2\text{Te}_3$ ,  $\text{Pr}_2\text{Te}_3$  в диапазоне температур 80-400 К. Измерения коэффициента теплопроводности материалов выполнены абсолютным стационарным методом, основанном на создании линейного теплового потока через исследуемый образец. Суммарная средняя квадратическая погрешность измерений составляет 2-5% в зависимости от области температур.

### **Аннотация**

Приведены таблицы стандартных справочных данных о величине и температурной зависимости коэффициента теплопроводности соединений  $\text{La}_2\text{S}_3$ ,  $\text{Gd}_2\text{S}_3$ ,  $\text{Dy}_2\text{S}_3$ ,  $\text{La}_2\text{Te}_3$ ,  $\text{Pr}_2\text{Te}_3$  в диапазоне температур 80-400 К. Измерения коэффициента теплопроводности материалов выполнены абсолютным стационарным методом, основанном на создании линейного теплового потока через исследуемый образец. Суммарная средняя квадратическая погрешность измерений составляет 2-5 % в зависимости от области температур.

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Введение.....	8
2. Основные области применения оптически прозрачных материалов La <sub>2</sub> S <sub>3</sub> , Gd <sub>2</sub> S <sub>3</sub> , Dy <sub>2</sub> S <sub>3</sub> , La <sub>2</sub> Te <sub>3</sub> , Pr <sub>2</sub> Te <sub>3</sub> .....	8
3. Общие сведения о материалах.....	9
4. Условные обозначения, термины и их пояснения.. ..	11
5. Методика определения теплопроводности .....	11
6. Таблицы стандартных справочных данных .....	14
7. Приложение. Таблицы отклонений первичных экспериментальных данных о коэффициенте теплопроводности от расчетных.....	21
8. Список литературы.....	31

## **Введение**

Полуторные составы халькогенидов редкоземельных элементов  $\text{La}_2\text{S}_3$ ,  $\text{Gd}_2\text{S}_3$ ,  $\text{Dy}_2\text{S}_3$ ,  $\text{La}_2\text{Te}_3$ ,  $\text{Pr}_2\text{Te}_3$  со структурой типа фосфида тория  $\text{Th}_3\text{P}_4$  принадлежат к группе материалов, которые представляют значительный интерес для практического применения ввиду их уникальных оптических, магнитных, электрических и акустических свойств. Высокая термическая стабильность, прочность и прозрачность в широкой ИК-области спектра, высокие температуры плавления определяют перспективность этих материалов для технического применения [1-6].

Применение и производство материалов на основе полуторных составов халькогенидов редкоземельных элементов, используемых в технически важных приборах и устройствах, требуют информации об их физических параметрах для проведения конструкторских и технологических работ. Коэффициент теплопроводности является одним из параметров, определяющих функциональные возможности используемых материалов, и это обуславливает необходимость аттестации данных о коэффициенте теплопроводности кристаллов  $\text{La}_2\text{S}_3$ ,  $\text{Gd}_2\text{S}_3$ ,  $\text{Dy}_2\text{S}_3$ ,  $\text{La}_2\text{Te}_3$ ,  $\text{Pr}_2\text{Te}_3$ .

### **1. Основные области применения оптически прозрачных материалов $\text{La}_2\text{S}_3$ , $\text{Gd}_2\text{S}_3$ , $\text{Dy}_2\text{S}_3$ , $\text{La}_2\text{Te}_3$ , $\text{Pr}_2\text{Te}_3$**

Характеристики по оптическому пропусканию полуторных составов халькогенидов редкоземельных элементов со структурой фосфида тория в далекой ИК- области спектра способствуют их применению в качестве окон, линз и призм в системах тепловидения [4,5,9]. Материалы окон, используемые в тепловизионном оборудовании, установленном на самолетах и управляемых ракетах, подвергаются суровым воздействиям окружающей среды. Для применения в таких тепловизионных системах полуторные

халькогениды редкоземельных элементов имеют ряд преимуществ по сравнению с сульфидом и селенидом цинка: они термически стабильны, имеют высокую температуру плавления, механически прочны. Ввиду этого халькогениды редкоземельных элементов лучше выдерживают аэродинамический нагрев и сложные погодные условия.

Кристаллы полуторных халькогенидов редкоземельных элементов имеют высокую акустооптическую добротность и низкие акустические потери, которые сочетаются в них с прозрачностью, как в видимой, так и в инфракрасной области спектра, нетоксичностью, высокой температурой плавления и изотропностью. Эти качества делают их привлекательными для применения в акустооптических устройствах [10-12]. Полуторные халькогениды редкоземельных элементов используются как оптически активные материалы в квантовой электронике, интегральной оптике, системах оптической связи. Монокристаллы полуторных сульфидов лантана и гадолиния, активированные трехвалентными ионами редкоземельных элементов (в частности  $\text{Nd}^{3+}$ ), служат активной средой для лазеров.

Полуторные сульфиды редкоземельных элементов находят также применение в качестве люминофоров и пигментов, солнечных фотоэлектрических преобразователей энергии. Полуторный сульфид гадолиния используется при проведении медицинских магниторезонансных исследований в качестве контрастного материала [13-21].

## **2. Общие сведения о материалах**

Поликристаллические соединения  $\text{La}_2\text{S}_3$ ,  $\text{Gd}_2\text{S}_3$ ,  $\text{Dy}_2\text{S}_3$ ,  $\text{La}_2\text{Te}_3$ ,  $\text{Pr}_2\text{Te}_3$  получены кристаллизацией из расплава предварительно синтезированных соединений соответствующих составов. Синтез  $\text{La}_2\text{S}_3$ ,  $\text{Gd}_2\text{S}_3$ ,  $\text{Dy}_2\text{S}_3$  осуществлялся сульфидированием оксидов редкоземельного металла методом, разработанным для сульфидов и оксисульфидов редкоземельных металлов [22]. Сульфидирующим агентом являлись газообразные продукты термического разложения роданида аммония при его плавлении в интервале



430-450 К, которые содержат сероводород, небольшое количество сероуглерода и аммиак. В качестве газоносителя использован гелий. Синтез проводился в стеклоуглеродных лодочках. Нагрев осуществлялся в печах с кварцевыми галогенными лампами, что позволяет за счет инфракрасного излучения снизить температуру на стенках кварцевого реактора в сравнении с печами сопротивления и, таким образом, снизить возможное загрязнение синтезируемых сульфидов примесями из кварца. Для синтеза использовали ступенчатый нагрев до 1220 К с промежуточным неоднократным перетираем смеси и отбором пробы на рентгенофазовый анализ. Полнота сульфидирования контролировалась взвешиванием до постоянства веса и из данных рентгенофазового анализа по отсутствию примесных кислородосодержащих фаз. Кристаллизация синтезированных полуторных сульфидов осуществлялась из расплава в графитовых и стеклоуглеродных контейнерах, протягиванием реактора через одновитковый индуктор в парах кипящей серы [23].

Соединения полуторных теллуридов лантана и празеодима синтезированы по методу [24]. Порошок соединения получали при взаимодействии паров теллура редкоземельным металлом при нагреве в заполненных водородом отпаянных кварцевых ампулах. После проведения ряда отжигов осуществлялась кристаллизация полученного соединения из расплава при медленном опускании ампулы с расплавом через индуктор.

Состав образцов контролировался по данным газохроматографического [25] и химического анализов. Рентгенофазовый анализ показал, что все исследованные образцы однофазны и имеют структуру  $\text{Th}_3\text{P}_4$ .

Имеющиеся в литературе данные о теплопроводности при 300 К поликристаллов соединений  $\text{La}_2\text{S}_3$ ,  $\text{Gd}_2\text{S}_3$ ,  $\text{Dy}_2\text{S}_3$ ,  $\text{La}_2\text{Te}_3$ ,  $\text{Pr}_2\text{Te}_3$ , полученных кристаллизацией из расплава, приведены в таблице 1.

**Таблица 1.**

Данные о коэффициенте теплопроводности соединений полторных сульфидов редкоземельных элементов при 300 К.

Состав	Коэффициент теплопроводности, $\text{Вт}\cdot\text{м}^{-1}\cdot\text{К}^{-1}$	Литературный источник
$\text{La}_2\text{S}_3$	1.53	[26-29]
	2,30	[30]
	1.26	[31]
$\text{Gd}_2\text{S}_3$	1.19	[28, 32-34]
$\text{Dy}_2\text{S}_3$	0.86	[28, 32]
$\text{La}_2\text{Te}_3$	1.04	[35]
$\text{Pr}_2\text{Te}_3$	0.95	[36]

### 3. Условные обозначения, термины и их пояснения

$\kappa$  – коэффициент теплопроводности,  $\text{Вт}\cdot\text{м}^{-1}\cdot\text{К}^{-1}$ .

$\kappa_{\text{фот}}$  – фотонная компонента теплопроводности,  $\text{Вт}\cdot\text{м}^{-1}\cdot\text{К}^{-1}$ .

$\Delta\kappa$  – суммарная погрешность измерения коэффициента теплопроводности,  $\text{Вт}\cdot\text{м}^{-1}\cdot\text{К}^{-1}$ .

$\kappa_{\text{эксп}}$  – значения коэффициента теплопроводности, полученные в эксперименте,  $\text{Вт}\cdot\text{м}^{-1}\cdot\text{К}^{-1}$ .

$\kappa_{\text{расч}}$  – значения коэффициента теплопроводности, рассчитанные по аппроксимационным уравнениям,  $\text{Вт}\cdot\text{м}^{-1}\cdot\text{К}^{-1}$ .

$\delta\kappa, \%$  – относительное отклонение значений коэффициента теплопроводности, рассчитанных по аппроксимационным уравнениям, от экспериментальных данных.

### 4. Методика определения теплопроводности

Измерения коэффициента теплопроводности образцов выполнялись абсолютным стационарным методом, основанном на создании линейного теплового потока через исследуемый образец. Использованная авторами

экспериментальная установка представляет собой модифицированный вариант низкотемпературной экспериментальной установки, описание которой приведено в статье [37], монографии [38] и справочнике [39] как установки, позволяющей получать надежные экспериментальные данные о коэффициенте теплопроводности. Методика экспериментального определения теплопроводности аттестована ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» в качестве методики ГСССД МЭ 218-2014 [40], где приведены принципиальная схема прибора, методика проведения измерений и расчетные формулы. В этой установке измерения теплопроводности проводятся по аналогии с измерениями электрического сопротивления потенциометрическим методом, что исключает необходимость учета контактных тепловых сопротивлений между образцами, нагревателем и холодильниками.

Исследованные образцы полупроводниковых составов халькогенидов редкоземельных металлов имели форму параллелепипеда высотой  $10 \div 12$  мм, площадью поперечного сечения  $15 \div 20$  мм<sup>2</sup>. Расстояния между зондами в плоскопараллельных сечениях –  $4 \div 6$  мм. Перепад температур, в зависимости от температурной области измерений и величины теплопроводности, составлял  $4 \div 10$  градусов. Степень черноты нагревателя, поверхностей, прилегающих к образцам, и боковых поверхностей кристаллов равна единице.

Кристаллы соединений полупроводниковых составов халькогенидов редкоземельных металлов имеют полосу пропускания, охватывающую видимую и широкую инфракрасную область оптического спектра, поэтому можно предположить, что в них, кроме колебаний кристаллической решетки (фононов), в переносе тепла может участвовать и электромагнитное излучение (фотоны). Нами проведен анализ возможного участия фотонов в переносе тепла в образцах, данные о теплопроводности которых представлены в таблицах.

В оптически прозрачных поликристаллических образцах длина свободного пробега определяется двумя процессами рассеяния: рассеянием на границах и поглощением в веществе. Границами рассеяния являются поверхности образцов и границы зерен. Длина свободного пробега фотонов рассчитывается по формуле [41]:

$$\frac{1}{L} = \frac{1}{l_{\text{погл}}} + \frac{1}{l_{\text{расс}}},$$

где  $l_{\text{погл}}$  – длина свободного пробега фотонов, определяемая внутренним поглощением исследуемого вещества;  $l_{\text{расс}}$  – длина свободного пробега, определяемая рассеянием фотонов границами отдельных кристалликов в поликристалле или рассеянием границами образца.

Рассчитанный из данных коэффициента пропускания для  $\text{La}_2\text{S}_3$ , приведенных в [23], коэффициент поглощения  $k$  равен  $1621 \text{ м}^{-1}$ . В этом случае длина свободного пробега фотонов, определяемая внутренним поглощением образца,  $l_{\text{погл}} = 0.06 \text{ см}$ . Для рассеяния на границах длина свободного пробега фотонов  $l_{\text{расс}}$  определяется минимальными размерами кристаллитов и равняется  $0.3 \text{ см}$ .

Для случая, если рассеяние фотонов определяется внутренним поглощением образца [42]

$$\kappa_{\text{фот1}} = \frac{0}{3} \frac{n^2 \sigma T^3}{k} = \frac{0}{3} \frac{(2.75)^2 5.67 \cdot 10^{-8} T^3}{1621} = 0.07 \cdot 10^{-8} \cdot T^3 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-1} \text{К}^{-1},$$

где  $n$  – коэффициент преломления,  $\sigma$  – постоянная Стефана-Больцмана.

Для случая, если рассеяние фотонов границами образца [42]

$$\kappa_{\text{фот2}} = 4n^2 \sigma T_0^3 L = 4(2.75)^2 \cdot 5.67 \cdot 10^{-8} \cdot 0.005 \cdot T^3 = 0.52 \cdot 10^{-8} T^3 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-1} \text{К}^{-1}.$$

Если учитывать оба вида рассеяния, то  $\kappa_{\text{фот}} = 0.062 \cdot 10^{-8} T^3 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-1} \text{К}^{-1}$  (рассчитано из выражения  $W_{\text{фот}} = W_{\text{фот1}} + W_{\text{фот2}}$ , где  $W$  – тепловое сопротивление). Из этого выражения получаем, что в крупнокристаллическом образце  $\text{La}_2\text{S}_3$  при  $300 \text{ К}$   $\kappa_{\text{фот}} = 0.017 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-1} \text{К}^{-1}$ , что составляет  $1.1 \%$  от измеренной величины коэффициента теплопроводности  $\kappa = 1.53 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-1} \text{К}^{-1}$ ; при  $400 \text{ К}$   $\kappa_{\text{фот}} = 0.041 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-1} \text{К}^{-1}$ , что составляет  $2.9 \%$  от

измеренной величины коэффициента теплопроводности  $\kappa = 1.42 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-1}\text{К}^{-1}$ . Это не превышает погрешности измерений прибора.

Согласно [43, 44] коэффициенты поглощения других полупроводниковых составов халькогенидов редкоземельных металлов мало отличаются от коэффициента поглощения соединения  $\text{La}_2\text{S}_3$ . Поэтому вклад фотонной компоненты в них, вероятнее всего, будет приблизительно таким же.

Суммарная погрешность результатов измерений на экспериментальной установке в диапазоне температур 80-400 К с учетом погрешностей измерения мощности нагревателя, излучения с боковых поверхностей образцов и нагревателя, оттока или подвода тепла по проводам, погрешностей измерения геометрических размеров образцов, температуры термодатчиками и неточностей определения  $\kappa_{\text{фот}}$  составляет  $2\div 5 \%$  в зависимости области температур, геометрических размеров исследуемых образцов и их теплопроводности.

## **5. Таблицы стандартных справочных данных**

Основой для разработки таблиц стандартных справочных данных явились результаты экспериментального исследования коэффициента теплопроводности оптически прозрачных материалов  $\text{La}_2\text{S}_3$ ,  $\text{Gd}_2\text{S}_3$ ,  $\text{Dy}_2\text{S}_3$ ,  $\text{La}_2\text{Te}_3$ ,  $\text{Pr}_2\text{Te}_3$ , проведенные авторами в Институте физики им. Х.И. Амирханова Дагестанского научного центра РАН (г. Махачкала) и Физико-техническом институте им. А.Ф. Иоффе РАН (г. Санкт-Петербург).

Измерения проводились по методике “Методика экспериментального определения теплопроводности твердых тел в диапазоне температур 80...450 К”, зарегистрированной в Российском научно-техническом центре информации по стандартизации, метрологии и оценке соответствия (ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ») под № ГСССД МЭ 218-2014.

Полученные результаты аппроксимированы полиномами третьей степени по методу наименьших квадратов. Ниже представлены

аналитические зависимости, аппроксимирующие данные о коэффициенте теплопроводности каждого материала:

**La<sub>2</sub>S<sub>3</sub>:**

$$\kappa = 6,3670906 - 0,0458043T + 0,00014511T^2 - 1,53766 \cdot 10^{-7}T^3 \quad (1)$$

**Gd<sub>2</sub>S<sub>3</sub>:**

$$\kappa = 3,916062 - 0,0245286T + 7,39256 \cdot 10^{-5}T^2 - 7,4989 \cdot 10^{-8}T^3 \quad (2)$$

**Dy<sub>2</sub>S<sub>3</sub>:**

$$\kappa = 0,8853096 - 0,00070061T + 3,12501 \cdot 10^{-7}T^2 + 5,60921 \cdot 10^{-9}T^3 \quad (3)$$

**La<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>:**

$$\kappa = 3,841145 - 0,021258831T + 5,47533 \cdot 10^{-5}T^2 - 5,01149 \cdot 10^{-8}T^3 \quad (4)$$

**Pr<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>:**

$$\kappa = 1,372949 - 0,001705279T + 2,40797 \cdot 10^{-6}T^2 - 4,71935 \cdot 10^{-9}T^3 \quad (5)$$

Стандартные справочные данные о коэффициенте теплопроводности соединений La<sub>2</sub>S<sub>3</sub>, Gd<sub>2</sub>S<sub>3</sub>, Dy<sub>2</sub>S<sub>3</sub>, La<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>, Pr<sub>2</sub>Te<sub>3</sub> в диапазоне температур 80-400 К, рассчитанные по уравнениям (1) – (5) при равных значениях температуры, представлены в таблицах 2 – 6. Там же указаны абсолютные значения суммарной погрешности их определения ( $\Delta\kappa$ ).

В таблицах П.1 – П.5 приложения содержатся отклонения исходных экспериментальных данных ( $\kappa_{\text{эксп}}$ ) о коэффициенте теплопроводности от значений ( $\kappa_{\text{расч}}$ ), рассчитанных по (1) – (5), %:

$$\delta\kappa = \frac{\kappa_{\text{эксп}} - \kappa_{\text{расч}}}{\kappa_{\text{эксп}}} \cdot 100. \quad (6)$$

Из таблиц П.1 – П.5 следует, что это отклонение не превышает 2%, что составляет величину меньшую суммарной погрешности эксперимента.

Таблица 2.

Стандартные справочные данные о теплопроводности кристалла  $\text{La}_2\text{S}_3$ 

T, K	$\kappa$ , $\text{Вт}\cdot\text{м}^{-1}\text{K}^{-1}$	$\Delta\kappa$ , $\text{Вт}\cdot\text{м}^{-1}\text{K}^{-1}$
80	3,55	0,071
85	3,43	0,068
90	3,31	0,065
95	3,19	0,063
100	3,08	0,060
105	2,98	0,059
110	2,88	0,058
115	2,78	0,056
120	2,69	0,054
125	2,61	0,052
130	2,53	0,051
135	2,45	0,051
140	2,38	0,050
145	2,31	0,050
150	2,24	0,049
155	2,18	0,048
160	2,12	0,047
165	2,07	0,046
170	2,02	0,045
175	1,97	0,044
180	1,93	0,043
185	1,89	0,042
190	1,85	0,041
195	1,81	0,041
200	1,78	0,040
205	1,75	0,04
210	1,72	0,041
215	1,70	0,041
220	1,68	0,042
225	1,66	0,042
230	1,64	0,042
235	1,62	0,042
240	1,61	0,043

T, K	$\kappa$ , $\text{Вт}\cdot\text{м}^{-1}\text{K}^{-1}$	$\Delta\kappa$ , $\text{Вт}\cdot\text{м}^{-1}\text{K}^{-1}$
245	1,59	0,043
250	1,58	0,043
255	1,57	0,043
260	1,56	0,043
265	1,56	0,043
270	1,55	0,043
275	1,55	0,043
280	1,54	0,044
285	1,54	0,044
290	1,54	0,045
295	1,54	0,045
300	1,53	0,046
305	1,53	0,046
310	1,53	0,046
315	1,53	0,046
320	1,53	0,046
325	1,53	0,046
330	1,53	0,046
335	1,53	0,046
340	1,52	0,046
345	1,52	0,046
350	1,52	0,046
355	1,51	0,047
360	1,51	0,048
365	1,50	0,049
370	1,50	0,051
375	1,49	0,052
380	1,48	0,053
385	1,47	0,054
390	1,45	0,055
395	1,44	0,056
400	1,42	0,057
405	1,41	0,058

Таблица 3.

Стандартные справочные данные о теплопроводности кристалла  $\text{Gd}_2\text{S}_3$ 

T, K	$\kappa$ , $\text{Вт}\cdot\text{м}^{-1}\text{К}^{-1}$	$\Delta\kappa$ $\text{Вт}\cdot\text{м}^{-1}\text{К}^{-1}$
80	2,39	0,048
85	2,32	0,047
90	2,25	0,046
95	2,19	0,046
100	2,13	0,045
105	2,07	0,045
110	2,01	0,044
115	1,96	0,044
120	1,91	0,043
125	1,86	0,042
130	1,81	0,041
135	1,77	0,040
140	1,72	0,039
145	1,68	0,038
150	1,65	0,037
155	1,61	0,037
160	1,58	0,037
165	1,54	0,037
170	1,51	0,036
175	1,48	0,036
180	1,46	0,036
185	1,43	0,035
190	1,41	0,035
195	1,39	0,035
200	1,37	0,034
205	1,35	0,034
210	1,33	0,034
215	1,31	0,034
220	1,30	0,034
225	1,28	0,034
230	1,27	0,034
235	1,26	0,034
240	1,25	0,034

T, K	$\kappa$ , $\text{Вт}\cdot\text{м}^{-1}\text{К}^{-1}$	$\Delta\kappa$ $\text{Вт}\cdot\text{м}^{-1}\text{К}^{-1}$
245	1,24	0,034
250	1,23	0,034
255	1,22	0,034
260	1,22	0,034
265	1,21	0,035
270	1,21	0,035
275	1,20	0,035
280	1,20	0,035
285	1,19	0,035
290	1,19	0,035
295	1,19	0,036
300	1,19	0,036
305	1,18	0,037
310	1,18	0,037
315	1,18	0,038
320	1,18	0,038
325	1,18	0,039
330	1,18	0,039
335	1,18	0,039
340	1,17	0,040
345	1,17	0,040
350	1,17	0,041
355	1,17	0,041
360	1,17	0,042
365	1,16	0,042
370	1,16	0,042
375	1,16	0,043
380	1,16	0,043
385	1,15	0,043
390	1,15	0,044
395	1,14	0,044
400	1,14	0,045
405	1,13	0,045



Таблица 4.

Стандартные справочные данные о теплопроводности кристалла  $\text{Dy}_2\text{S}_3$ 

T, K	$\kappa$ , $\text{Вт}\cdot\text{м}^{-1}\text{К}^{-1}$	$\Delta\kappa$ $\text{Вт}\cdot\text{м}^{-1}\text{К}^{-1}$
80	0,83	0,017
85	0,83	0,017
90	0,83	0,017
95	0,83	0,017
100	0,82	0,017
105	0,82	0,017
110	0,82	0,017
115	0,82	0,017
120	0,82	0,017
125	0,81	0,017
130	0,81	0,017
135	0,81	0,017
140	0,81	0,017
145	0,81	0,017
150	0,81	0,018
155	0,80	0,018
160	0,80	0,018
165	0,80	0,018
170	0,80	0,018
175	0,80	0,018
180	0,80	0,019
185	0,80	0,019
190	0,80	0,019
195	0,80	0,019
200	0,80	0,02
205	0,80	0,02
210	0,80	0,02
215	0,80	0,02
220	0,81	0,02
225	0,81	0,021
230	0,81	0,021
235	0,81	0,021
240	0,81	0,021

T, K	$\kappa$ , $\text{Вт}\cdot\text{м}^{-1}\text{К}^{-1}$	$\Delta\kappa$ $\text{Вт}\cdot\text{м}^{-1}\text{К}^{-1}$
245	0,81	0,021
250	0,82	0,022
255	0,82	0,022
260	0,82	0,022
265	0,82	0,023
270	0,83	0,023
275	0,83	0,024
280	0,84	0,024
285	0,84	0,024
290	0,84	0,025
295	0,85	0,02
300	0,85	0,026
305	0,86	0,026
310	0,86	0,027
315	0,87	0,028
320	0,88	0,028
325	0,88	0,029
330	0,89	0,030
335	0,90	0,030
340	0,90	0,031
345	0,91	0,031
350	0,92	0,032
355	0,93	0,032
360	0,94	0,033
365	0,94	0,034
370	0,95	0,034
375	0,96	0,035
380	0,97	0,036
385	0,98	0,037
390	0,99	0,038
395	1,00	0,039
400	1,01	0,04
405	1,01	0,041

Таблица 5.

Стандартные справочные данные о теплопроводности кристалла  $\text{La}_2\text{Te}_3$ 

T, K	$\kappa$ , $\text{Вт}\cdot\text{м}^{-1}\text{К}^{-1}$	$\Delta\kappa$ $\text{Вт}\cdot\text{м}^{-1}\text{К}^{-1}$
80	2,46	0,049
85	2,40	0,049
90	2,33	0,048
95	2,27	0,047
100	2,21	0,047
105	2,15	0,046
110	2,10	0,045
115	2,04	0,045
120	1,99	0,044
125	1,94	0,043
130	1,89	0,042
135	1,84	0,041
140	1,80	0,040
145	1,75	0,039
150	1,71	0,038
155	1,67	0,038
160	1,64	0,038
165	1,60	0,037
170	1,56	0,037
175	1,53	0,037
180	1,50	0,036
185	1,46	0,036
190	1,43	0,035
195	1,41	0,035
200	1,38	0,034
205	1,35	0,034
210	1,33	0,034
215	1,30	0,034
220	1,28	0,034
225	1,26	0,033
230	1,24	0,033
235	1,22	0,033
240	1,20	0,033

T, K	$\kappa$ , $\text{Вт}\cdot\text{м}^{-1}\text{К}^{-1}$	$\Delta\kappa$ $\text{Вт}\cdot\text{м}^{-1}\text{К}^{-1}$
245	1,18	0,033
250	1,16	0,032
255	1,15	0,032
260	1,13	0,032
265	1,12	0,032
270	1,11	0,032
275	1,09	0,032
280	1,08	0,032
285	1,07	0,032
290	1,06	0,032
295	1,05	0,032
300	1,04	0,031
305	1,03	0,031
310	1,02	0,031
315	1,01	0,031
320	1,00	0,031
325	0,99	0,031
330	0,99	0,032
335	0,98	0,032
340	0,97	0,032
345	0,96	0,032
350	0,95	0,033
355	0,95	0,033
360	0,94	0,033
365	0,94	0,034
370	0,93	0,034
375	0,92	0,034
380	0,92	0,034
385	0,91	0,035
390	0,90	0,035
395	0,90	0,035
400	0,89	0,036
405	0,89	0,036

Таблица 6.

Стандартные справочные данные о теплопроводности кристалла  $\text{Pr}_2\text{Te}_3$ 

T, K	$\kappa$ , $\text{Вт}\cdot\text{м}^{-1}\text{К}^{-1}$	$\Delta\kappa$ $\text{Вт}\cdot\text{м}^{-1}\text{К}^{-1}$
80	1,25	0,025
85	1,24	0,025
90	1,23	0,025
95	1,23	0,025
100	1,22	0,024
105	1,21	0,024
110	1,21	0,024
115	1,20	0,024
120	1,19	0,024
125	1,19	0,025
130	1,18	0,025
135	1,18	0,025
140	1,17	0,025
145	1,16	0,025
150	1,16	0,025
155	1,15	0,026
160	1,14	0,026
165	1,14	0,026
170	1,13	0,026
175	1,12	0,026
180	1,12	0,026
185	1,11	0,026
190	1,10	0,026
195	1,10	0,026
200	1,09	0,027
205	1,08	0,027
210	1,08	0,027
215	1,07	0,027
220	1,06	0,027
225	1,06	0,027
230	1,05	0,027
235	1,04	0,027
240	1,04	0,027

T, K	$\kappa$ , $\text{Вт}\cdot\text{м}^{-1}\text{К}^{-1}$	$\Delta\kappa$ $\text{Вт}\cdot\text{м}^{-1}\text{К}^{-1}$
245	1,03	0,027
250	1,02	0,028
255	1,02	0,028
260	1,01	0,028
265	1,00	0,028
270	1,00	0,028
275	0,99	0,028
280	0,98	0,028
285	0,97	0,028
290	0,97	0,028
295	0,96	0,028
300	0,95	0,028
305	0,94	0,028
310	0,94	0,028
315	0,93	0,028
320	0,92	0,029
325	0,91	0,029
330	0,90	0,029
335	0,89	0,029
340	0,89	0,029
345	0,88	0,029
350	0,87	0,030
355	0,86	0,030
360	0,85	0,030
365	0,84	0,030
370	0,83	0,030
375	0,82	0,030
380	0,81	0,030
385	0,80	0,030
390	0,79	0,030
395	0,78	0,030
400	0,77	0,030
405	0,76	0,030

## 6. ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица П.1.

Отклонение экспериментальных данных о теплопроводности кристалла  $\text{La}_2\text{S}_3$  от рассчитанных по (1).

T, K	$\kappa_{\text{эксп}},$ Вт/(м·K)	$\kappa_{\text{расч}},$ Вт/(м·K)	$\delta\kappa, \%$
80,83	3,58	3,531	1,35
81,96	3,52	3,503	0,48
83,23	3,49	3,471	0,53
84,97	3,47	3,428	1,20
88,47	3,34	3,344	-0,12
92,44	3,23	3,251	-0,66
95,42	3,16	3,184	-0,76
98,00	3,11	3,127	-0,55
106,74	2,91	2,944	-1,17
115,48	2,76	2,776	-0,58
122,01	2,68	2,659	0,77
129,90	2,51	2,529	-0,74
135,38	2,42	2,444	-0,83
142,82	2,32	2,337	-0,74
151,87	2,21	2,219	-0,41
159,38	2,11	2,130	-0,95
162,83	2,07	2,092	-1,08
165,62	2,06	2,062	-0,14
171,33	2,01	2,006	0,22
174,31	1,97	1,978	-0,38
178,06	1,95	1,944	0,32
185,84	1,89	1,879	0,56
193,30	1,84	1,824	0,84
204,52	1,76	1,753	0,37
211,32	1,73	1,717	0,77
216,88	1,68	1,690	-0,59
225,48	1,67	1,654	0,96
232,38	1,65	1,630	1,24
237,52	1,62	1,614	0,39
252,87	1,60	1,577	1,43
255,81	1,59	1,572	1,15
258,49	1,59	1,567	1,44
263,20	1,58	1,560	1,26
268,73	1,57	1,553	1,07

Т, К	$\kappa_{\text{эксп}},$ Вт/(м·К)	$\kappa_{\text{расч}},$ Вт/(м·К)	$\delta\kappa, \%$
275,12	1,57	1,546	1,47
285,79	1,56	1,539	1,32
292,33	1,54	1,536	0,23
295,10	1,54	1,535	0,30
296,26	1,53	1,535	-0,03
297,17	1,535	1,536	0,02
299,18	1,53	1,534	-0,27
303,92	1,52	1,533	-0,86
309,50	1,52	1,532	-0,79
315,88	1,52	1,531	-0,72
321,90	1,52	1,530	-0,66
324,67	1,51	1,529	-1,29
329,96	1,51	1,528	-1,21
336,38	1,51	1,526	-1,07
347,44	1,51	1,520	-0,70
356,83	1,49	1,513	-1,54
363,85	1,49	1,505	-0,69
370,23	1,48	1,495	-1,08
376,78	1,47	1,484	-0,98
383,60	1,46	1,470	-0,67
388,13	1,46	1,458	0,11
394,76	1,44	1,439	0,05
403,93	1,43	1,407	1,58

Таблица П.2.

Отклонение экспериментальных данных о теплопроводности кристалла  $Gd_2S_3$  от рассчитанных по (2).

T, K	$\kappa_{\text{эксп}},$ Вт/(м·K)	$\kappa_{\text{расч}},$ Вт/(м·K)	$\delta\kappa, \%$
82,20	2,40	2,358	1,25
83,22	2,37	2,343	1,11
85,24	2,32	2,316	0,18
87,43	2,30	2,286	0,59
89,13	2,26	2,264	-0,18
92,90	2,20	2,215	-0,69
94,46	2,18	2,195	-0,71
96,77	2,16	2,167	-0,31
98,56	2,13	2,145	-0,70
105,12	2,05	2,067	-0,85
116,42	1,94	1,944	-0,21
123,70	1,86	1,871	-0,60
127,99	1,82	1,830	-0,57
139,94	1,71	1,726	-0,92
145,83	1,67	1,678	-0,52
159,69	1,58	1,579	0,07
161,44	1,56	1,567	-0,47
167,25	1,52	1,531	-0,70
173,14	1,49	1,496	-0,41
180,26	1,46	1,457	0,18
188,57	1,42	1,416	0,24
194,93	1,40	1,388	0,84
200,67	1,37	1,365	0,38
208,48	1,35	1,336	1,04
212,6	1,32	1,322	-0,15
217,59	1,31	1,306	0,28
222,97	1,30	1,291	0,70
228,54	1,29	1,276	1,07
233,98	1,27	1,263	0,52
240,09	1,26	1,250	0,76
252,73	1,24	1,228	0,95
261,60	1,22	1,216	0,33
272,24	1,21	1,204	0,47
285,19	1,20	1,194	0,50
292,03	1,19	1,189	0,01

## Окончание Таблицы П.2.

Т, К	кэксп, Вт/(м·К)	красч, Вт/(м·К)	δк, %
294,90	1,19	1,188	0,13
298,99	1,19	1,186	0,29
302,33	1,18	1,185	-0,43
307,68	1,18	1,183	-0,27
311,53	1,18	1,182	-0,17
315,00	1,18	1,181	-0,08
320,94	1,17	1,179	-0,80
326,89	1,17	1,177	-0,68
335,11	1,17	1,176	-0,51
346,65	1,16	1,173	-1,11
353,43	1,16	1,170	-0,91
369,50	1,155	1,163	-0,67
375,83	1,15	1,158	-0,74
379,44	1,15	1,156	-0,50
382,81	1,14	1,153	-1,12
386,56	1,15	1,149	0,06
390,35	1,15	1,145	0,41
394,02	1,15	1,141	0,77
408,03	1,15	1,121	2,50

Таблица П.3.

Отклонение экспериментальных данных о теплопроводности кристалла  $\text{Dy}_2\text{S}_3$  от рассчитанных по (3).

T, K	$\kappa_{\text{эксп}},$ Вт/(м·K)	$\kappa_{\text{расч}},$ Вт/(м·K)	$\delta\kappa, \%$
81,65	0,84	0,833	0,70
84,03	0,83	0,832	-0,24
86,56	0,83	0,831	-0,08
91,32	0,82	0,828	-0,98
96,71	0,82	0,826	-0,68
102,52	0,82	0,823	-0,34
108,18	0,82	0,821	-0,03
113,73	0,82	0,818	0,25
122,63	0,82	0,814	0,68
127,33	0,82	0,813	0,75
133,37	0,82	0,812	0,88
141,27	0,82	0,810	0,91
147,78	0,81	0,807	0,41
155,27	0,81	0,805	0,61
161,35	0,81	0,804	0,74
173,60	0,80	0,802	-0,30
179,57	0,80	0,802	-0,30
186,02	0,80	0,802	-0,25
193,32	0,80	0,802	-0,25
200,39	0,80	0,802	-0,32
208,91	0,80	0,804	-0,46
224,27	0,80	0,807	-0,90
229,22	0,81	0,809	0,12
235,06	0,81	0,811	-0,12
241,21	0,81	0,813	-0,40
248,27	0,82	0,816	0,43
257,73	0,82	0,821	-0,12
265,22	0,83	0,826	0,47
274,91	0,83	0,833	-0,34
282,36	0,84	0,839	0,16
289,87	0,84	0,845	-0,61
297,23	0,86	0,852	0,93
301,51	0,86	0,856	0,44
306,37	0,86	0,861	-0,15
311,52	0,87	0,867	0,35



*Окончание Таблицы П.3.*

Т, К	$\kappa_{\text{эксп}},$ Вт/(м·К)	$\kappa_{\text{расч}},$ Вт/(м·К)	$\delta\kappa, \%$
318,14	0,88	0,875	0,61
326,13	0,89	0,885	0,60
334	0,90	0,895	0,54
346,43	0,91	0,913	-0,36
354,23	0,92	0,926	-0,62
366,19	0,94	0,946	-0,65
375,26	0,96	0,963	-0,29
380,48	0,97	0,973	-0,30
384,15	0,98	0,980	-0,03
388,19	0,99	0,988	0,15
392,54	0,99	1,000	-0,78
396,70	1,01	1,006	0,32
399,60	1,02	1,013	0,67
410,68	1,04	1,039	0,11

Таблица П.4.

Отклонение экспериментальных данных о теплопроводности кристалла  $\text{La}_2\text{Te}_3$  от рассчитанных по (4).

T, K	$\kappa_{\text{эксп}},$ Вт/(м·K)	$\kappa_{\text{расч}},$ Вт/(м·K)	$\delta\kappa, \%$
80,06	2,48	2,464	0,63
82,98	2,42	2,425	-0,22
86,36	2,38	2,381	-0,05
89,88	2,34	2,336	0,16
92,15	2,28	2,308	-1,22
95,74	2,26	2,264	-0,16
106,02	2,14	2,143	-0,14
119,98	2,00	1,992	0,39
126,14	1,94	1,930	0,51
135,13	1,85	1,844	0,29
143,00	1,79	1,774	0,88
150,65	1,72	1,710	0,59
161,21	1,63	1,627	0,18
170,41	1,55	1,560	-0,67
177,43	1,51	1,513	-0,20
184,23	1,46	1,470	-0,66
190,31	1,43	1,433	-0,21
199,98	1,38	1,379	0,09
205,16	1,34	1,351	-0,86
210,28	1,32	1,326	-0,45
215,48	1,31	1,301	0,67
220,98	1,28	1,276	0,29
228,26	1,24	1,245	-0,43
235,14	1,22	1,218	0,15
243,68	1,18	1,188	-0,58
254,99	1,15	1,150	0,00
262,11	1,13	1,128	0,16
273,01	1,10	1,098	0,14
280,13	1,08	1,081	-0,08
294,10	1,05	1,050	0,00
300,39	1,04	1,037	0,25
305,12	1,03	1,028	0,14
309,43	1,02	1,021	-0,07
318,03	1,01	1,006	0,39
325,61	1,00	0,994	0,60

## Окончание Таблицы П.4.

Т, К	$\kappa_{\text{эксп}},$ Вт/(м·К)	$\kappa_{\text{расч}},$ Вт/(м·К)	$\delta\kappa, \%$
340,80	0,97	0,972	-0,18
348,71	0,96	0,961	-0,09
357,52	0,94	0,949	-0,97
370,93	0,94	0,931	0,91
377,42	0,92	0,923	-0,30
381,78	0,92	0,917	0,34
386,24	0,91	0,911	-0,08
390,74	0,91	0,904	0,62
394,98	0,90	0,898	0,20
398,62	0,89	0,893	-0,32
402,26	0,88	0,887	-0,83
413,3	0,87	0,870	0,00

Таблица П.5.

Отклонение экспериментальных данных о теплопроводности кристалла  $\text{Pr}_2\text{Te}_3$  от рассчитанных по (5).

T, K	$\kappa_{\text{эксп}},$ Вт/(м·K)	$\kappa_{\text{расч}},$ Вт/(м·K)	$\delta\kappa, \%$
83,29	1,25	1,245	0,41
88,48	1,25	1,238	0,99
93,87	1,23	1,230	-0,00
99,25	1,22	1,223	-0,23
104,25	1,21	1,216	-0,50
109,24	1,20	1,209	-0,77
120,16	1,20	1,195	0,45
127,01	1,18	1,186	-0,47
136,42	1,17	1,173	-0,27
143,85	1,16	1,163	-0,30
150,82	1,15	1,154	-0,38
161,91	1,14	1,140	0,00
168,37	1,13	1,132	-0,14
184,01	1,11	1,111	-0,12
189,00	1,10	1,105	-0,44
195,54	1,10	1,096	0,34
202,22	1,09	1,087	0,22
208,70	1,08	1,079	0,09
214,90	1,08	1,071	0,85
219,68	1,07	1,064	0,51
226,82	1,06	1,055	0,47
234,40	1,05	1,045	0,50
245,55	1,03	1,029	0,04
253,70	1,02	1,018	0,17
264,21	1,00	1,011	-0,34
271,94	0,99	0,992	-0,24
285,89	0,97	0,972	-0,20
292,81	0,96	0,962	-0,17
300,28	0,95	0,950	-0,00
306,21	0,94	0,941	-0,11
312,54	0,93	0,931	-0,12
318,64	0,92	0,921	-0,15
325,16	0,91	0,911	-0,09
339,63	0,89	0,887	0,38
345,48	0,87	0,877	-0,76

## Окончание Таблицы П.5.

Т, К	$K_{\text{эксп}},$ Вт/(м·К)	$K_{\text{расч}},$ Вт/(м·К)	$\delta K, \%$
353,28	0,86	0,863	-0,34
364,33	0,84	0,843	-0,36
371,59	0,83	0,830	0,00
378,60	0,82	0,816	0,44
382,91	0,81	0,808	0,24
387,86	0,80	0,798	0,20
392,48	0,79	0,789	0,09
397,07	0,78	0,780	-0,00
404,72	0,76	0,764	-0,57
409,02	0,76	0,755	0,61

## 8. Список литературы

1. Скорняков Г.П., Константинов В.Л. Физика и химия редкоземельных полупроводников (физика и применение): Препр. - Свердловск, 1977. С. 20-55. (УНЦ АН СССР).
2. Константинов В.Л., Скорняков Г.П., Камарзин А.А., Соколов В.В. Оптические свойства монокристаллов  $\text{La}_2\text{S}_3$  // Неорган. материалы. 1978. Т. 14. N 5. С. 843-846.
3. Кустова Г.Н., Обжерина К.Ф., Камарзин А.А. Оптические свойства, диэлектрическая проницаемость и химическая связь в сульфидах редкоземельных металлов // ЖСХ. 1969. Т.10. N 4. С. 609-615.
4. Kumta P. N., Risbud S.H. Rare earth chalcogenides – an emerging class of optical materials// J. Mater. Sci. 1994. V.29. N 8. P. 1135-1158.
5. Наумов А.В. Обзор мирового рынка редкоземельных металлов // Изв. ВУЗов. Цветная металлургия. 2008. №1. С. 22-31.
6. Gruber J.B., Zandi B., Justice B., Westrum E.F. Optical spectra and thermal Schottky levels in dysprosium sesquisulfide // J. chem. Phys. 1999. V. 110. N 24. P. 12125- 12130.
7. Prokofiev A.V., Shelykh A.I., Golubkov A.V., Smirnov I.A. Crystal growth and optical properties of rare earth sesquiselenides and sesquisulfides – new magneto-optic materials // J. Alloys and Comp. 1996. V.219. N 1-2. P. 172-175.
8. Kumta P. N., Dravid V. P., Risbud S. H. Structural characterization of chemically synthesized cubic lanthanum sulphide ( $\gamma\text{-La}_2\text{S}_3$ ) // Philosophical Magazine B. 1993. V. 68. N 1. С. 67-84.
9. Chess D. L., Chess C.A., Marks J.A. and White W.B. Phase equilibria and processing of infrared optical ceramics on the join  $\text{CaLa}_2\text{S}_4\text{-La}_2\text{S}_3$  // J. of Ceramic Proc. Res. 2010. V. 11. N 4. H. 465-470.
10. Westrum E.F., Jr. Burriel R., Gruber J.B., Palmer P. E. and B. J. Beaudry P. E., Plautz W. A. Thermophysical properties of the lanthanide sesquisulfides.

- I. Schottky functions and magnetic and electronic properties of  $\gamma$ -La<sub>2</sub>S<sub>3</sub>, -Ce<sub>2</sub>S<sub>3</sub>,  $\gamma$ -Nd<sub>2</sub>S<sub>3</sub>, and  $\gamma$ -Gd<sub>2</sub>S<sub>3</sub> // J. Chem. Phys. 1989. V. 91. N 8. P. 4838-4848.
11. Прокофьев А.В., Шелых А.И. Оптические свойства монокристаллов сульфида и селенида тербия // ФТП. 1996. Т. 30. N 1. С. 71-75.
  12. Abdulhalim I., Pannel C.N., Deol R.S., Hewak D.W., Wylangowski G., Payne D.N. High performance acousto-optic chalcogenide glass based on Ga<sub>2</sub>S<sub>3</sub>-La<sub>2</sub>S<sub>3</sub> systems // J. Non-Cryst. Sol. 1993. V.164-166. P. 1251-1254.
  13. Tian L., Ouyang T., Loh K. P. and Vittal J.J. La<sub>2</sub>S<sub>3</sub> thin films from metal organic chemical vapor deposition of single-source precursor // J. Mater. Chem. 2006. V. 16. N 3. P. 272-277.
  14. Kukli K., Heikken H., Nykanen E., Ninisto L. Deposition of lanthanum sulfide thin films by atomic layer epistaxis // Journal of Alloys and Comp. 1998. V. 275-277. P. 10-14.
  15. Bagde G. D., Sartale S. D., Lokhande C. D. Deposition and annealing effect on lanthanum sulfide thin films by spray pyrolysis // Thin Solid Films. 2003. V. 445. N 1. C. 1-6.
  16. Marin C. M., Wang L., Brewer J. R., Mei W., Cheung C.L. Crystalline  $\alpha$ -Sm<sub>2</sub>S<sub>3</sub> nanowires: Structure and optical properties of an unusual intrinsically degenerate semiconductor // Journal of Alloys and Compounds. 2013. V. 563. P. 293–299.
  17. Gruber J.B., Zandi B., Justice B., Westrum E.F. Optical spectra and thermal Schottky levels in dysprosium sesquisulfide // J. chem. Phys. 1999. V. 110. N 24. P. 12125- 12130.
  18. Samal A. K. and Pradeep T. Lanthanum Telluride Nanowires: Formation, Doping, and Raman Studies // J. Phys. Chem. C. 2010. V. 114. N 13. P. 5871–5878.
  19. Sharma P. K., Dutt R. K., Pandey A. C. Advances in multifunctional magnetic nanoparticles // Adv. Mat. Lett. 2011. V. 2. N 4. P. 246-263.

20. Kumta P.N., Risbud S.N. Low temperature chemical routes to formation and IR properties of lanthanum sesquisulfide ( $\text{La}_2\text{S}_3$ ) ceramics // J. Mater. Res. 1996. V. 8. N 6. P.1394-1398.
21. Смирнов И.А. Редкоземельные полупроводники – перспективы развития и применение // ЖВХО им. Д.И. Менделеева. 1981. Т. 26. №. 6. С. 2-11.
22. Sokolov V.V., Kamarzin A.A., Trushnikova L.N., Savelyeva M.V. Optical materials containing rare earth  $\text{Ln}_2\text{S}_3$  sulfides // J. Alloys and Comp. 1995. V. 225. N 3. P. 567-570.
23. Kamarzin A.A., Mironov K.E., Sokolov V.V., Malovitsky Yu.N., Vasil'yeva I.G. Growth and properties of lanthanum and rare-earth metal sesquisulfide crystals // J. Cryst. Growth. 1981. V. 52. N 2. P. 619-622.
24. Голубков А. В., Жукова Т. Б., Сергеева В. М. Синтез халькогенидов редкоземельных элементов // Неорган. материалы. 1966. Т. 2. N 1. С. 77-80.
25. Чучалина Л.С., Васильева И.Г., Камарзин А.А., Соколов В.В. Косвенный газохроматографический метод определения состава сульфидов лантана // ЖАХ. 1978. Т. 33. N 1. С. 190-192.
26. Лугуев С.М., Лугуева Н.В., Соколов В.В., Маловицкий Ю.Н. Теплопроводность  $\gamma$ -модификации  $\text{La}_2\text{S}_3$ . // Неорган. матер. 1985. Т. 21, N 5. С.878-880.
27. Лугуев С.М., Лугуева Н.В., Исмаилов Ш.М. Теплофизические свойства твердых растворов системы  $\text{CaLa}_2\text{S}_4\text{-La}_2\text{S}_3$  // ТВТ. 2004. Т. 42, N 5. С. 704-708.
28. Лугуев С.М., Лугуева Н.В., Исмаилов Ш.М., Лугуев Т.С., Соколов В.В. Теплофизические свойства сесквисульфидов лантана, гадолиния и диспрозия // Доклады Международной конференции “Прикладная оптика-2006” на CD ROM. ООО Уником, С.-Петербург, 2006. Т. 2. С. 35-38.



29. Лугуев С.М., Лугуева Н.В., Соколов В.В. Теплопроводность оптических материалов на основе сульфидов лантана // Сборник трудов IX Международной конференции "Прикладная оптика-2010". 18-22 октября 2010, СПб, 2010. Том I, ч. 2. С. 26-29.
30. Goryachev Yu.M., Kutsenok T.G. Thermophysical properties and electronic structure of rare earth chalcogenides // High Temp.-High Pres. 1972. V. 4, N 1. P.663-669.
31. Хамидов М.М., Исмаилов Ш.М., Магомедов М.-Р. М., Абдуллаев Х.Х. Теплофизические свойства сульфидов лантана // Электронный журнал "Фазовые переходы, упорядоченные состояния и новые материалы". 2006. N 6. URL: [http:// www.ptosnm.ru/](http://www.ptosnm.ru/).
32. Лугуев С.М., Лугуева Н.В., Соколов В.В. Теплопроводность  $Gd_2S_3$  и  $Dy_2S_3$ . // ФТТ. 1988. Т. 30. N 3. С.873-875.
33. Лугуев С.М., Лугуева Н.В., Соколов В.В. Теплопроводность  $Gd_2S_3$  с избыточным содержанием гадолиния // ФТТ. 2000. Т. 42. N 6. С. 1013-1016.
34. Лугуев С.М., Лугуева Н.В., Соколов В.В. Влияние катионных вакансий на теплопроводность твердых растворов  $GdS_x$  // Неорган. материалы. 2008. Т. 44, N 8. С. 906-910.
35. Лугуев С.М., Оскотский В.С., Васильев Л.Н., Быстрова В.Н., Комарова Т.И., Смирнов И.А. Особенности теплопроводности системы  $La_3Te_4-La_2Te_3$  // ФТТ. 1975. Т. 17. N 11. С. 3229-3233.
36. Васильев Л.Н., Лугуев С.М., Оскотский В.С., Смирнов И.А. Особенности теплопроводности системы  $Pr_3Te_4-Pr_2Te_3$  // ФТТ. 1976. Т. 18. N 3. С. 906-909.
37. Девяткова Е.Д., Петров А.В., Смирнов И.А., Мойжес Б.Я. Плавленный кварц как образцовый материал при измерении теплопроводности // ФТТ. 1960. Т.2. N 4. С. 738-746.
38. Охотин А.С., Пушкарский А.С., Горбачев В.С. Теплофизические свойства полупроводников. М.: Атомиздат. 1972. 200 с.

39. Теплопроводность твердых тел. М.: Энергоатомиздат. 1984. 321 с.
40. Методика ГСССД МЭ 218-2014. Методика экспериментального определения теплопроводности твердых тел в диапазоне температур 80-450 К / С.М. Лугуев, И.А. Смирнов, Н.В. Лугуева; Росс. научно-техн. центр информации по стандартизации, метрологии и оценке соответствия. М., 2014. 30 с.: М., 2014. 30 с. : Ил.- 5; Табл.- 3; Библиогр. назв. 31. – рус. 27 назв. Деп. в ФГУП “СТАНДАРТИНФОРМ” 31.03.2014, № 912а-2014кк.
41. Петрусевич В.А., Сергеева В.М., Смирнов И.А. О связи тепловых и оптических свойств  $\text{In}_2\text{Te}_3$  // ФТТ. 1960. Т. 2. N 11. С. 2894-2898.
42. Сергеев О.А. Метрологические основы теплофизических измерений / Москва: Издательство стандартов, 1972. 156 с.
43. Жузе В.П., Камарзин А.А., Карин М.Г., Сидорин К.К., Шелых А.И. Оптические свойства и электронная структура сесквисульфидов редкоземельных металлов в области края фундаментального поглощения // ФТТ. 1979. Т. 21. N 11. С. 3410-3415.
44. Witz C., Huguenin D., Lafait J., Dupont ., Teye M.L. Comparative optical studies of  $\text{Ce}_2\text{S}_3$  and  $\text{Gd}_2\text{S}_3$  compounds //Journal of applied physics. 1996. Т. 79. N 4. С. 2038-2042.